



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

TÉCNICAS MODERNAS DE INVESTIGACIÓN DE
CAUSAS BÁSICAS EN ACCIDENTES OCURRIDOS
EN LA INDUSTRIA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO
PRESENTA
PEDRO ARÉVALO TOLEDANO



MÉXICO, D. F. EXAMENES PROFESIONALES 2004
FACULTAD DE QUÍMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

BOLETIN

1950

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

BOLETIN

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

BOLETIN

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

BOLETIN

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Jurado asignado:

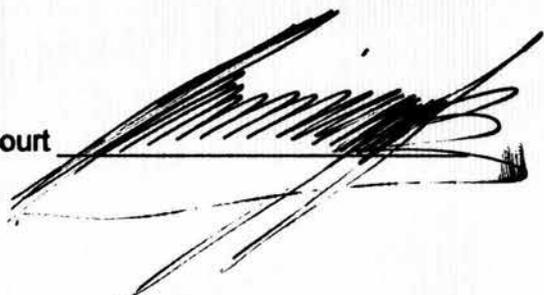
Presidente	Prof. Enrique Bravo Medina
Vocal	Prof. Benjamín Ruiz Loyola
Secretario	Prof. Ramón E. Domínguez Betancourt
1er. Suplente	Prof. Irma Cruz Gavilán García
2º. Suplente	Prof. Mirna Rosa Estrada Yáñez

Sitio donde se desarrollo el tema:

Facultad de Química, CD. Universitaria.

Asesor:

I.Q. Ramón E. Domínguez Betancourt



Sustentante:

Pedro Arévalo Toledano



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Pedro Arévalo Toledano

FECHA: 14 Mayo 2004

FIRMA: 

- Agradecimientos -

*A Dios por la oportunidad
brindada y por el camino
trazado para el logro de mis
metas..... Gracias.*

*A mis Padres por la
oportunidad y apoyo
incondicional que me brindaron
con paciencia, consejo y
cariño..... Gracias.*

*A mis Tíos por el apoyo y
consejo que me brindaron en
momentos difíciles de la
vida..... Gracias.*

*A mi Esposa y a mi hija por su
amor y apoyo incondicional en
este logro que comparte nuestras
vidas..... Gracias.*

INDICE

Página

INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I Accidentes de Trabajo.	
1.0 Definición de Accidente	4
1.1 Riesgos	6
1.2 Clasificación de Accidentes de Trabajo	8
1.3 Mecanismo de Producción de un Accidente	11
1.3.1 Causas	
1.4 Importancia de la investigación de Accidentes en su Prevención	16
1.4.1 Consecuencias del Accidente	16
1.4.2 Costos Sociales	17
1.4.3 Costos Asegurados y no Asegurados	18
1.5 Prevención de Accidentes	22
1.5.1 Investigación y Análisis	24
CAPITULO II Investigación de Accidentes.	
2.0 Qué es la Investigación de Accidentes	26
2.1 Investigación de Accidentes (Planeación de la investigación)	27
2.1.1 Política de Reporte de Accidentes	27
2.1.2 Personal Asignado para realizar la investigación.	28
2.1.3 Capacitación del personal a cargo de la investigación.	30
2.1.4 Uso de herramientas para la recolección de hechos.	30
2.1.5 Desarrollo de Formatos de Reporte	31
2.1.6 Distribución de Reportes y Recomendaciones	31
2.1.7 Evaluación de Conclusiones y Recomendaciones	32
2.1.8 Seguimiento de las recomendaciones	33

	Página
2.2 Recopilación de Hechos	33
2.2.1 En la escena	33
2.2.2 Fotografía	35
2.3 Recomendaciones generales en la investigación de accidentes.	35
2.4 Causas Raíces	37
2.4.1 Importancia de considerar las causas Raíces	38

CAPITULO III Técnica de Revisión Operativa (TOR).

3.0 Generalidades	42
3.1 Procedimiento	43
3.2 Ejemplo de Aplicación	49
3.3 Resumen de la Metodología	54

CAPITULO IV Árbol de Riesgos y Descuidos Administrativos (MORT).

4.0 Generalidades	56
4.1 Procedimiento	61
4.2 Ejemplo de Aplicación	65
4.3 Resumen de la Metodología	78

CAPITULO V Análisis de Causas Básicas Apolo (RCA).

5.0 Generalidades	80
5.1 Principio de Causa y Efecto	83
5.2 Procedimiento	86
5.2.1. Aspectos a considerar para las soluciones creativas	98
5.3 Ejemplo de Aplicación	101
5.4 Resumen de la Metodología	106

CAPITULO VI Mapa de Causas Raíces (RCM).

6.0 Generalidades	108
6.1 Estructura del Mapa	108
6.2 Procedimiento	109
6.3 Documentación del Proceso de Análisis	111
6.4 Ejemplo de Aplicación	114
6.5 Resumen de Metodología	130

Capitulo VII Técnicas de Análisis –Aplicación-

7.0 Introducción	132
7.1 Caso de Análisis	135
7.2 Análisis TOR	141
7.3 Análisis MORT	144
7.4 Análisis RCA Apolo	150
7.5 Análisis RCM	152
7.6 Ventajas y Desventajas de las Técnicas.	157

Capitulo VIII (Conclusiones).

8.0 Conclusiones	160
8.1 Responsabilidades de la Administración	162
8.2 Reportes	164

Anexos

Anexo 1 Procedimiento para desarrollar un Diagrama de Factores Causales.	167
--	-----

Bibliografía

INTRODUCCIÓN:

Actualmente, el campo de la investigación y prevención de accidentes resulta ser bastante amplio, con una variedad de técnicas en su análisis y estudio muy versátiles y prácticas, buscando como primera prioridad la prevención de eventos que generen las condiciones necesarias que se reflejan en pérdidas materiales y lo que es más importante desde cualquier punto de vista: pérdidas humanas.

Las consecuencias de un accidente se reflejan sin lugar a duda en la productividad de cualquier organización, traduciéndose en gastos por pérdidas de producción, horas hombre perdidas, salarios no cubiertos, así como la pérdida en la confianza de los clientes. El daño humano que esto ocasiona es la mayoría de las veces irreversible, debido a que el trabajador expuesto puede ser el único sostén económico de la familia, afectando así mismo a la comunidad, la cual pierde fuerza productiva y se deterioran las condiciones económicas. La confianza se pierde cuando no se cubren las expectativas de los clientes en cuestiones de calidad y seguridad, por lo que la competitividad en los mercados también se pierde generando altos gastos.

Estas son algunas de las razones del estudio de los accidentes, por lo que el profesionista de la seguridad juega un papel importante en la productividad dentro de cualquier organización y cuenta con un sin número de herramientas en el campo de la prevención dentro del sistema de seguridad que se este aplicando, o en alguno por implementar. Contando entre otras, con técnicas de análisis de accidentes basados en los sistemas de seguridad donde el control y administración de la misma, presenta deficiencias importantes, causa principal de los accidentes.

Existen un gran número de técnicas cuyo objetivo es determinar el porque suceden los accidentes de trabajo, es decir, las causas que los originan; en el presente trabajo se muestran cuatro técnicas para este fin. Si bien no son las únicas, son algunas de las que se encuentra información en la literatura ya que una gran mayoría pertenece a la iniciativa privada con acceso restringido. Se da información general referente a los accidentes de trabajo, su teoría, clasificación, mecanismo de producción, el proceso requerido para investigarlo, así como la aplicación de estas técnicas y evitar que vuelva a ocurrir la pérdida al generar y verificar el cumplimiento de medidas efectivas que ayuden a evitar la recurrencia de accidentes similares, mediante la evaluación de resultados.

Las técnicas descritas se desglosan de forma práctica para su mejor comprensión y aplicación, se muestra el principio, el procedimiento de aplicación y ejemplos que se encuentran abiertos para quien desee aplicarlas y obtener otros resultados en su análisis, y quién desee iniciarse profesionalmente en el campo de la investigación de accidentes en Seguridad Industrial. Sin embargo, el resultado que se puede obtener dependerá del tipo de organización, sus necesidades específicas, índice y frecuencia de accidentes, y lo que es más importante: las metas organizacionales, por lo que su entendimiento deberá ser continuamente reforzado y mejorado.

Cabe señalar que estas metodologías presentan un elemento común y es que están encaminadas a obtener los factores en los que está involucrado el manejo y administración eficiente de la seguridad, donde además de las causas comúnmente conocidas como acciones y condiciones inseguras, se obtienen aquellas que desencadenan las causas comunes y de esta manera al obtenerse el síntoma se cura el padecimiento, cortando de raíz el eslabón se interrumpe el mecanismo de producción. En algunas de las técnicas descritas se da una breve descripción del principio y aplicación, en otras se trabaja más la teoría que justifica el procedimiento, sin embargo, su selección dependerá de los factores descritos anteriormente y pudiera ser, incluso, por la magnitud de las pérdidas materiales y humanas originadas.

Por último, es importante señalar que cualquier programa efectivo de Prevención de Accidentes, dentro del cual encontramos la aplicación de estas y otras herramientas, no será lo suficientemente congruente con nuestras metas y objetivos si, no se involucra a todos los niveles gerenciales y operativos en este proceso. Obtener recursos tanto materiales como humanos, requiere involucrar a toda la organización y trabajar conjuntamente en el tema de prevención de accidentes. Si en los lugares de trabajo (cualquiera que éste sea) no se llevan hasta el final las medidas o acciones definidas para prevenirlo, de muy poco servirá todo el trabajo y tiempo que hayamos invertido.

Se deben implementar estrategias de seguimiento para obtener buenos resultados. La meta común sin lugar a dudas es lograr el **Cero Accidentes**, pero para ello se requiere el trabajo en equipo, y asimilar todas las ventajas que conlleva lograrlo.

CAPITULO I

ACCIDENTES DE TRABAJO

ACCIDENTES DE TRABAJO.

1.0 DEFINICION DE ACCIDENTE.

La definición básica de “**Accidente**” que se puede encontrar en un diccionario sería que un “un accidente es un evento inesperado e indeseado” o simplemente “un evento que ocurrió a causa o por causas desconocidas”; sin embargo, para nuestro propósito se observa en estas definiciones cierto grado de invalidez pues no se puede aceptar que las causas son aspectos desconocidos, ya que el investigar el porque suceden los accidentes conlleva a descubrir sus causas, por lo que sin lugar a dudas absolutamente todos los accidentes las tienen.

Las definiciones de “**Accidente**” pueden variar en función de las diferentes definiciones de diversos autores, sin embargo, el profesionista de la seguridad debe desarrollar su propia definición o concepto al refinar o evolucionar su propio conocimiento en este campo de la seguridad por un periodo de tiempo razonable, ya que ni la Seguridad así como la investigación de accidentes en particular se pueden considerar como una ciencia exacta.

De Reamer ⁽¹⁾ define “**Accidente**” como *“el producto final de una secuencia de actos o eventos que tienen como resultado “consecuencias” catalogadas como “indeseables”, por ejemplo: lesiones menores, lesiones mayores, daño a la propiedad o infraestructura, interrupción o retraso en la producción, etc.”*

W.G. Johnson’s ⁽²⁾ define “**Accidente**” como un *“contratiempo” debido a una indeseada transferencia de energía que produce lesiones a las personas, daños a la propiedad, interrupción en procesos u otras pérdidas indeseadas.*

(1) De Reamer R, Modern Safety and Health Technology, 1980

(2) Johnson’s W.G Mort-Safety Assurance systems, NY, 1980

La ley federal de trabajo en su artículo 474 define el Accidente de trabajo como: ***“ toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior (o la muerte) producida repentinamente en el ejercicio de o con motivo del trabajo, cualesquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente”.***

De este modo conviene tratar de sintetizar una definición general que pueda ser aceptada como la siguiente:

“Un accidente es un acontecimiento y/o evento no deseado de presentación rápida, instantáneo e inesperado que tiene como resultados (consecuencias) una lesión al trabajador, enfermedad ocupacional a una persona, un daño a la propiedad o al medio ambiente, en el que el factor humano interviene como elemento causal la mayoría de las veces. Generalmente es la consecuencia del contacto con una fuente de energía o sustancia y se origina cuando este contacto sobrepasa la capacidad límite del cuerpo o estructura.”

1.1 RIESGOS

Un riesgo en relación con las personas puede definirse como **“cualquier cosa que puede resultar en lesiones al trabajador o daños en las salud de las personas”**. Algunos riesgos están implícitos en el área de trabajo, como por ejemplo riesgos mecánicos, ruido o las propiedades de toxicidad de las sustancias presentes. Otros riesgos resultan de la falla del equipo o maquinaria o por su mala utilización, fallas en los sistemas de control o energía, derrames químicos y fallas estructurales.

Los riesgos se pueden agrupar en tres categorías: Físicas, Mentales y Biológicas. Dentro de cada categoría existen algunos tipos o grupos de riesgos (Tabla 1), por lo que es útil relacionar estos tipos con las diversas actividades y de esta manera considerar un amplio rango de riesgos potenciales.

Tipo de riesgo que incluye:	Ejemplos:
Gravedad.	Caída de objetos, caídas de personas.
Energía cinética.	Proyectiles, objetos penetrantes.
Energía mecánica.	Atrapado entre, golpeado por, golpeado contra.
Sustancias peligrosas.	Contacto con la piel, inhalación.
Energía térmica.	Derrames y salpicaduras de materia caliente.
Temperaturas extremas.	Efectos del calor o frío.
Radiación.	Ultravioleta, arcos, microondas, láser.
Ruido.	Daño auditivo.
Eléctricos.	Descargas, quemaduras.
Vibración.	Daño a las manos.
Biológicos.	Microorganismos.
Estrés.	Carga de trabajo y expectativas irrealistas.

Tabla 1. Tipos de Riesgos.

Los riesgos más comunes en términos de lesiones corporales o enfermedades son aquellos que resultan en:

- *Lesiones por sobreesfuerzo y daños a la espalda, hombro, cintura, etc.*
- *Cortadas y lesiones abrasivas a los ojos, manos, dedos, pies y cabeza.*
- *Lesiones por impacto y aplastamiento a la cabeza, pies y dedos.*
- *Quemaduras, (por calor, luz o químicos) a los ojos, pies y piel.*
- *Ruido con pérdida auditiva.*
- *Efectos tóxicos (a corto o largo plazo) al sistema respiratorio o piel resultando en envenenamiento, cáncer o dermatitis.*

1.2 CLASIFICACION DE ACCIDENTES.

Los accidentes se pueden clasificar de la siguiente forma:

POR SU ORIGEN:

- Falta de Seguridad.
- Salud ocupacional.
- Ambientales.

POR SU TIPO:

- Potencial sin lesiones.
- Menor.
- Mayor.

POR SU ORIGEN:

- **Falta de Seguridad.**

Estos accidentes son consecuencia de las condiciones del área de trabajo, falta de capacitación, falta de señalización en áreas que así lo requieran, uso inapropiado de equipo de seguridad, etc.

- **Salud Ocupacional.**

Estos son los ocasionados cuando los trabajadores realizan actividades que perjudican su salud por continuas exposiciones, por ejemplo: ruidos fuera de los rangos permisibles, iluminación inadecuada, exposición a agentes químicos, biológicos, lesiones físicas, etc.

- **Ambientales.**

Estos son los que dañan el medio ambiente, por ejemplo: la contaminación, incendios, derrames petroleros u otras sustancias, desechos de materiales químicos, almacenamiento de residuos en recipientes inadecuados y áreas que no cuentan con las características adecuadas, etc. Esto trae como consecuencia un deterioro ecológico en el medio ambiente.

POR SU TIPO:

- **Potencial sin lesiones.**

Estos accidentes son los que causan pérdidas materiales considerables, daños a la propiedad y al medio ambiente pero sin causar daños al ser humano.

- **Menores.**

Estos son considerados "incidentes"⁽³⁾ ya que no causan daños y pérdidas .

- **Mayores.**

Estos accidentes causan daños de toda especie y como consecuencia existen pérdidas considerables tanto materiales como humanas.

(3) El incidente lo podemos definir como un evento/acontecimiento indeseado que no causa lesiones o daños a la propiedad ni al medio ambiente, sin embargo, bajo circunstancias ligeramente diferentes pudo haber resultado en un accidente.

Los accidentes también los podemos clasificar en:

Accidentes sin incapacidad:

Después del accidente, el empleado continúa trabajando. Este tipo de accidentes no se considera en los cálculos de los coeficientes de frecuencia y gravedad, aunque debe ser investigado y anotado en un informe.

Accidentes con incapacidad:

Son los que ocasionan:

- a) Incapacidad temporal: es la pérdida total de la aptitud para el trabajo durante el día del accidente o durante un periodo menor a un año. Al regresar, el empleado asume su función sin reducción de su capacidad. En el caso de un accidente sin ausencia y ante una probable enfermedad, se determina la incapacidad a partir del día en el que se comprobó la enfermedad.

- b) Incapacidad permanente parcial: es la reducción de la capacidad laboral ocurrida durante el día o por un periodo menor de un año.

- c) Incapacidad total permanente: es la pérdida total con carácter permanente de la capacidad de trabajo.

- d) Muerte.

1.3 MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE UN ACCIDENTE.

1.3.1 CAUSAS.

Las metodologías para el reconocimiento de las causas de los accidentes son algo complejas y requieren de una amplia consideración de personal, equipo, materiales, medio ambiente así como la toma de decisiones administrativas que impacten en el diseño, instalaciones, mantenimiento, prácticas operativas establecidas, desarrollo, capacitación, etc.. En los comienzos, los profesionales de la seguridad reconocieron que los accidentes eran causados por condiciones físicas; por lo que se comenzó a identificar y corregir aquellas consideradas como peligrosas. En la década de los 30's , H.W. Heinrich⁽⁴⁾ reconoció que la "*gente*" causa accidentes y no solo las condiciones. El estableció lo siguiente:

"Una lesión invariablemente resulta de una secuencia completa de factores, el último de éstos es la lesión en sí. El accidente que causó la lesión es invariablemente causado o permitido por un acto inseguro de una persona y/o por un riesgo físico o mecánico".

Heinrich's propuso un modelo que describe la secuencia de factores que originan un accidente, representado por 5 elementos que llamó "**Fichas de Dominó**":

1. Descendencia / Ambiente Social.
2. Error de la persona.
3. Acto / Condición Insegura.
4. Accidente.
5. Lesión.

(4) Heinrich, H.W, Industrial Accident Prevention, NY, 1950

El objetivo era remover una de las fichas de **dominó** la cual detendría la “caída” en secuencia que conduciría a una lesión. Como la corriente eléctrica sigue la trayectoria de menor resistencia se entiende rápidamente que el factor que se puede remover fácilmente era “el acto y/o la condición insegura”. Por lo tanto; una aproximación práctica para el conocimiento de las “**causas**” de los accidentes se estableció y por su naturaleza simple actualmente es aplicada.

Entiéndase como un **Acto inseguro** a los “actos que cometen las personas lo que directamente causó o permitió el accidente y que puede ser o no la persona lesionada, que pudo haber procedido deliberadamente o por ignorancia” y por una **Condición insegura** a la “condición física peligrosa que directamente causó la lesión o permitió que ocurriera el accidente, por ejemplo: herramientas, maquinaria, equipo, lugar de trabajo, etc.

Heinrich además expresó que “en la prevención de accidentes el punto clave se encuentra en la mitad de la secuencia (un acto inseguro de la persona o un riesgo físico y/o mecánico)”, sin embargo, él mismo agregó que existían “**otras causas**”. ¿Cuáles eran estas causas?, es necesario utilizar un ejemplo de un accidente para ser más prácticos: consideremos una caída desde una escalera. Utilizando esta teoría de Heinrich’s, sale a la luz que el acto inseguro fue subir a la escalera que se encontraba defectuosa, la condición insegura es la escalera en si. La acción correctiva por lo tanto es deshacerse de la escalera defectuosa.

Analizando este mismo accidente para buscar múltiples causas (“otras causas”) nos podríamos preguntar lo siguiente:

1. ¿Por qué no se detectó el desperfecto en la escalera durante las inspecciones ?.
2. ¿Por qué el supervisor permitió que se utilizará esta escalera?.

3. ¿Sabía el lesionado que no debía usar una escalera en estas condiciones?.
4. ¿Fue el trabajador capacitado adecuadamente?.
5. ¿Se le recordó al trabajador que no utilizara esta escalera?.
6. ¿Se supervisó el trabajo previamente?, etc.

Las respuestas a estas preguntas y muchas otras conducirán a las siguientes acciones correctivas:

1. Mejorar y aplicar el procedimiento de inspección.
2. Mejorar la capacitación.
3. Una mejor definición de responsabilidades.
4. Supervisar previamente las tareas por parte del supervisor.
5. Aplicar procedimiento de Permiso de Trabajo.

Es probable y cierto que se pueden formular más preguntas con respecto a este accidente, sin embargo, esto demuestra y es necesario subrayar que para que suceda un accidente se dieron múltiples factores que contribuyeron al mismo.

Por otra parte Bird y Loftus ⁽⁵⁾ (1976), establecieron “cuatro elementos principales de subsistemas en la operación total productiva: Personal, Equipo, Material y Medio Ambiente” los cuales individualmente o en combinación son la fuente de causas que contribuyen a minimizar los accidentes. Entonces podríamos preguntarnos lo siguiente: ¿No son estos los mismos elementos que la administración debe controlar para obtener resultados efectivos?.

Estos mismos autores definieron una secuencia propia que consta de 5 elementos (ver Fig. 1):

1. Falta o pérdida de control administrativo.
2. Causas básicas – Orígenes.
3. Causas inmediatas – Síntomas.
4. Incidentes – Contactos.
5. Perdidas-Humanas-Instalaciones.



Fig. 1. Mecanismo de Producción de un accidente por Bird y Loftus (1976).

Es importante hacer notar que en esta secuencia se toma en consideración la debilidad del sistema administrativo. A menos de que consideremos el sistema de administración como una causa raíz de los accidentes, encontraremos que lo que estamos haciendo es descubrir los síntomas de los accidentes mas que las causas.

La técnica en los sistemas de seguridad denominada MORT (Árbol de riesgos y descuidos administrativos) presenta ciertos conceptos que conducen a otra definición de accidente.

Los elementos de esta definición son:

1. Una transferencia de energía indeseada.
2. Debido a la pérdida de protecciones y/o controles.
3. Produce lesiones a las personas, a la propiedad o a los procesos.
4. Está precedida por una secuencia de errores en la planeación y operación los cuales:
 - a. Fallaron en ajustarse a las necesidades de factores físicos o humanos.
 - b. Producen actos y/o condiciones inseguras.
5. Incremento en el riesgo de la actividad.
6. Interrupción o falta de atención en la actividad.

Esta definición se torna interesante ya que describe las causas de los actos y condiciones inseguras como una secuencia de errores en la planeación y operación. Estos errores con toda certeza se ha permitido que existan debido a los defectos u errores en el sistema de administración o control de la seguridad. Puntualizando de esta forma en base a la definición anterior tenemos:

1. En los accidentes se involucran lesiones, daños a la propiedad, interrupciones y retrasos en la producción así como otros daños o pérdidas.
2. Las causas básicas de los accidentes son errores o defectos en los sistemas de control administrativo.

Por lo tanto, al realizar una investigación de accidentes en el área de trabajo se verán los errores en este sistema administrativo como causas básicas o raíces de los accidentes. Para ello existen varias herramientas (las cuales nos ocuparemos en capítulos posteriores) cuyo objetivo es analizar y definir las causas raíces. Dentro de estas herramientas se encuentra la técnica antes mencionada MORT, TOR, RCA APOLLO y RCM.

1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES EN SU PREVENCIÓN.

1.4.1 CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE

Estos son generalmente daños materiales, lesiones y deterioro ambiental. La seguridad en el trabajo basa su actuación en la denominada TEORIA DE LA CAUSALIDAD. Esta teoría se estructura básicamente en tres principios:

- Todo accidente es un fenómeno natural que se explica por causas naturales.
- Un accidente se produce por múltiples causas.
- Entre las múltiples causas existe siempre alguna causa principal.

Es importante que se llegue al reconocimiento de los accidentes como fenómeno natural (no sobrenatural) y que es consecuencia de causas naturales sobre las que cabe una actuación correcta.

Todos los accidentes traen como consecuencias costos los que se reflejan en pérdidas.

1.4.2 COSTOS SOCIALES.

Entre los costos sociales encontramos básicamente:

- Ruptura familiar.
- Desempleo y subempleo.
- Alteración comunitaria.
- Adaptación de instalaciones.

Los trabajadores que son víctimas de lesiones experimentan problemas económicos sustanciales además de las lesiones corporales. Por otro lado, sus patrones y la sociedad sufren igualmente pérdidas económicas de consideración.

Dos clases de pérdidas económicas pueden aquejar al trabajador y a su familia:

- a) Pérdida de ingresos.
- b) Gastos adicionales.

Si el trabajador muere a consecuencia de una lesión o enfermedad de origen laboral, sus deudos pierden todos los ingresos que aquel hubiera podido devengar menos la cantidad que hubiese tenido que emplear en su propio mantenimiento durante el resto de su vida activa y de sus años de jubilación. Esta pérdida puede llegar a ser considerable.

La incapacidad total permanente produce una merma de ingresos aún mayor que la muerte ya que en tales casos es necesario mantener a la persona inválida. La incapacidad parcial permanente ocasiona un quebranto económico igual a una parte de

la pérdida causada por la incapacidad total, según la magnitud que tenga la pérdida de ingresos provocada por tal situación. Por otra parte, quien queda incapacitado totalmente para trabajar durante un cierto periodo de tiempo deja de ganar dinero por un determinado número de semanas o meses. Para el obrero normal la pérdida de un solo mes de salario constituye un grave quebranto.

No todos los trabajadores que resultan lesionados quedan incapacitados, sin embargo, la mayor parte de ellos requieren algún tipo de atención médica. En conjunto, los gastos médicos suman menos dinero que el total de ingresos dejados de percibir aunque en muchos casos resultan superiores a los mismos.

A parte de estas pérdidas, la sociedad deja de percibir los impuestos que habrían sido abonados por los trabajadores lesionados así como los productos y servicios que aquellos cesan de producir.

1.4.3 COSTOS ASEGURADOS Y NO ASEGURADOS.

Los accidentes para fines de costos, son sucesos no planeados y producidos por el trabajo. Estos accidentes caen dentro de dos categorías generales:

- a) Los que dan por resultado lesiones de trabajo.
- b) Los que causan daños a la propiedad o se interponen a la producción en forma tal que pudieran dar por resultado una lesión personal.

Una información fidedigna de costos es básica para tomar decisiones fundamentales de las cuales dependerán la eficacia y las ganancias. Aun en una actividad tan obviamente deseable como la prevención de accidentes, deben aceptarse o rechazarse algunas medidas propuestas teniendo en cuenta su efecto probable sobre las ganancias.

Los informes anuales en términos de ahorro de dinero tienen para la alta gerencia un significado tan grande como aquellos que muestran cifras de frecuencia y gravedad. Los informes mensuales que muestran el costo de los accidentes o los ahorros resultantes de un buen record en la disminución de accidentes, son motivaciones importantes para lograr procedimientos operativos seguros.

COSTOS ASEGURADOS:

Toda organización que paga primas de seguro de accidentes reconoce dicho gasto como parte del costo de tales accidentes. En algunos casos los gastos médicos pueden ser cubiertos por un seguro. Estos costos son definidos y conocidos.

Además de estos costos, se originan otros muchos vinculados a los accidentes; algunos como el costo de equipo dañado son fácilmente identificables. Otros, tales como salarios pagados al trabajador lesionado por las horas durante las cuales no produce son costos ocultos. Estos conceptos comprenden la parte no asegurada del costo total de accidentes.

<i>PRESTACIONES SANITARIAS</i>	<i>PRESTACIONES ECONOMICAS</i>	<i>COSTO ADMINISTRATIVO DEL SEGURO</i>	<i>COSTOS INDIRECTOS</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia médica y quirúrgica. • Rehabilitación. • Hospitalización. • Medicamentos y materiales de curación. Aparatos de prótesis y ortesis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indemnizaciones. • Incapacidades (parciales, temporales y permanentes). • Ayudas y pensiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pagos de afiliación muy altos para empresas con incidencia de accidentes frecuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la máquina.

COSTOS NO ASEGURADOS:

Los costos asegurados se pueden determinar fácilmente a través de los registros contables. La parte difícil es la determinación de los costos no asegurados (frecuentemente llamados "indirectos") los cuales son:

- 1) Costo del tiempo perdido por el trabajador accidentado.
- 2) Costos del tiempo perdido por otros trabajadores que tienen que suspender su labor a causa de curiosidad.
 - Por simpatía, por ayudar al compañero herido u por otras razones.
- 3) Costo del tiempo perdido por el jefe del departamento, supervisores u otros ejecutivos por las siguientes actividades:
 - Ayuda al trabajador lesionado.
 - Investigar la causa del accidente.
 - Arreglar que se continúe la producción del trabajador herido por algún otro trabajador. Seleccionar, adiestrar o iniciar a un nuevo trabajador que sustituya al accidentado.
 - Preparar informes oficiales del accidente.
- 4) Costo del tiempo empleado por el encargado de primeros auxilios y el personal del departamento médico.

- 5) Costo del daño causado a la máquina, herramientas u otros elementos, o bien del material desperdiciado.
- 6) Costo incidental debido a interferencia en la producción, falta de cumplimiento en la fecha de entrega de los pedidos, pago de indemnizaciones por incumplimiento y otras causas semejantes.
- 7) Costo que tiene que desembolsar el patrón de acuerdo con los sistemas de bienestar y beneficio a los trabajadores.
- 8) Costo de continuar pagando los salarios íntegros del trabajador accidentado a su regreso al trabajo aún cuando todavía su rendimiento no sea pleno por no estar suficientemente recuperado.
- 9) Costo por concepto de la pérdida de utilidades en la productividad del accidentado y de las máquinas ociosas.
- 10) Costos de los daños subsecuentes como resultado de un estado emocional o moral debilitado por culpa del accidente ocurrido.
- 11) Aumento de la conflictividad laboral.
- 12) Pérdida de productividad por caída de la moral del trabajador.
- 13) Pérdida de imagen de la empresa.
- 14) Dificultad de sustitución del accidentado.

15) Pérdida de producto, materia prima y energía.

16) Horas-hombre no utilizadas.

17) Capacitación y adiestramiento.

Todo lo anterior constituye una amplia argumentación en función de los hechos y consecuencias que tanto en el sentido económico, productivo y social los accidentes representan, por lo que evitarlos es tarea fundamental. En este sentido, se requiere de la utilización de herramientas que ayuden a identificar claramente las causas a todos los niveles con el propósito de evitarlos, evaluar los resultados y objetivos así como dar seguimiento de las acciones, recomendaciones y/o conclusiones que se definan.

1.5 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.

Para que un programa de prevención de accidentes tenga éxito requiere como mínimo cuatro actividades fundamentales:

1. Un estudio de todas las áreas de trabajo para descubrir, eliminar o controlar peligros físicos o ambientales que puedan contribuir a los accidentes.
2. Un estudio de todos los métodos y procedimientos operativos.
3. Educación, instrucción, adiestramiento y disciplina para reducir a un mínimo los factores humanos que contribuyeron al accidente.
4. Para el análisis de las causas debe efectuarse una investigación completa de cualquier accidente que de por resultado una lesión incapacitante a fin de

establecer las circunstancias contribuyentes. Los accidentes que no dan por resultado una lesión personal (los denominados "incidentes") son advertencias que no deben ser pasadas por alto.

Esta cuarta actividad –la investigación y el análisis de los accidentes- es una defensa contra los peligros que se pasan por alto (por así decirlo en las tres primeras actividades; es decir, aquellos que no son evidentes o son el resultado de una combinación de circunstancias difíciles de prever.

La investigación y el análisis de los accidentes son los medios que se emplean para prevenirlos. Consecuentemente la investigación y el análisis deben reunir la información que permita tomar medidas destinadas a prevenir o a reducir el número de accidentes. Cuanto más completa sea la información tanto más fácil será para el profesional de seguridad desarrollar medidas efectivas. El saber por ejemplo, que un 40 % de los accidentes de una planta tiene que ver con escaleras, no es tan útil como saber que el 80% de los accidentes de escaleras de la planta esta relacionada con escalones rotos.

Un buen sistema de registro es esencial para la investigación de accidentes ya que permite que los factores básicos de un accidente puedan ser registrados de forma rápida, eficiente y uniforme. Debe efectuarse una investigación de por lo menos todas las lesiones incapacitantes contempladas por la norma ANSI Z16.1, y días de trabajo perdidos contemplados por la OSHA.

Los accidentes que dan por resultado lesiones no incapacitantes o que no den por resultado lesión alguna deberían ser investigados si el tiempo y las condiciones lo permiten, especialmente si hay repeticiones frecuentes de ciertas clases de lesiones no incapacitantes o si la frecuencia de los accidentes es alta en algunos sectores u operaciones.

Para los fines de la prevención de accidentes las investigaciones deben estar orientadas a encontrar los hechos y no las faltas, ya que el daño puede ser mayor que el beneficio. Esto no quiere decir que no se deban fijar responsabilidades en caso de que la lesión se haya producido por una falta personal o que a una persona se le deba eximir de las consecuencias de sus actos. Es mucho mejor que la persona, la junta o la comisión investigadora se mantenga al margen de cualquier aspecto punitivo de la investigación.

1.5.1 CLASES DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS.

El investigador dispone de una variedad de técnicas para la investigación y el análisis de los accidentes. Algunas de estas técnicas son más complicadas que otras por lo que la elección de un método en particular dependerá del propósito y de la orientación de la investigación.

Hay otras técnicas que se basan en sistemas de seguridad. Los sistemas de seguridad enfocan el problema desde un punto de vista más amplio, y toman en cuenta la interrelación que existe entre los distintos hechos que podrían contribuir a que ocurra un accidente. En razón de que los accidentes raramente tienen una sola causa, el enfoque de seguridad a través de sistemas puede señalar mas de un aspecto dentro de un sistema en el cual se pueden tomar medidas efectivas. Esto da al profesional de seguridad la posibilidad de elegir la mejor técnica que satisfaga mejor su criterio de efectividad, rapidez, aplicación, etc. Las técnicas de los sistemas de seguridad pueden ser aplicadas antes de que hayan ocurrido los accidentes y es posible utilizarlas en procedimientos y operaciones nuevas.

Dichas técnicas es de lo que tratará este trabajo en capítulos posteriores.

CAPITULO II

INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

2.0 QUE ES LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES.

La investigación de accidentes es fundamentalmente: el análisis y registro de un accidente mediante la recopilación de hechos y evidencias por lo cual se examinan profundamente y con detalle todos los factores que pudieron estar involucrados. No se debe caer en el error de que esto significa solo la mera repetición de la explicación del accidente por parte de un trabajador, una verdadera investigación de accidentes incluye la evaluación objetiva de todos los hechos, opiniones, declaraciones, información relacionada así como las acciones correctivas y preventivas programadas para prevenir una recurrencia.

La investigación de accidentes debe realizarse lo mas pronto posible debido a que la información es mucho más verídica, los hechos son más claros, los detalles se recuerdan con más facilidad y las condiciones son parecidas a las mismas que prevalecieron durante el accidente. La única situación que debe permitirse posponerse durante la investigación es aquella en donde el trabajador lesionado requiere de tratamiento médico o aquella donde el trabajador se encuentre emocionalmente afectado.

La finalidad de una investigación de accidentes es: **“prevenir y eliminar las causas que originaron los accidentes** (básicamente mediante su estudio) **así como identificar áreas de mayor riesgo**”; destacando los problemas que deben ser solucionados y proporcionando una base donde se puedan integrar consistentemente las recomendaciones que apliquen para evitar que vuelvan a ocurrir.

Cualquier “reincidencia” de lesiones leves demandan estudio, ya que pueden ser casos relativamente simples en donde las causas inmediatas pueden ser hasta cierto punto obvias, y el tiempo que se requiera para realizar estas investigaciones sea mínimo comparado con el tiempo que implica una lesión o daño mayor. Sin embargo, si estos casos son muy frecuentes es necesario realizar una investigación para determinar causas subyacentes.

Es necesario e imperante señalar en este campo de la investigación la necesidad de ser equitativos y justos al evaluar un accidente, pues el valor y objetivo de la investigación se pierden si se percibe el propósito de hacer recaer la culpa en alguien o responsabilizar a otros. Se requiere adoptar una intención imparcial y que se difunda con el único propósito de reunir evidencias que ayudaran a evitar repeticiones.

2.1 INVESTIGACION DE ACCIDENTES.

PLANEACION DE LA INVESTIGACIÓN.

El proceso de investigación de accidentes debe planearse lo mejor posible. La planeación involucra algunos elementos que deben ser revisados y organizados antes de que ocurra un accidente.

Tales elementos son:

- 2.1.1 Procedimiento de reporte de accidentes.
- 2.1.2 Personal asignado para realizar la investigación.
- 2.1.3 Capacitación del personal a cargo de la investigación.
- 2.1.4 Uso de herramientas para la recolección de hechos.
- 2.1.5 Desarrollo de formatos de reporte.
- 2.1.6 Distribución de reportes y recomendaciones (correctivas y preventivas).
- 2.1.7 Evaluación de conclusiones y recomendaciones.
- 2.1.8 Seguimiento de las recomendaciones.

2.1.1 Procedimiento de reporte de accidentes.

Este procedimiento debe ser desarrollado, comunicado y entendido por todos los trabajadores y miembros del sistema administrativo; se debe enfatizar el hecho de que todos los accidentes se reporten inmediatamente debido a la necesidad

de preservar las evidencias y recolectar datos de la lesión o daño sufrido por parte del trabajador, o por testigos presenciales.

La comunicación de tal procedimiento debe hacerse considerando lo siguiente:

- Que oriente y capacite al personal.
- Reglas y reglamentos.
- Juntas de seguridad periódicas.
- Publicaciones.
- Medios informativos como boletines, cartelones y avisos colocados en lugares estratégicos, por ejemplo en áreas donde se apliquen primeros auxilios, etc.

Si se reportan los accidentes tardíamente se dificultará seriamente la recolección de evidencia clave y por consiguiente el proceso de investigación. Si esto sucede con frecuencia entonces se puede visualizar un sistema administrativo y de control deficiente en la comunicación, desarrollo y aplicación del procedimiento.

2.1.2 Personal asignado para llevar a cabo la investigación.

En la planeación es necesario designar claramente quien será el responsable de investigar y analizar el accidente. Normalmente esta función se asigna a los supervisores, ya que se encuentran en contacto con las diversas actividades que se desarrollan continuamente y generalmente estos supervisores tienen cierta familiaridad con sus empleados, las áreas de trabajo y los procedimientos de trabajo que cualquier otro miembro en la organización pudiera tener. Si los supervisores directos tienen responsabilidades tanto de producción, control de calidad y tienen relación con los trabajadores, deben además tener responsabilidades en el campo de la seguridad dentro del cual está la investigación de los accidentes. Esto no quiere decir que se le deje toda la responsabilidad, ya que los profesionales de la seguridad deben tomar parte activa en la investigación.

Otras personas que deben tomar parte activa son:

- **Coordinador de seguridad;** el cual debe ayudar en el esclarecimiento de los hechos, análisis de factores causales y emisión de acciones correctivas / preventivas, así como las conclusiones definidas.
- **Personal;** para esclarecer hechos pertinentes que les conciernen individualmente como por ejemplo: condiciones preexistentes, trabajos anteriores asignados, capacidad física y mental, etc, lo cual puede formar parte en las causas de los accidentes.
- **Departamento de Ingeniería;** el cual puede ayudar si se requiere información detallada de proceso así como apoyar en la resolución de problemas de ingeniería si se detecta algún problema relacionado.
- **Departamento de compras;** que suministre información concerniente a procedimientos establecidos de compra que pudieran haber contribuido para que sucediera un accidente, por ejemplo: especificaciones de equipo de seguridad, materiales peligrosos requisitados, especificaciones de materiales, etc.
- **Departamento de Mantenimiento;** que ayude a determinar si hubo falta de mantenimiento preventivo o si cualquier procedimiento pudo haber contribuido al resultado inesperado.

Lo anterior pretende seleccionar al personal que se requiere para llevar a cabo la investigación, sin embargo, está sujeto a los diferentes tipos organizacionales que existen. Así mismo, es evidente involucrar a los gerentes de planta y equipo de trabajo en el proceso de investigación y análisis de los accidentes.

2.1.3 Capacitación del personal a cargo de la investigación.

Un programa efectivo para la investigación y análisis de los accidentes no puede ser implementado a menos que se capacite a los investigadores para que reconozcan lo complejo que resulta definir las causas de los accidentes. Cualquier programa de capacitación debe considerar:

- Política de reportes.
- Responsabilidades.
- Teoría de causalidad de accidentes.
- Preparación de reportes.
- Técnicas de entrevistas.
- Métodos generales de control de riesgos.
- Uso de herramientas, por ejemplo: cámaras fotográficas, de video, grabadoras, instrumentación para ciertas mediciones, etc.
- Análisis de hechos.
- Desarrollo de acciones correctivas / preventivas.
- Procedimientos de seguimiento.

2.1.4 Uso de herramientas para la recolección de hechos.

El procedimiento debe considerar la disponibilidad de herramientas que se utilicen para la recolección de hechos pertinentes, las cuales podrían formar un kit predeterminado para uso inmediato. Este kit podría incluir:

- Cámara de video y cintas.
- Tabla, papel y bolígrafo.
- Copia de procedimientos operativos y reglamentos.
- Lupa.
- Formatos de reporte.
- Guantes.

- Cintas de alta visibilidad.
- Kit de primeros auxilios.
- Grabadora.
- Engrapadora, compás, regla y cinta métrica.
- Etiquetas para la identificación de elementos.
- Cinta adhesiva.
- Recipientes.

En algunas áreas sería recomendable y apropiado incluir dispositivos para mediciones ambientales tales como medidores de intensidad de ruido, una bomba con tubos detectores, medidores de intensidad de luz, etc.. La selección de estos dispositivos depende de la industria y los riesgos que se pudieran presentar. El equipo de protección personal debe además considerarse para su uso, por ejemplo cascos de seguridad, lentes o goggles, respiradores, overoles, batas, etc.

2.1.5 Desarrollo de formatos de reportes.

Formatos de reportes y listas de verificación son necesarios pero pueden ser a menudo inadecuados para los propósitos de la investigación. Esto es especialmente cierto en las secciones que conduzcan al análisis de causas y acciones correctivas.

2.1.6 Distribución de reportes y recomendaciones.

Cuando se elabore un reporte de investigación de accidentes, este debe ser distribuido a un comité administrativo para su revisión y la toma de decisiones. Este procedimiento debe ser desarrollado de tal manera que asegure que todas las partes están involucradas.

El reporte debe ser distribuido dentro de la organización administrativa para su revisión. Debido a la posibilidad de litigación (lo que puede ocurrir en cualquier accidente), la duplicación y circulación del reporte debe decidirse en base a reportes preliminares y reportes finales conforme se avance en la investigación. De otra manera la definición de posibles acciones encaminadas a la prevención pueden comprometer la veracidad de los hechos que se incluyen en el reporte.

Se deben establecer los procedimientos específicos para el manejo de posibles accidentes graves con múltiples lesiones, decesos, accidentes ambientales, incendios, etc.

El procedimiento para un accidente inusual debe considerar lo siguiente:

- Reporte a las autoridades competentes.
- Manejo de medios informativos.
- Contacto con familiares afectados y empleados.
- Contacto con las comunidades aledañas.

El procedimiento específico debe designar responsabilidades individuales para llevar a cabo estos contactos y especificar el modo de proceder, el tipo de información que puede ser dada a conocer y las recomendaciones que se pueden hacer. Si se emiten declaraciones inapropiadas durante o después de una emergencia, esto podría tener un resultado perjudicial en la opinión pública.

2.1.7 Evaluación de conclusiones y recomendaciones.

La emisión y evaluación de conclusiones y recomendaciones específicas (acciones correctivas / preventivas) debe realizarla normalmente el coordinador de seguridad o comité, una vez que el reporte se haya circulado o revisado por las demás partes. Pueden ser necesarias conclusiones y recomendaciones adicionales. La mayoría de las veces la responsabilidad en dar seguimiento y

finalizar las recomendaciones emitidas le competen al gerente del área, quien además es responsable de asignar responsabilidades para dar seguimiento a las acciones tomadas.

2.1.8 Seguimiento de las recomendaciones.

Una vez que se han establecido las recomendaciones y las acciones se han llevado a cabo, es esencial contar con un sistema de evaluación para determinar si las acciones correctivas se han completado como se estableció inicialmente y si estas fueron las más apropiadas. Generalmente, se encarga de esto el coordinador de seguridad o comité, sin embargo, en esta tarea deben estar involucrados todos los participantes de la investigación de accidentes así como los supervisores de las diversas áreas.

2.2 RECOPIACION DE HECHOS.

2.2.1 EN LA ESCENA.

La forma en la que se realice la recopilación de hechos en la escena tendrá una profunda influencia en el resultado final de la investigación de accidentes. La identificación de factores causales apropiados y las acciones correctivas / preventivas adecuadas, serán solo posibles si se realiza una buena investigación del accidente en el lugar donde ocurrió. Es muy importante que la persona que investigue el accidente tome el suficiente tiempo para verificar que fue lo que sucedió, cuales son los riesgos presentes y de esta forma evitar que suceda otro accidente. El investigador debe estar alerta de las condiciones prevaletientes para obtener y preservar la evidencia sin ningún problema.

La evidencia puede ser física, por ejemplo: un pasamanos o barandal roto o guardas de maquinaria, etc., ambiental, condiciones ambientales, poca iluminación, deficiencia de

oxígeno, etc. También como evidencia podemos contar con testigos que presenciaron las condiciones preexistentes del accidente o durante el mismo; preservar sus declaraciones es parte fundamental en el esclarecimiento posterior así como contar con la explicación o punto de vista de un experto.

Para recopilar y preservar evidencia se recomienda:

- Realizar ilustraciones.
- Tomar fotografías.
- Recoger elementos.
- Registrar condiciones ambientales si aplica.
- Asegurar documentos importantes.
- Asegurar datos contenidos en computadoras.
- Medición de condiciones ambientales.

Los testigos deben ser entrevistados lo más pronto posible después de que un accidente haya ocurrido ya que sus relatos tienden a ser mas frescos y verídicos; además, es necesario recalcar que bajo ninguna circunstancia se debe hacer sentir al entrevistado bajo amenaza así como tratar de entrevistar a una persona que se encuentra lesionada hasta que los primeros auxilios le sean suministrados, y se encuentre en una situación estable.

Las reglas básicas que se deben seguir al realizar una entrevista son:

1. **Aclarar el propósito de la investigación.** La persona lesionada o testigo debe percibir que el sentido de la investigación es identificar los hechos para evitar que se vuelvan a presentar, culpar o amenazar nunca deben ser el propósito de la investigación y esto debe quedar muy claro.

2. **Obtener del testigo su propia versión del accidente.** Se le debe permitir al testigo dar su propia versión del accidente sin interrupciones ni interjecciones.
3. **Realizar preguntas cortas y abiertas.** Se le debe cuestionar al testigo para que exponga lo que el sabe.
4. **Preguntarse si se ha entendido lo que el testigo ha relatado.** Esto con el fin de que ambas partes estén de común acuerdo.
5. **Permitir al entrevistado o al lesionado sentir que ha tomado parte importante en la investigación.**

2.2.2. FOTOGRAFIA.

La fotografía es sin lugar a dudas uno de los métodos más frecuentemente usados para preservar la evidencia en el procedimiento de investigación. Si esta se realiza adecuadamente puede llegar a ser una fuente de evaluación de la evidencia, inclusive en una fecha posterior.

2.3 RECOMENDACIONES GENERALES EN LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES.

Para realizar una investigación efectiva se deben de tomar las siguientes recomendaciones:

- a) Siempre deben intervenir más de dos personas en la investigación del accidente.
- b) Deben investigarse todos los indicios enfocando la atención principalmente a la localización de actos y condiciones inseguras.

- c) Recomendar que es más fácil localizar condiciones inseguras y/o actos inseguros.
- d) En todo accidente generalmente intervienen más de un factor o causas que lo provocan.
- e) Investigar los daños generales.
- f) No buscar culpables sino causas.
- g) Nunca atemorizar a los testigos.

Así como tomar en cuenta aspectos generales en las áreas enlistadas a continuación:

Tecnología	Personal	Instalaciones	Administración
Diseño inadecuado del equipo o equipo en condiciones inseguras.	• Problemas físicos y mentales.	• Administración de cambios.	• Política inadecuada.
• Procesos.	• Desempeño y capacitación.	• Mantenimiento inadecuado o inexistente.	• Normas de compra, de trabajo, de comportamiento inadecuadas o inexistentes.
• Análisis de Riesgo.	• Comportamientos inexistentes o inadecuados.		• Programas inadecuados.
• Procedimiento de operación y prácticas de seguridad.	• Cumplimiento inadecuado.		• Normas y estándares adecuados.
• Plan de respuesta a emergencias.	• Falta de conocimiento o habilidad.		• Supervisión.
• Inspecciones de Pre- arranque.	• Motivación incorrecta o conflicto mental.		• Rotación de personal.

2.4 CAUSAS RAICES.

En todos los incidentes y accidentes, una o varias mejoras en los sistemas de administración de la seguridad podrían haber prevenido que ocurrieran la mayoría (sino todos) de los eventos que contribuyeron al accidente y/o incidente. La ausencia, negligencia, o deficiencias de los sistemas de administración son fundamentalmente las causas raíces de los accidentes e incidentes.

Las **Causas Raíces** presentan las siguientes características:

- Indican una deficiencia del sistema de administración de la seguridad.
- Tratan algo que esta bajo el control de la administración.
- Representan un nivel "elemental" para el que resulta improductivo e ineficiente en un nivel mas avanzado de resolución.
- Raramente se presenta sola.
- Influencia otros escenarios de accidentes posibles.

En el análisis de causas raíces podemos encontrar trampas comunes como las siguientes:

Fallas de equipo: *“ Simplemente se ha desgastado, no hay nada que dure para siempre” o “era una parte defectuosa.*

- Las inspecciones, pruebas y mantenimiento del equipo puede prevenir la mayoría de las fallas de los mismos.
- Las partes defectuosas deben identificarse como parte del proceso de aseguramiento de Calidad.

Errores humanos: *“Solamente el podía haber cometido esta equivocación, nunca ha sido uno de nuestros mejores operadores” o “los procedimientos están bien y ella ha recibido la capacitación estándar, simplemente se equivoco”.*

- ¿Cómo hemos podido emplear semejante persona?
- ¿Son los procedimientos precisos? ¿Es la capacitación correcta y suficiente?.

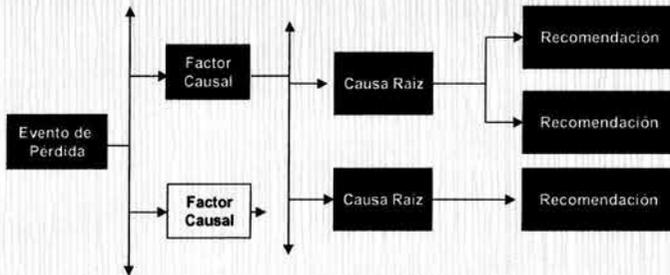
Eventos extremos: *“Ha sido un Acto de Dios más allá de nuestro control”.*

- Hay que planear para cuando sucedan los “Actos de Dios”.

2.4.1 IMPORTANCIA DE CONSIDERAR LAS CAUSAS RAICES

- 1) Previenen que ocurran de nuevo los mismos accidentes o incidentes similares.
- 2) Promueve soluciones de costo efectivas por que se implementan las soluciones correctas.
- 3) Previene que se produzcan eventos aparentemente no relacionados con el accidente que se investiga, pero que involucran las mismas causas raíces.
- 4) Apoya el análisis de tendencias para identificar asuntos sintomáticos de problemas mayores, ya sean administrativos, organizacionales o culturales.
- 5) Mejora el cumplimiento con los reglamentos, los códigos y normas de la industria y con los requisitos internos de la compañía.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS CAUSAS RAÍCES.



Analizar los factores causales que estuvieron involucrados es la más difícil pero también es la tarea más importante que debe ser entendida por quien investigue los accidentes de trabajo. A menudo el investigador solo trata de identificar un solo factor causal que haya contribuido al accidente. Si se identifican múltiples causas, se debe tratar de identificar la principal causa que haya contribuido. Si el objetivo de la investigación de accidentes es prevenir una recurrencia de accidentes similares y aprender como corregir deficiencias en el sistema de control administrativo; todos los factores que contribuyeron en un accidente reciente pueden llegar a ser los principales contribuyentes en un accidente posterior, por lo tanto es prudente tratar de identificar todos los factores causales y desarrollar medidas de control para cada uno de ellos.

Los factores causales son los factores humanos clave y las fallas de equipo que condujeron, permitieron o aumentaron la magnitud del evento de pérdidas.

Desde el punto de vista que concierne al investigador, "todas las causas" plantean la necesidad de buscar todos los factores causales y no concentrarse en una sola área excluyendo a las otras.

Desarrollos recientes en las técnicas de análisis de accidentes se han basado en sistemas de seguridad, la técnica como TOR (Revisión Operativa), RCM (Mapa de Causas Raíces) y MORT (Árbol de Riesgos y Descuidos Administrativos) se han desarrollado para conducir y llegar a las causas raíces de los accidentes (los errores en los sistemas administrativos de control). Aunque estas técnicas y otra adicional que se tratarán posteriormente parecen ser inicialmente complejas, una vez que son entendidas es fácil su aplicación.

Para cada uno de los factores causales se debe determinar porque este factor causal existe u ocurre. Por lo general, esto conduce a la identificación de sistemas de administración que no funcionan ya sea por que se han perdido, son deficientes o no se les presta la atención necesaria. Estas razones son ejemplos de causas raíces.

En el **Anexo 1** se explica el procedimiento para desarrollar un “**Diagramas de Factores Causales**”, el cuál se requiere para analizar la información obtenida y después determinar las causas raíces específicamente en la técnica MORT y RCM.

CAPITULO III

REVISION OPERATIVA TOR

(TECHNIC OF OPERATION REVIEW)

REVISION OPERATIVA

TOR

3.0 GENERALIDADES.

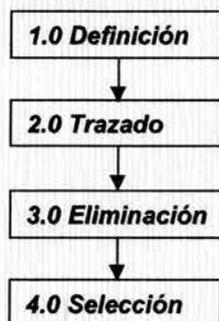
LA técnica TOR se desarrolló originalmente a principios de la década de los 70's por D.A. Weaver de la Sociedad Americana de Ingenieros en Seguridad, sin embargo, por 20 años no estuvo disponible la documentación. No fue sino hasta 1987 cuando la información comenzará a fluir. Esta técnica se desarrolló para identificar el involucramiento de la administración en situaciones degradantes tales como: problemas de producción, problemas de calidad o accidentes de trabajo.

TOR es un método de análisis que permite tanto a supervisores como al personal trabajar en conjunto para analizar los accidentes en el sitio de trabajo, fallas e incidentes.

La técnica TOR es una metodología analítica diseñada para determinar las causas raíces del sistema en una falla operativa. Debido a que esta metodología utiliza una hoja de calculo escrita en términos simples y sigue una secuencia poco complicada de toma de decisiones como **Si / No**, puede ser utilizada inclusive en los niveles más bajos de una compañía. La metodología TOR es una consecuencia de un accidente/incidente que ocurrió en un tiempo y lugar específico y que involucró a cierto personal. No es un procedimiento hipotético, ya que demanda cuidado y una evaluación sistemática de las circunstancias reales que están involucradas con el accidente / incidente. La Técnica TOR aísla e identifica los elementos específicos dentro de los cuales las organizaciones fallaron para prevenir la recurrencia.

3.1 PROCEDIMIENTO.

Esta técnica no se enfoca en los errores del personal o malfuncionamiento de una máquina, su papel esta enfocado en el sistema administrativo donde estas situaciones sucedieron. El procedimiento involucra básicamente cuatro etapas principales las cuales son:



1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Una vez que se hubo definido el equipo analista en el cual deben de formar parte los trabajadores involucrados, supervisores y el responsable de seguridad; se cuestiona brevemente la descripción de lo que sucedió por parte del equipo de investigación, requiriendo y aclarando todo lo necesario hasta que se tenga una idea clara y precisa de que fue lo que ocurrió.

2. TRAZADO (Identificación de factores contribuyentes).

En esta etapa los analistas o investigadores hacen referencia a una lista de errores operacionales enfocados en el sistema administrativo agrupados en ocho categorías. En esta etapa se cuestiona cual de los errores operacionales listados fue la **causa principal** que contribuyo a originar el accidente.

La hoja de análisis TOR se divide en **ocho categorías**, en cada una se enlistan un grupo de factores (subcategorías) que pueden o no contribuir a la investigación del accidente, así como las relaciones entre las diversas categorías.

Las **categorías generales** para cada sección son:

- 1.0 **Entrenamiento:** esta categoría incluye todos los errores relacionados a la falta o inadecuada preparación de un empleado.
- 2.0 **Responsabilidad:** esta categoría se enfoca en los errores de los requerimientos organizacionales, los cuales pudieron haber contribuido al problema.
- 3.0 **Autoridad:** se enfoca en la falta o lo inadecuado de la toma de decisiones, los cuales causaron un error en el desempeño o desarrollo del producto o empleado.
- 4.0 **Supervisión:** son aquellos errores que se debieron a problemas con la dirección en el trabajo del empleado.
- 5.0 **Grupos de trabajo:** son aquellos problemas que pueden ser relacionados con las relaciones interpersonales dentro del grupo.
- 6.0 **Control:** esta categoría enfrenta errores causados por la falta de, o inadecuadas precauciones de seguridad.
- 7.0 **Características Personales:** son los errores que pueden ser relacionados con la personalidad del individuo y como esta afecta el desempeño del trabajador en el trabajo.

8.0 Administración: aquellos errores que pueden ser relacionados con un control gerencial pobre.

Cuando la causa principal se ha acordado (**Causa Básica**), el equipo investigador comienza a trazar seleccionando los factores o subcategorías mas apropiados que lo conducirán a otras categorías y subcategorías que pudieran estar relacionadas. Al termino del proceso, el investigador decidirá que deficiencia o error en el sistema de administración ha contribuido a que sucediera el accidente.

Por ejemplo:

Si el equipo investigador define que la causa principal es la número 43, es decir, categoría 4 (Supervisión) y subcategoría 43 (Reglas); esta última se relaciona con las sub. listadas en la columna derecha de la hoja de análisis TOR, es decir: 25, 36, 12 y 52. Entonces el equipo analista define cual de estas cuatros subcategorías intervino (Dentro) o no (Fuera) en el accidente en cuestión. De esta misma forma se procede con las subcategorías que fueron consideradas dentro del análisis sucesivamente.

Después de que esta etapa ha terminado, se continúa con la siguiente etapa: **Eliminación.**

3.0 ELIMINACIÓN.

En esta etapa el equipo investigador estudia los factores definidos durante la etapa de trazado con más profundidad y elimina cualquier factor que claramente no aplique en este caso. Algunas veces en el paso anterior se identifican una gran cantidad de factores lo que resulta excesivo para los investigadores; debido a esto en esta etapa el grupo evalúa y discute cada uno de los factores contribuyentes en relación con la importancia del mismo.

Los factores que son eliminados pueden aún ser un problema, por lo que deben ser tratados a parte para el propósito de este análisis.

4.0 SELECCIÓN.

La etapa final en esta técnica es buscar y desarrollar soluciones a los problemas que se identificaron. El procedimiento de análisis TOR no ofrece soluciones claras aunque identificando los problemas, las soluciones pueden ser más evidentes.

LISTAS DE VERIFICACIÓN TOR.

1	ENTRENAMIENTO		2	RESPONSABILIDAD	
10	Situaciones inusuales, deficiencia en la instrucción (nuevo personal, herramienta, equipo, proceso, material, etc)	44, 24, 62	20	Actividades y tareas no claras.	44, 34, 14, 53
11	Ninguna instrucción. Instrucciones no disponibles para situaciones particulares	44, 22, 24, 80	21	Objetivos conflictivos	80
12	Capacitación necesaria no prevista.	24, 34, 86	22	Responsabilidad no clara o difícil de aceptar.	26, 14, 54, 82
13	Corrección, deficiencia al corregir o al ver la necesidad de corregir.	42, 20, 30	23	Doble Responsabilidad	47, 34, 13
14	Instrucciones inadecuadas. Las instrucciones se intentaron pero los resultados muestran que no se tomaron a final de cuentas.	15, 16, 42	24	La presión de tareas inmediatas oscurecen el alcance total de responsabilidades.	36, 12, 51
15	El supervisor se equivocó al decir por que.	44, 24, 83	25	Pasar por alto. Responsabilidad poco firme.	44, 26, 55, 80
16	El supervisor fallo en escuchar.	11, 81	26	Descripción de tares inadecuada.	80, 86
3	AUTORIDAD (Poder de decisión)		4	SUPERVISION	
30	Pasar por alto, ordenes conflictivas, demasiados jefes.	44, 13	40	Estado de animo, tensión, inseguridad, pérdida de confianza en el supervisor y en el futuro del trabajo	15, 56, 64, 80
31	Decisiones fuera del contexto del problema.	36, 83, 85	41	Conducta. El supervisor pone mal ejemplo.	13, 84
32	Autoridad inapropiada para hacer frente a la situación.	81, 83	42	Actos inseguros. Deficiencia en la observación y corrección.	24, 11, 52
33	La decisión excedió la autoridad.	20, 26, 14	43	Reglas. Fallas en la elaboración de reglas necesarias, o en su publicación. Inadecuado seguimiento y aplicación. aplicación injusta o débil disciplina.	25, 36, 12, 52
34	Decisión evadida, problemas enfocados en el jefe.	36, 14, 85	44	Iniciativa. Deficiencia en ver los problemas y en ejercer influencia sobre ellos.	22, 34, 30
35	Falla en las ordenes para obtener los resultados deseados, poco claras, entendibles o no fueron seguidas.	40, 46, 13, 15	45	Error honesto. Falla en el actuar o se torno acción equivocada.	10, 12, 15, 81
36	Falla de los subordinados para ejercer su poder de decisión.	26, 12, 83, 85	46	Espiritu de equipo. Los hombres no contribuyen con el supervisor.	40, 21, 56
			47	Cooperación. Pobre cooperación. Deficiencia en la planeación por la coordinación.	23, 25, 15, 66
5	GRUPOS DE TRABAJO		6	CONTROL	
51	Flujo de trabajo. Disposición ineficiente o peligrosa, inventario, arreglo, estibamiento, amontonamiento, almacenamiento, trayecto, etc.	41, 24, 31, 80	60	Procedimientos de trabajo. Dificultad, inseguridad, ineficiencia, pobremente planeado.	44, 32
52	Condiciones. Ineficiencia e inseguridad por error o falla en la inspección, supervisión o mantenimiento.	21, 32, 14, 86	61	Carga de trabajo. Ritmo muy agitado, demasiado lento, o errático.	44, 51, 63
53	Perdidas materiales. Fractura o daño accidental debido a errores en el procedimiento, inspección, supervisión o mantenimiento	43, 20, 80	62	Nuevos procedimientos. Tareas nuevas o inusuales o peligros o riesgos aún no comprendidos.	43, 44
54	Desorden. Algo innecesario en el área de trabajo. (exceso de materiales, herramientas y equipo defectuoso, exceso debido a fallas en el desempeño del trabajo, etc)	44, 36, 80	63	Falta de mano de obra. Alto índice de rotación de personal o ausentismo.	80, 40, 61
55	Extravió. Ausencia de algo necesario. (herramientas adecuadas, equipo de protección, guardas de protección, equipo contra incendio, compartimentos o contenedores de residuos, servicio de vigilancia (portero), etc)	44, 36, 80	64	Tareas poco atractivas. Las condiciones de trabajo o incentivos no son competitivos.	81, 46
56	Conformidad voluntaria. El equipo de trabajo no ve ventajas para ellos mismos.	40, 15, 41	65	Lugar de trabajo. Apresurada o inapropiada selección de trabajo y ubicación.	80, 86
			66	Coordinación. departamentos que inadvertidamente crean problemas uno con otro (producción, mantenimiento, compras, personal, ventas, etc)	45, 35, 13

7	CARACTERISTICAS PERSONALES		8	ADMINISTRACION	
70	Condiciones físicas. Fortaleza, agilidad, pocos reflejos, inhabilidad.	44, 26, 65	80	Política. Deficiencia al afirmar que la administración le dará prioridad a la situación que se maneje.	24, 81, 83
71	Salud. enfermedad, cansancio, bajo prescripción médica.	44, 24, 65	81	Objetivos. Poco claros o no proyectados como una "imagen de acción"	83, 86
72	Impedimentos. Amputación, visión, audición, corazón, diabetes, epilepsia, hernia, etc.	44, 24, 65	82	Responsabilidad. Falla en medir o evaluar resultados.	36
73	Alcohol. (si se conocen los hechos definidos)	80	83	Periodo de atención. Tener muchas actividades. Delegación inadecuada, desarrollo inadecuado de subordinados.	12, 86
74	Personalidad. Excitable, flojo, infeliz, fácil distracción, impulsivo, ansioso, irritable, complaciente, etc.	44, 13	84	Evaluación de desempeño. Hacer excesivo hincapié en el corto rango de desempeño.	20, 65
75	Adaptabilidad. Agresividad, introvertido, insolente,, desafío de autoridad, antisocial, tímido, presumido, menosprecio de consejos e instrucciones. discusión, etc.	44, 13	85	Errores. Falla en apoyar y fomentar en los subordinados el ejercicio de su poder de decisión.	36
76	Hábitos de trabajo. Sucio,, Confusión y desorden en las áreas de trabajo. Falta de cuidado con herramientas, equipos y procedimientos.	44, 13	86	Personal. Asignar responsabilidades de medio tiempo y tiempo completo para funciones relacionadas.	66
77	Asignación de trabajo. No apto para este individuo en particular.	42, 65			

3.2 EJEMPLO DE PLICACION.

Para ilustrar el análisis se tomará un incidente que sucedió en la compañía “**Excell dispositivos**”. Un cliente de esta compañía recibió un pedido de dispositivos el cual llegó conforme se requirió tal cargamento, sin embargo, ningún elemento de estos contenía un motor eléctrico necesario para su funcionamiento. Se envió a una persona para entregar los motores e instalarlos en el cliente. Como es de suponer en esta situación tenemos a un cliente molesto, llamadas telefónicas realizadas, gastos de viaje, tiempo perdido e ineficiencia.

En lugar de buscar a un responsable el gerente de la compañía convoca a sus supervisores para efectuar una junta donde se aplicaría la técnica TOR y de esta manera resolver el problema. En esta junta el incidente fue descrito y cuestionado de forma breve lo que reveló los hechos involucrados en el mismo para poder analizarlos. En esta primera etapa se invierten 5 minutos aproximadamente al analizar hechos y no buscar culpables. El gerente comienza con la primera etapa y solicita a los supervisores sean revisadas las formas TOR anteriormente descritas para seleccionar el número que bajo común acuerdo consideren que fue la “**causa principal**” (Básica) del incidente, es decir, se lleva a cabo la primera etapa (**Definición**).

Esta etapa puede tardar de 5 a 10 minutos aproximadamente, siempre y cuando se encause la discusión a un consenso general donde todos estén de acuerdo evitando en lo posible una discusión que se salga de control; el grupo está de acuerdo en que **el elemento 43 es la causa inmediata principal**.

Este número 43 se escribe en la parte superior de una hoja de papel y se comienza a desarrollar la siguiente etapa del proceso (**Trazado**). No se discute con detalle cada elemento en la lista. Esta etapa comienza con una revisión relativamente rápida ya que el equipo decide que elemento contribuye o no al incidente. El trazo de números se lista verticalmente conforme se van desarrollando los elementos por lo que se escriben notas aclaratorias que indican la discusión y las ideas del momento.

TRAZADO Y ELIMINACIÓN.

43 Reglas.	Cada caja debió haber tenido un cartel indicando “ensamble incompleto” . Este anuncio se añadió al lote completo. Para el trazo de números (subcategorías) a partir del 43 ya definido como causa principal, se identifican en la columna derecha de las formas TOR en el renglón correspondiente las siguientes subcategorías: 25, 36, 12 y 52.
25 Pasar por alto. *Dentro	
36 Dentro	
42 **Fuera	ELEMENTO 25, pasar por alto la responsabilidad contribuyó debido a que no fue claro quien debió observar el letrero: el operado del montacargas, el supervisor de carga, o el supervisor de ensamble (el elemento 25 esta “dentro”, cuatro números más resultan en el trazo 44, 26, 55, 60).
52 Fuera, etc.	
44 Dentro, etc.	
26	ELEMENTO 36, la autoridad fue equivocadamente utilizada, el equipo analista así lo decide, ya que la violación a esta regla se paso por alto totalmente. Agregar números 26, 12, 83, 85 a la lista.
55	
60	ELEMENTO 12, “fuera”, no es un factor, por lo tanto se tacha. <u>Nota: la discusión de solo cuatro puntos ha generado una larga lista. El paso de eliminación aún no termina.</u>
26	
42	Continuación. Las decisiones se deben tomar pronto si se consideran los factores que surgen “dentro” o “fuera”, lo que se quiere es una revisión rápida y perspicaz, no se debe caer en una discusión a fondo y sin sentido.
83	
85	ELEMENTO 52, “fuera”, las condiciones no representan causas.
22	ELEMENTO 44, “dentro”, la iniciativa fue deficiente. Agregar números 22, 34, 30 a la lista.
34	
30	ELEMENTO 26, “fuera”, la descripción del trabajo fue adecuada.
44	ELEMENTO 55, “fuera”.
32	Elemento 60, “dentro”, la línea de ensamble frecuentemente falla en recibir las partes requeridas por lo que se producen dispositivos incompletos al final de la línea. Agregar 44, 32 a la lista.
36	ELEMENTOS 26 y 12, “fuera”, como se decidió previamente.
	ELEMENTO 85, “dentro”, el equipo de trabajo decidió que errores fueron los involucrados, pero no se tomo acción. Agregar 36 a la lista como se muestra en la forma TOR.

* **Dentro**: se considera que este elemento esta involucrado

** **Fuera**: no se considera involucrado.

La eliminación aún no termina, sin embargo en este punto nos detendremos. En la práctica el proceso de eliminación continúa hasta que se agote en cualquiera de las siguientes formas: Generalmente las “salidas” adelantan las “entradas” y se llega hasta el final; algunas veces el número final en la lista repite el número al principio (en este caso es el elemento 43), y se llega a un círculo completo que retorna al principio.

De esta manera, se ha ilustrado el proceso de “definición” y se ha demostrado el paso de “trazado”, aún cuando no se llegó al final en el ejercicio. Cuando el proceso de trazado esta completo, hacen falta dos pasos. Para ilustrar el siguiente paso, el de “eliminación”, se completará el seguimiento sin explicaciones. En resumen, el elemento 33 fue aceptado como elemento que contribuyó al incidente y este a su vez generó que el elemento 13 entrara; de esta manera de todos los elementos evaluados se llega a los siguientes errores operativos los cuales contribuyeron al incidente:

43	25	36	44	60	83	85	30	13
----	----	----	----	----	----	----	----	----

El proceso de “Eliminación” comienza listando los elementos “entrantes”, en este caso nueve de ellos. Por supuesto la administración no puede corregir nueve cosas al mismo tiempo de ahí el proceso de eliminación. Este paso reduce la lista para la discusión de los elementos en términos de importancia y relevancia.

En este caso por ejemplo, **el elemento 13 y el 30** fueron considerados excepciones ya que no hubo un cumplimiento de supervisión predominante. Los elementos 44, 36 y 25 fueron considerados en el momento como correctivos por sí mismos como resultado del análisis realizado en la sesión TOR. La eliminación significó discusión a fondo lo cual puede ser apreciado notando el análisis adjunto a los números. La eliminación cae en el paso final: **BÚSQUEDA DE ACCIONES CORRECTIVAS FACTIBLES (Selección)**.

Esta última etapa se enfoca en solo cuatro elementos en vez de nueve y por consiguiente las acciones preventivas para evitar la recurrencia.

Los mismos supervisores propusieron que la regla de un señalamiento en cada dispositivo incompleto se necesita reforzar, por lo que propusieron colocarlos en el lado desde donde son claramente visibles cuando el conductor de los montacargas se aproxime.

Con una buena coordinación, el gerente comenzó una investigación para determinar que partes frecuentemente fallan en aparecer en la línea de armado. Además se dejó de ponderar los elementos 83 y 85 los cuales se consideraron “dentro”, revelando que sus supervisores sentían que los errores eran percibidos, sin embargo, ninguna acción se realizó al respecto.

SI-01/03

REPORTE DE INCIDENTE

TÍTULO: Entrega de dispositivos incompletos al cliente.
FECHA: 3 abril 1997.
ZONA: Cliente Excell.
AREA: Línea de ensamble.
FECHA DEL REPORTE: 6 abril 1997.

DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:

Entrega de dispositivos incompletos requisitados por la compañía Excell, faltando el motor en todos los dispositivos.

Factores Causales:	Recomendaciones	Responsable	Fecha de cumplimiento
Aviso de "Ensamble Incompleto" en el lote completo, requiriendo un aviso para cada dispositivo.	1. Investigar que partes frecuentemente fallan en la línea de armado y corregir los problemas operativos.		
El personal encargado paso por alto esta indicación debido a que no observó el cartel en el lote.	2. La regla de un señalamiento en cada dispositivo se necesita reforzar y colocar cuando esté presente algún problema de faltantes. 3. Se requiere colocar en un lugar claramente visible para que la gente responsable, principalmente el operador del montacargas, lo pueda observar sin dificultad.		
Problemas recurrentes en la línea de ensamble.			

Elaboro:

Reviso:

Reviso:

Autorizo:

Gcia de Seguridad

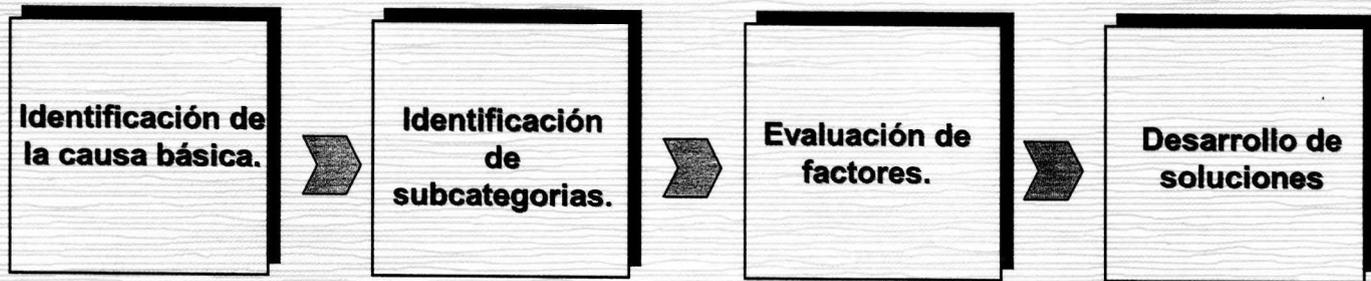
Gcia. Planta

Gcia Mantto.

Dirección de Producción.

3.3 RESUMEN.

METODOLOGIA TOR



Descripción del Accidente / Incidente.

Identificación del Factor Principal.

Punto de Partida.

Factores contribuyentes.

Secuencia SI / NO.

Consenso de Grupo.

Prioridad de factores.

Común Acuerdo.

Evaluación de soluciones.

Incluir reporte final.

Comunicación inmediata.

CAPITULO IV

ARBOL DE RIESGOS Y DESCUIDOS ADMINISTRATIVOS

MORT

(MANAGEMENT OVERSIGHT AND RISK TREE)

ARBOL DE RIESGOS Y DESCUIDOS ADMINISTRATIVOS

MORT

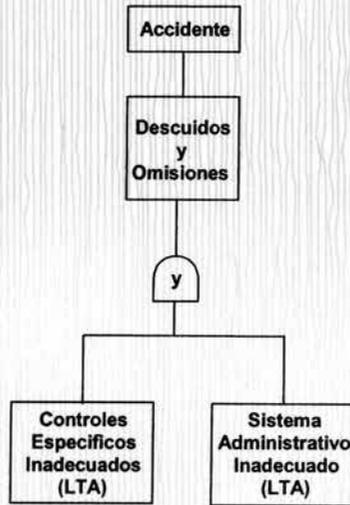
4.0 GENERALIDADES.

La Metodología MORT se desarrolló en los años 60's para analizar los accidentes, incidentes y casi-accidentes en las plantas de energía nuclear. Después de haberse probado su uso en la industria nuclear, MORT empezó a ser empleada por ingenieros del programa espacial de los Estados Unidos de América. Posteriormente fue aplicada a la industria militar, aeronáutica, plantas petroquímicas y en actividades de perforación y producción de petróleo y gas. Hoy es una metodología internacionalmente reconocida y empleada por muchos ingenieros en varias industrias.

A diferencia de otras metodologías, la metodología MORT se diseñó específicamente para la investigación de accidentes / incidentes Industriales pero es aplicable también a cualquier tipo de incidente. En las metodologías tradicionales se investigan las fallas del proceso y operación. La Metodología MORT reconoce que deben existir fallas administrativas, estas son principalmente de quien diseña y controla el trabajo. Las fallas administrativas se denominan descuidos administrativos.

Un árbol de riesgos es utilizado para ilustrar que los accidentes son producto de descuidos y omisiones o riesgos que se han asumido. Los riesgos asumidos son aquellos riesgos de los cuales la administración esta conciente pero que ha decidido aceptar el riesgo, ya sea por que la acción correctiva es imposible o no es costeable.

El diagrama siguiente muestra la lógica básica de la metodología, los descuidos y omisiones son causados por factores específicos de control y del sistema administrativo inadecuados (LTA: siglas en ingles) los cuales podrían estar involucrados con el accidente.



Árbol lógico MORT. Los accidentes resultan por descuidos y omisiones los cuales resultan de factores específicos de control y del sistema administrativo inadecuados (LTA: siglas en inglés)

La primera versión de este árbol se publicó en 1971; en la figura 1 se muestran los elementos básicos de la versión publicada por Jonson ⁽⁴⁾ en 1984.

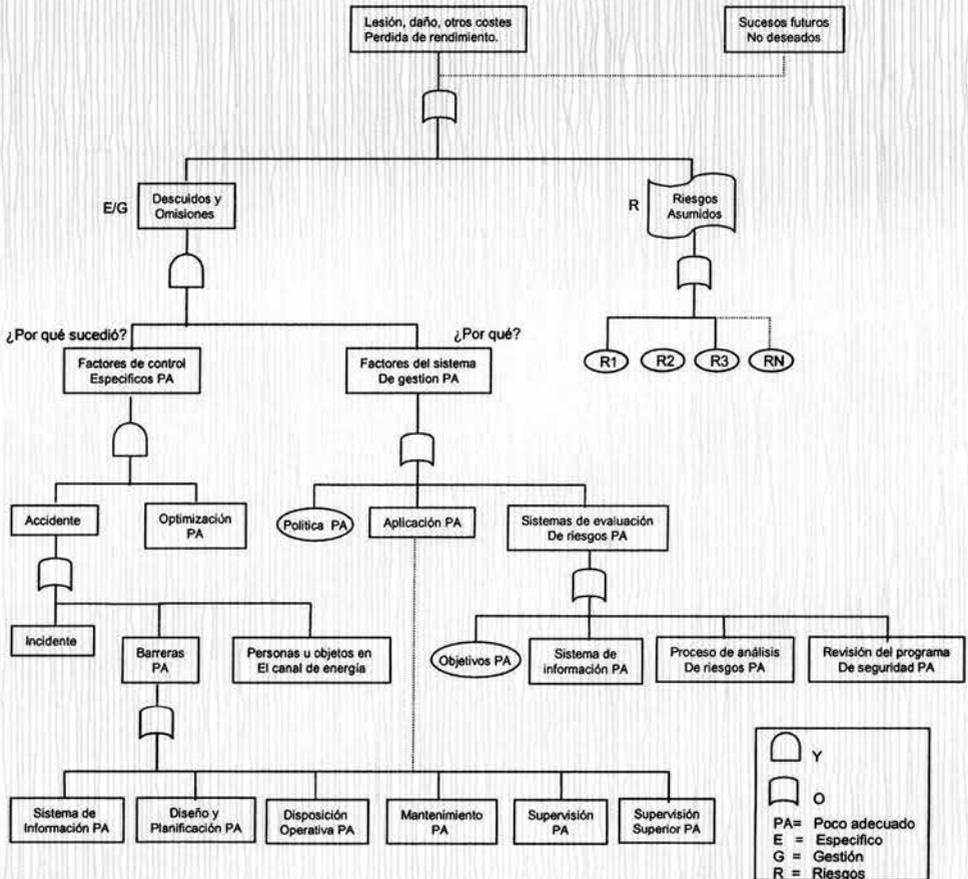


Fig. 1. Una versión del diagrama analítico MORT.

(4) IDEM 2

La metodología **MORT** se utiliza como herramienta práctica en investigaciones de accidentes y para evaluar programas de seguridad ya existentes. En la parte superior del árbol de la figura 1 se representan las pérdidas (experimentadas o posibles) debidas a un accidente.

Debajo de ese recuadro figuran tres ramas principales:

- (E) Descuidos y omisiones específicas.
- (G) Descuidos y omisiones de la dirección.
- (R) Riesgos asumidos.

La rama **R** consta de los riesgos asumidos que son sucesos y condiciones conocidas por la dirección que han sido evaluadas y aceptadas al nivel de gestión apropiado. Otros sucesos y condiciones que se ponen de manifiesto mediante las evaluaciones efectuadas a lo largo de las ramas **E** y **R** se denominan "Menos que adecuados" (LTA: siglas en inglés).

La rama **E** se ocupa de sucesos y las condiciones que puedan darse o se dan en la práctica, un suceso se denota como accidente cuando un objetivo (persona u objeto) es expuesto a una transferencia de energía incontrolada y sufre daños.

En la rama **E** de MORT los accidentes se previenen mediante la disposición de barreras. Hay tres tipos básicos de barreras:

- 1) Las barreras que rodean y confinan la fuente de energía (el riesgo).
- 2) Las barreras que protegen al objetivo.
- 3) Las barreras que separan físicamente el riesgo del objetivo en el tiempo o en el espacio.

Estos tipos diferentes de barreras se encuentran en la estructura de las ramas debajo del suceso del accidente. La optimización se refiere a las acciones emprendidas

después del accidente para limitar las pérdidas. En el siguiente nivel de la rama **E** se establecen los factores relacionados con las distintas fases del ciclo vital de un sistema industrial. Estos son:

- La formulación del proyecto (diseño y planificación).
- La puesta en marcha (disponibilidad operativa).
- El funcionamiento (supervisión y mantenimiento).

La rama **G** describe un proceso en el que los resultados específicos de una investigación de accidente o una evaluación de un programa de seguridad son hechos más generales. Por tanto, los sucesos y las condiciones incluidos en la rama **E** suelen tener sus referentes en la **G**. Cuando considera el sistema desde la perspectiva de esta rama el analista amplía su razonamiento al conjunto del sistema de gestión. Así, sus recomendaciones afectarán a un gran número de supuestos de accidente. Las funciones más importantes en materia de gestión de seguridad pueden encontrarse en la rama **G**: formulación de política, aplicación y seguimiento.

Cuando las ramas del diagrama MORT se elaboran en detalle, se encuentran elementos procedentes de campos tan diversos como el análisis de riesgos, el análisis de factores humanos, los sistemas de información de seguridad y los análisis organizativos.

Debido al potencial para causar daños severos la metodología MORT requiere que los investigadores analicen las reacciones del personal durante una situación de emergencia. Se ha reconocido ampliamente por especialistas en seguridad que muchos trabajadores resultaron lesionados y muertos tratando de responder a una emergencia.

Cuando hay una liberación de energía no deseada casi siempre se requiere de procedimientos especiales, equipo y habilidades para lograr que la energía liberada vuelva a estar bajo control.

En esencia, la metodología MORT se compone de un conjunto de preguntas. La versión siguiente (figura 2) es una versión simplificada de la versión arriba descrita del diagrama MORT.

4.1 PROCEDIMIENTO

La metodología MORT reconoce que los accidentes e incidentes provienen de tres fuentes principalmente;

- 1- Fallas Operativas,
- 2- Fallas en la Respuesta a la Emergencia.
- 3- Fallas Administrativas.

En el empleo de MORT los investigadores tendrán que aplicarse en la identificación de estas tres fuentes.

En la metodología MORT (como en cualquier otra metodología de investigación) una vez que se ha reunido suficiente información acerca del incidente y se ha clasificado su información en hechos y evidencias se procede de manera general como sigue:

1.0 Eventos y Causas apoyadas por hechos.- Determinar los eventos y causas de falla (Factores Causales) que estén apoyados por hechos, y clasificarlos según el tipo de fuentes; fallas de operación, fallas en la atención a la emergencia y fallas administrativas.

2.0 Construcción del diagrama preliminar MORT.- Este diagrama proporcionará un mapa para dirigir la investigación e indicará donde se necesitan más evidencias, entrevistas, documentos, análisis y pruebas.

Se realiza un recorrido por el mapa para cada uno de los factores causales.

Aquellos eventos y causas que no estén apoyadas por hechos requerirán una investigación más intensa y habilidad de análisis por parte del equipo investigador. En otras palabras, se requerirá de mas entrevistas, testigos, registros y más análisis de las evidencias encontradas. El equipo investigador debe juzgar las evidencias como válidas y lógicas. Para las evidencias juzgadas como válidas y lógicas el equipo investigador debe entonces acordar una hipótesis para el evento y sus causas. Por supuesto no se deben generar hipótesis para evidencias juzgadas como falsas. Para juzgar las evidencias sin hechos y construir hipótesis, se requiere que cada miembro del equipo investigador contribuya lo más posible.

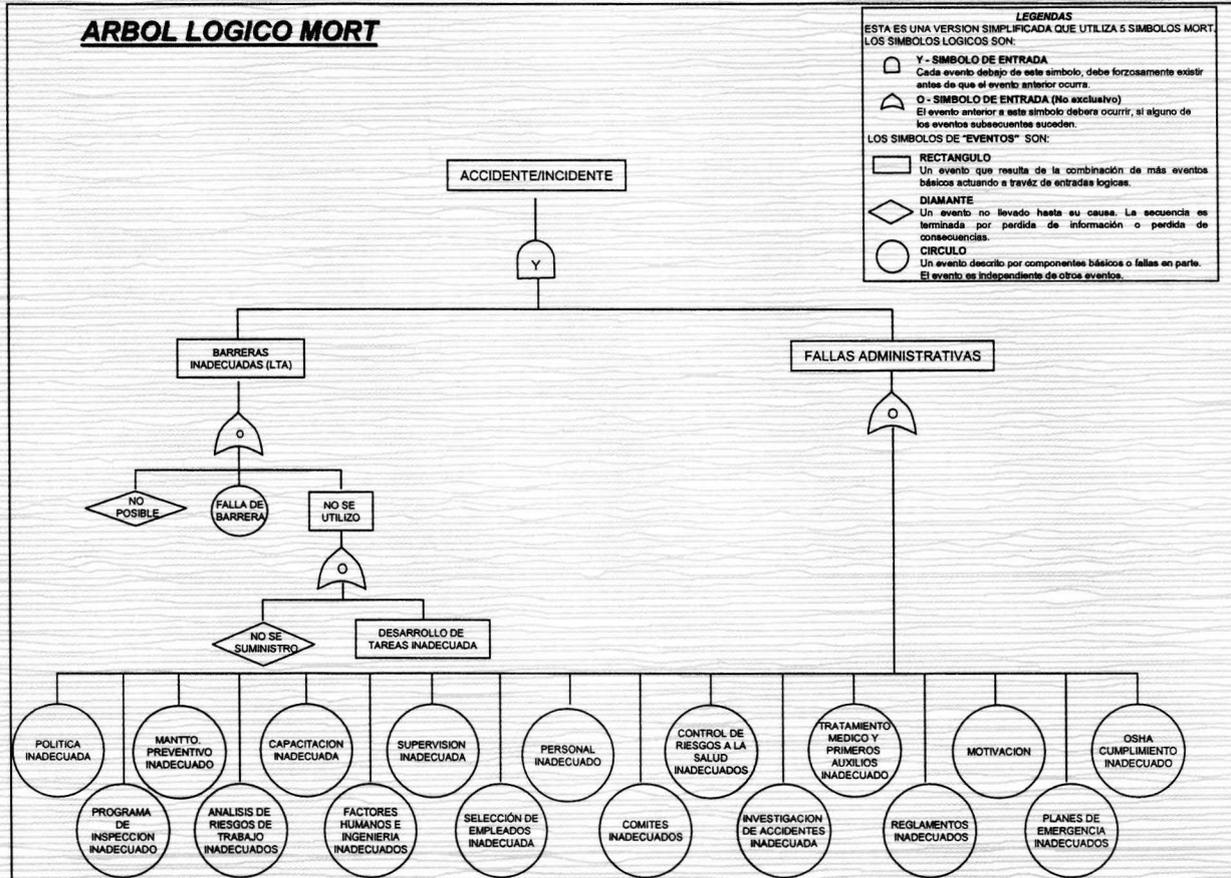
3.0 Determinación de las Causas Raíces.- Son la base para la construcción del diagrama final de MORT.

4.0 Construcción del Diagrama final MORT. Este será la fotografía de todos los eventos y causas del incidente dentro del sistema de trabajo.

5 Determinación de las Acciones Correctivas.- De acuerdo al diagrama MORT, se deberán emitir las acciones correctivas tanto operativas, de control de la emergencia y administrativas necesarias para evitar la repetición de este tipo de incidente.

Como se mencionó anteriormente la técnica MORT se acompaña de una lista de preguntas del diagrama de factores causales la cual da una orientación para su elaboración.

Fig. 2 Árbol Lógico MORT simplificado para analizar las fallas en los sistemas de gestión. (1984)



PREGUNTAS PARA EL ANALISIS DE ACCIDENTES**Preguntas Fundamentales**

- ¿Qué sucedió?
- ¿Por qué?
- ¿Cuales fueron las pérdidas?

Barreras

• ¿Hubo barreras adecuadas para evitar la transferencia de energía indeseada?

• ¿Cuales fueron específicamente las barreras?

Ninguna Posibilidad.

• La cúpula administrativa debe asumir el riesgo del diseño, en el cual no existan barreras para evitar la transferencia de energía indeseada.

Falla en las barreras

¿La barrera fue capaz de prevenir la transferencia de energía conforme a diseño?.

No se utilizó

¿Se usarán las barreras?

a) NO se suministraron:

¿Existió suministro de barreras donde era posible? (la cúpula administrativa debe asumir el riesgo por falla en las barreras suministradas)

b) Error en la ejecución de la tarea.

¿Se utilizaron adecuadamente las barreras para evitar la transferencia de energía indeseada?

Sistema Administrativo Inadecuado

• ¿Fueron todos los factores del sistema administrativo necesarios, suficientes y organizados de tal manera que garantizaran que el programa completo sería efectivo?

Política Inadecuada

• ¿Había una política escrita y actualizada con el suficiente alcance para conducir y encontrar muy probablemente los problemas mayores?

• ¿Pudo ser implementada sin conflicto?

Inspección Inadecuada

• ¿Existió una inspección adecuada de equipo, procesos, operaciones, servicios, etc?

• ¿El plan y su ejecución fueron inadecuados?

• ¿Se encuentran los inspectores capacitados en el reconocimiento de riesgos?

Mantenimiento Preventivo

• ¿Existió mantenimiento preventivo del equipo, procesos, servicios, operaciones, etc?

Análisis de Riesgos de trabajo

• ¿El trabajo fue analizado?

• ¿Identificó el análisis los riesgos y procedimientos apropiados de trabajo seguro?

Capacitación

• ¿Fue el empleado adecuadamente capacitado en los procedimientos de trabajo seguro e identificación de riesgos?

• ¿Fue el supervisor capacitado adecuadamente?

• ¿Fueron los inspectores capacitados adecuadamente?

Factores Humanos e Ingeniería

• ¿Hubo consideraciones en el diseño, planeación y procedimientos para la interacción de las características humanas con las de maquinaria y medio ambiente?

Supervisión

• ¿Fue la supervisión en el sitio de trabajo adecuada?

• ¿Estaban los servicios suficientes y necesarios para ayuda y eran adecuados?

Selección de Personal

• ¿Fueron los métodos de la selección del personal y colocación los adecuados?

• ¿Fueron los requerimientos de trabajo relacionados con seguridad adecuadamente definidos para seleccionar y colocar a los individuos calificados adecuadamente?

Personal

• ¿Tuvo el personal de seguridad el status organizacional apropiado, y son educados, experimentados y promotores?

Comités

• ¿Fueron los comités utilizados para mejorar el entendimiento de la seguridad y las actitudes?

• ¿Tuvieron estos grupos, una acción positiva orientada hacia problemas de la vida real?

Control de Riesgos a la Salud

• ¿Estaba la gente y los objetos libres de estrés físico causado por riesgos a la salud?

Investigación de Accidentes

• ¿Fue el programa de investigación de accidentes inadecuado?

• ¿Han ocurrido accidentes similares los cuales no fueron apropiadamente analizados para definir sus causas y las acciones correctivas adecuadas?

Tratamiento Médico y Primeros Auxilios

• ¿Fue el programa médico adecuado para detectar cualquier impedimento físico de los empleados?

• ¿Fueron los primeros auxilios suministrados oportunamente para controlar la severidad de las lesión(es)?

Reglamentos

• ¿Fueron las reglas de seguridad publicadas y reforzadas enfatizando el origen de los accidentes?

Motivación del empleado

• ¿Fue la motivación, participación y aceptación del empleado adecuada?

Planes de Emergencia

• ¿Hubo las acciones de emergencia adecuadas para evitar que un segundo accidente ocurriera?

• ¿Fue el plan diseñado y ejecutado apropiadamente?

OSHA

• ¿Hubo procedimientos escritos que aseguraran el cumplimiento con los requerimientos de la OSHA que apliquen?

4.2 EJEMPLO DE APLICACIÓN.

INCENDIO OCURRIDO EL 6 DE JULIO DE 1988 EN LA PLATAFORMA PETROLERA PIPER ALPHA EN EL MAR DEL NORTE.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE.

El 6 de julio de 1988, aproximadamente a las 10:00 PM, se presentó una fuga de gas en la plataforma petrolera Piper Alpha la cual causo una explosión e incendio de petróleo de grandes magnitudes. El calor generado provocó la fractura de un gasoducto aledaño generándose otra explosión de gas lo que consumió la plataforma en 22 minutos aproximadamente. 167 personas murieron y 62 sobrevivieron.

HECHOS EN TORNO AL ACCIDENTE.

El incidente inicial resulto al arrancar una bomba de extracción (bomba A) de condensados que se encontraba fuera de operación debido a un mantenimiento programado que se requería realizar en una válvula de relevo de presión en la misma bomba. Las reparaciones aún no habían comenzado por lo que el personal operativo creyó seguro operar la bomba a pesar del permiso de trabajo emitido para revisar la válvula de relevo, el cual nunca fue revisado y autorizado por personal de proceso responsable.

El equipo encargado de llevar a cabo el mantenimiento planeo reemplazar la válvula hasta el día siguiente retirándola y colocando un collarín en la tubería, lo que nunca se informo al supervisor de proceso en cuarto de control. Cuando la bomba A se arrancó debido a una falla de la bomba en paralelo "B", el condensado se escapo e incendió provocando una explosión en el oleoducto adjunto, matando inmediatamente a 2 personas y dañando además la principal fuente de energía eléctrica.

Las paredes contra fuego no eran a prueba de explosión, los equipos que manejaban petróleo pesado fueron dañados lo que provoco un incendio mayor de petróleo. Durante esta etapa, 2 torres de perforación alimentaban petróleo y gas a la plataforma Piper Alpha lo que contribuyo a mantener el incendio. El incendio de petróleo fracturó el gasoducto adjunto a la tubería de petróleo por lo que se genero una segunda explosión de gas. Cuando se modificaron las instalaciones para incluir la extracción de gas nunca se instalaron paredes contrafuego a prueba de explosión entre el oleoducto y gasoducto, este último recién instalado.

El sistema automático contra incendios se encontraba en operación MANUAL cuando ocurrió el accidente, lo que podría haber prevenido la pérdida catastrófica que sufrió la plataforma. Esto se hacía por que se tomo la decisión de proteger a los buzos en las tomas de las bombas de agua cuando estos se encontrarán cerca, sin embargo, el sistema se encontraba en manual todo el tiempo que los buzos permanecían en el agua. Esta instrucción debía seguirse siempre y cuando los buzos trabajarán cerca de las tomas de agua de las bombas (esta instrucción se había dado hace 5 años aprox.), y no durante todo el tiempo (12 horas) que permanecían sumergidos.

La falta de comunicación Inter. plataformas permitió a las otras dos (Claymore y Tartan) continuar suministrando petróleo y gas a la Piper Alpha. El suministro de estos productos fue cortado 1 hora después de la fractura y explosión del gasoducto.

Otros factores que contribuyeron a esta tragedia fue el hecho de que no hubo un adiestramiento adecuado; la capacitación y los procedimientos de seguridad estuvieron ausentes ya que había demasiado personal nuevo en la plataforma, los cuales no estaban familiarizados con las instalaciones; no habían recibido entrenamiento de emergencia ni habían participado aún en un ejercicio de evacuación total (desde hacía más de 3 años no se había llevado a cabo un ejercicio de esta índole). Esta situación no fue detectada puesto que no se desarrollaban auditorias de seguridad a la plataforma con cierta regularidad.

Los mayores decesos resultaron por el CO y humo tóxico que entro al modulo habitacional donde el personal tomo la decisión de concentrarse y esperar un rescate aéreo. El modulo habitacional fue elegido por la mayoría del personal en la plataforma como el lugar más seguro mientras aguardaban ser rescatados dada la "separación" del área de proceso, sin embargo, esta zona no era a prueba de humo y gases tóxicos por lo que el personal murió.

RESUMEN DE EVENTOS:

- El diseño de la Piper Alpha fue modificado para incluir la extracción de gas (Nunca hubo un análisis de riesgo preliminar (PHA) de esta modificación).
- Se lleno el Permiso de Trabajo para una reparación general rutinaria de la bomba de extracción A.
- La bomba A fue puesta fuera de servicio para dar mantenimiento a una válvula de relevo de presión.
- La válvula de relevo de presión fue removida y la tubería abierta fue sellada temporalmente con un collarín.
- El personal a cargo llevó el permiso de trabajo a la sala de control, lo firmó y autorizó el mismo y no le informó al supervisor el estado real del equipo.
- El supervisor de proceso era el responsable de revisar y autorizar los Permisos de Trabajo relacionados con los equipos conforme lo señala el procedimiento de trabajo seguro, situación que nunca se realizaba con frecuencia.
- Las bombas diesel del sistema de extinción de incendios se pusieron en MANUAL debido a que los buzos trabajaban en los alrededores.

- La bomba B se detuvo y el personal trato de arrancarla nuevamente.
- Se arranco la bomba A (puesta fuera de servicio).
- Como resultado de la explosión de gas las paredes a prueba de fuego al lado de la zona de separación de crudo se abrieron provocando un incendio enorme.
- La sala de radio transmisión tuvo que ser abandonada.
- Más de 100 trabajadores se dirigieron hacia el modulo habitacional a la espera de ser rescatados.
- Las torres Claymore y Tartan continuaron enviando petróleo aumentando la presión en el oleoducto de la Piper Alpha.
- Los gasoductos de un metro de diámetro se fracturaron debido a las altas temperaturas originadas en los oleoductos destruidos, causando una gran explosión. El personal de las plataformas vecinas no hizo nada.
- La embarcación de emergencia Faros intentó el rescate pero el sistema contra incendios se atasco.

CONCLUSIONES.

Un **plan de emergencia** bien estructurado que incorporará el sistema de comandos para accidentes con simulacros frecuentes y que fuera claramente comprendido por todo el personal, pudo haber cambiado el resultado de este desastre significativamente. Simulacros regulares de emergencia y evacuaciones podrían haber identificado y corregido las deficiencias tanto en el plan de emergencia de la Piper Alpha como en el de las plataformas vecinas, incluyendo:

- La lentitud de la plataforma extensible del buque de seguridad Faros.
- La ausencia de rutas alternativas en caso de incendio.
- La falta de un procedimiento de desactivación del bombeo de las torres vecinas.
- La ausencia de una sala de control alternativa en caso de pérdida de la misma tal y como sucedió en la sala de radio transmisión de la Piper Alpha.

El **entrenamiento** frecuente se puede realizar ya sea en el salón de clases o a través de una computadora, durante la práctica o como parte del entrenamiento de trabajo. Los simulacros también proveen entrenamiento.

Un entrenamiento de seguridad bien implementado cubre áreas tales como:

- Sistema de permisos de trabajo.
- Planes de emergencia y desastres.
- Cambios dentro de los procesos normales de producción.
- Análisis de riesgos operacionales.
- Cargos, responsabilidades y líneas de autoridad bien establecidas.

El personal a bordo de la plataforma Piper Alpha recibió un entrenamiento de seguridad mínimo por que el mismo no se concebía como parte integral del proceso de producción. Es posible que con un entrenamiento bien definido, muchos más trabajadores podrían haberse salvado a pesar de los errores de diseño, prácticas inusuales y equipo deficiente.

El sistema de **permisos de trabajo** es la piedra angular de un programa de seguridad eficaz. Los permisos de trabajo hacen entrar en juego la pre-planeación, los análisis de riesgos y enumeran las prácticas seguras de trabajo. Desafortunadamente, el sistema de permisos de trabajo de la Piper Alpha llevaba meses de no funcionar adecuadamente.

Las **auditorías rutinarias** hubieran mostrado la falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y producción. Si esta falta de comunicación se hubiera corregido a tiempo, se habría asegurado el que todos siguieran los procedimientos seguros de mantenimiento como los reportes de trabajo.

El control de los mantenimientos ya sea de un mismo equipo o sistema, deberían haber sido archivados conjuntamente y revisados cuidadosamente.

Si estos dos últimos puntos se hubieran aplicados estrictamente los siguientes problemas habrían sido identificados:

- La pérdida de los permisos de trabajo o una manera inadecuada de archivarlos.
- La pérdida de los informes de trabajo que hubieran asegurado una comunicación inadecuada.
- El entrenamiento inadecuado del personal.
- El restarle importancia a los permisos de trabajo y a la seguridad en general.
- La falta de comunicación entre las personas que toman las decisiones.

ELEMENTOS DE UN PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD.

- Un plan de emergencia bien estructurado que incorpore el sistema de comandos para accidentes con posiciones bien definidas, responsabilidades y líneas de autoridad.
- Simulacros de emergencia y ejercicios de evacuación rutinarios junto con reuniones en las cuales se planteen diferentes situaciones previstas e imprevistas.
- Una póliza que considere el peligro de colocar el sistema diesel de control de incendios en operación MANUAL durante largos periodos de tiempo, sin contar con un plan alternativo de acción.

- Líneas claras de comunicación y líneas de autoridad bien definidas.
- Análisis de riesgos operacionales.
- Manejo de los procedimientos de cambio que considere todos los cambios de diseño, los procedimientos normales de producción, el equipo y las operaciones.
- Un sistema de permisos de trabajo rigurosamente aplicado.
- Procedimientos de desactivación bien documentados y fáciles de comprender.
- Sala alternativa de control en caso de emergencia.
- Entrenamiento rutinario del personal.
- Un control a distancia que permita cambiar el sistema de extinción de incendios a AUTOMATICO.

Análisis Factores Causales

Factor Causal	Ruta MORT	Acciones Correctivas / Preventivas
<p>1. El personal encargado del mantenimiento a la válvula de relevo de presión no informó al supervisor de proceso el status de la bomba, autorizó el Permiso de Trabajo y lo dejó en el tablero de permisos.</p> <p>El personal a cargo requería de la autorización del supervisor de proceso para ejecutar el trabajo en la bomba de extracción "A", así lo marcan los procedimientos de Permisos de Trabajo.</p>	<p>Administrativa</p> <p>- Factores Humanos e Ingeniería.</p> <p>Existió falta de consideraciones para la interacción de características humanas con la maquinaria. Desafortunadamente, el sistema de permisos de trabajo en la Piper Alpha llevaba meses de no funcionar adecuadamente.</p> <p>Administrativa</p> <p>- Análisis de Riesgos de Trabajo.</p> <p>El análisis de la ejecución del trabajo no identifico los riesgos asociados en caso de detenerse o fallar la bomba en paralelo. No se desenergizo la bomban "A" como parte del procedimiento de Permisos de Trabajo.</p> <p>Inspección Inadecuada</p> <p>No había con frecuencia auditorias rutinarias con las cuales identificar la falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y el personal de producción al revisar los Permisos de Trabajo.</p>	

Cont...

Factor Causal	Ruta MORT	Acciones Correctivas / Preventivas
<p>2. Gasoducto instalado cerca del oleoducto sin protección.</p> <p>La plataforma Piper Alpha fue modificada para la extracción de Gas Natural cuyo gasoducto fue instalado cerca del oleoducto.</p>	<p>Administrativa</p> <p>- Factores Humanos e Ingeniería.</p> <p>No hubo consideraciones en el diseño para la interacción de las características humanas con las de maquinaria y equipo.</p> <p>Ningún análisis de riesgo fue realizado cuando se hicieron estas modificaciones.</p> <p>Administrativa</p> <p>Barreras Inadecuadas.</p> <p>- No se utilizaron.</p> <p>- No se suministraron</p> <p>Nunca se instalaron paredes contra fuego a prueba de explosión derivado de un análisis de riesgo preliminar (PHA).</p>	
<p>3. Bombas diesel contra incendio en operación MANUAL.</p> <p>Mientras los buzos trabajaban en los alrededores de las bombas succionadoras de agua de mar, el procedimiento normal de operación requería que las bombas de extinción de incendios se colocarán en operación manual.</p>	<p>Operativa</p> <p>- Falla en la Barreras.</p> <p>La barrera no fue capaz de prevenir la transferencia de energía contra diseño.</p> <p>Las bombas en la plataforma eran rutinariamente cambiadas de la operación AUTOMATICA a MANUAL durante largos períodos de tiempo, sin tener en cuenta la localización de los buzos.</p>	

Factor Causal	Ruta MORT	Acciones Correctivas / Preventivas
3. cont....	<p>Administrativa</p> <p>- Inspección Inadecuada de operaciones.</p> <p>Muy pocas auditorias y revisiones para prevenir prácticas inseguras tal como dejar las bombas extintoras de incendios en operación MANUAL durante largos periodos de tiempo, sin contar con un sistema adicional de prevención.</p>	
4. El sistema de extracción de gas fue construido cerca del cuarto de control.	<p>Administrativa</p> <p>- Factores Humanos e Ingeniería.</p> <p>No hubo consideraciones en el diseño para la interacción de las características humanas con las de maquinaria y medio ambiente.</p> <p>Cuando la torre Piper Alpha fue modificada para la extracción de gas natural, el equipo de extracción de gas fue construido cerca de la sala de control poniendo en peligro al personal.</p> <p>Administrativa</p> <p>-Inspección inadecuada de Procesos y Equipos.</p> <p>No se aplico un procedimiento de modificación a instalaciones el cual exige una revisión completa de todos los cambios al proceso y de esta manera revelar problemas potencialmente peligrosos.</p>	

Factor Causal	Ruta MORT	Acciones Correctivas / Preventivas
<p data-bbox="248 222 661 263">5. No hubo comunicación Inter plataformas para cortar suministro de productos.</p> <p data-bbox="248 290 661 420">Los encargados de las plataformas nunca acordaron claramente un plan de emergencia entre ellas, con la autoridad suficiente para tomar decisiones al declarase la emergencia en las plataformas vecinas se hubiera desactivado la transferencia de petróleo.</p>	<p data-bbox="672 222 807 241">Administrativa</p> <p data-bbox="672 268 1007 309">Planes de emergencia -Acciones de emergencia inadecuadas.</p> <p data-bbox="672 336 1084 441">Reuniones regulares y simulacros de emergencia hubieran mostrado la necesidad de mejorar las comunicaciones entre el personal de la Piper Alpha, el de las plataformas vecinas y el personal directivo en tierra firme.</p>	

SI-01/03

REPORTE DE ACCIDENTE

TITULO: Incendio en plataforma petrolera Piper Alpha.
FECHA / HORA: 6 de julio de 1988 / 10:00 PM.
ZONA / AREA: Plataforma Piper Alpha / Area Condensados.
LESIONES / DAÑOS: 167 decesos / Destrucción de Plataforma.
FECHA DEL REPORTE: 6 de agosto de 1988.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:

El 6 de julio de 1988, aproximadamente a las 10:00 PM, se presentó una fuga de gas en la plataforma petrolera Piper Alpha la cual causó una explosión e incendio de petróleo de grandes magnitudes. El calor generado provocó la fractura de un gasoducto aledaño generándose otra explosión de gas lo que consumió la plataforma en 22 minutos aproximadamente. 167 personas murieron y 62 sobrevivieron.

Factores Causales:	Recomendaciones	Responsable	Fecha de cumplimiento
1. Ver analisis	IDEM análisis		
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Elaboro:

Reviso:

Reviso:

Autorizo:

Gcia. de Seguridad

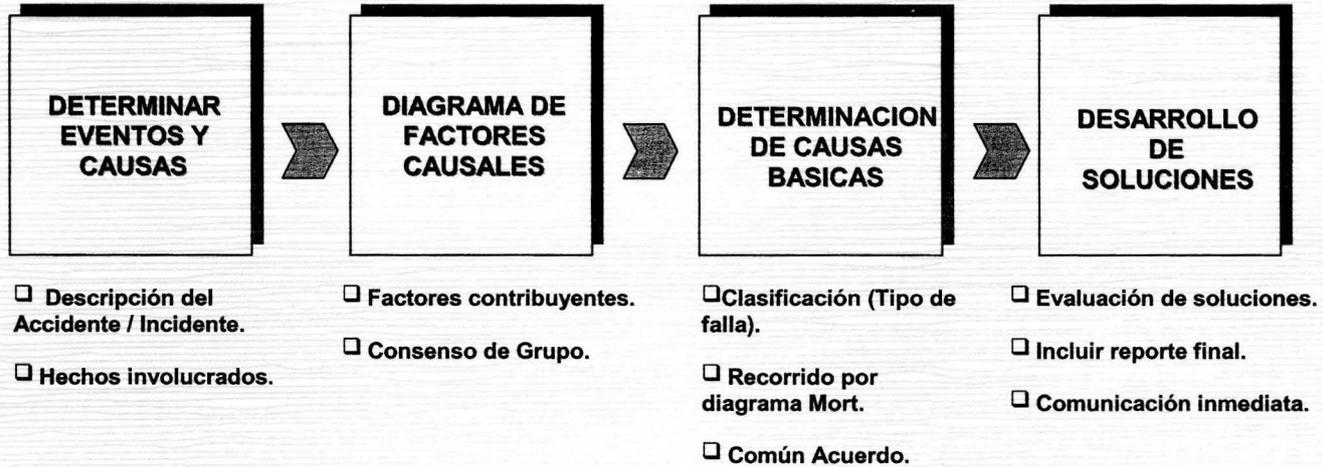
Gcia. Planta

Gcia Mantto.

Dirección de Producción.

4.3 RESUMEN.

METODOLOGIA MORT



CAPITULO V

ANALISIS DE CAUSAS BASICAS APOLO

(ROOT CAUSE ANALYSIS)

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

ANALISIS DE CAUSAS BASICAS METODOLOGÍA APOLO

5.0 GENERALIDADES.

El método RCA Apolo proporciona simples herramientas y el conocimiento necesario para encontrar soluciones efectivas. En cada esfuerzo humano la habilidad para resolver problemas efectivamente es fundamental para que se tenga éxito. En esta metodología lo que se pretende no es perseguir la causa básica o raíz; más bien se busca encontrar las soluciones efectivas que evitan las recurrencias que están dentro de nuestro control, mismas que no están necesariamente al final de una cadena de causas. Ellas se pueden encontrar en cualquier lugar pero deben estar conectadas por evidencias basadas en **causas** y **consecuencias** del problema.

La solución de problemas generalmente es entendida como vencer algún tipo de dificultad, sin embargo, esto realmente es controlar las causas. La mejor solución en muchas ocasiones resulta ser la que no se ve. Muchas de las soluciones efectivas están esperando ser reveladas dentro de un conjunto infinito de causas.

Existen muchos problemas y muchas maneras de solucionarlos. La mayoría de las veces resolvemos problemas siguiendo las reglas establecidas. Desgraciadamente, la mayoría de las situaciones son imprevistas y muy pocas veces siguen las reglas. La metodología Apolo trata problemas **basados en hechos** los cuales ocurren por la interacción de condiciones y sucesos en un lugar y momento determinado. En los problemas basados en reglas solo una solución es estipulada de antemano, por ejemplo:

- $2 + 2 = 4$,
- Si pasamos una luz roja con nuestro automóvil nos multarán, etc.

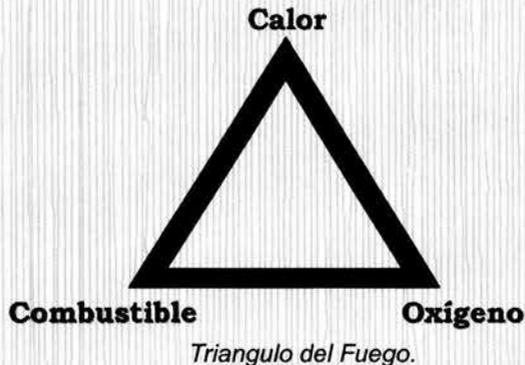
En el mundo de eventos de lo que podemos estar seguros es del principio de “**Causa y Efecto**”. Causa y efecto es un mismo concepto pero desde diferentes perspectivas. Cuando definimos un problema y empezamos a buscar sus causas nos preguntamos por que ocurre ese efecto y respondemos con una causa. Las causas se convierten en efectos y si continuamos preguntando el por qué, la cadena de causa y efecto es establecida. El punto en el cual empezamos a preguntar el ¿Por qué?, es llamado efecto primario y es determinado por nuestra perspectiva del problema.

Por ejemplo: si una herida es causada por una caída y la caída es causada por un suelo mojado y el suelo mojado es causado por la fuga en una válvula, que es causada a su vez por un mantenimiento inadecuado; entonces optaríamos por mejorar nuestras practicas de mantenimiento para evitar futuras caídas. En este evento hemos identificado el problema como una herida (efecto primario), algunas relaciones de causa y efecto y una solución que está vinculada a una de las causas (causa básica) que evita la repetición del accidente.

Sin embargo hay algo más que esta simple relación. Se puede observar que para analizar la situación se ha comenzado con la herida como el efecto primario. Ahora bien, si fuera el encargado de mantenimiento quien evalúa podría haber empezado con la fuga de la válvula y haberse preguntado en qué practicas de mantenimiento se falló. Haciendo eso se comenzó en un punto distinto de la cadena de causa y efecto sin que el problema fuera menos importante que la herida. Si fuera la persona lastimada empezaría preguntando probablemente “¿por qué me duele el tobillo?”. El lugar en dónde se inicia el análisis no es importante pues siempre empezamos en el medio de una interminable serie de causas. Dependiendo de nuestro punto de vista, definimos nuestro propio punto de partida e identificamos nuestra propia serie de causas basadas en nuestra experiencia.

Aunque éste ejemplo es útil para empezar a comprender el concepto de la cadena de causa-efecto, este es aún más complejo. El principio de causa y efecto establece un mínimo de **dos causas** en cada **efecto**: una acción o condición.

Por ejemplo: si tenemos fuego tenemos tres condiciones y una acción. Las condiciones son: presencia de combustible, oxígeno y una fuente de ignición. La acción es lo que permite que las tres condiciones juntas provoquen el fuego.



Ya que puede haber dos o más respuestas a cada "¿por qué?", uno se da cuenta pronto que la cadena es mucho más que una sola serie de causas. Esto puede crecer exponencialmente resultando en una infinita serie de causas.

Inmediatamente nos podemos sentir abrumados con tal cantidad de causas y pensar que su descubrimiento se convierte en un hecho aparentemente inútil. Sin embargo, después de un estudio más amplio vemos que esta infinita serie de causas nos permite conocer el porqué pueden haber muchas soluciones diferentes para un problema.

Como cada causa en la cadena de causa-efecto representa una oportunidad para encontrar soluciones, la puerta a la innovación ha sido abierta de par en par. Con esta nueva comprensión podemos concentrarnos en acciones y condiciones cuando preguntamos el "¿por qué?". De esta manera encontrando las causas que podemos controlar evitaremos que los problemas reincidan.

De hecho, controlar las causas es lo que los seres humanos hacemos. En palabras de J.F. Kennedy: "las cosas no pasan, las hacemos pasar", la relación de causa-efecto lo gobierna todo y como tal es el camino de la resolución creativa de problemas.

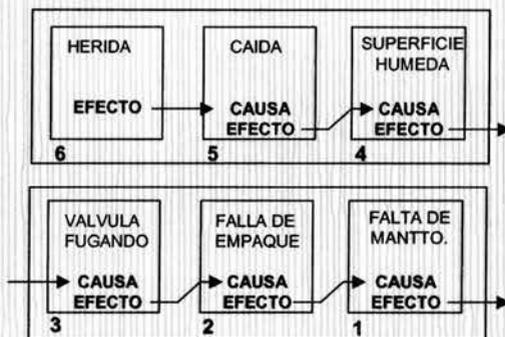
5.1 PRINCIPIO DE CAUSA Y EFECTO.

El principio de Causa y Efecto presenta cuatro características fundamentales:

- 1.0 Causa y Efecto son la misma cosa.
- 2.0 Causas y Efectos son parte de una continuidad infinita.
- 3.0 Cada efecto tiene por lo menos dos causas en la forma de acciones y condiciones.
- 4.0 Un efecto existe solamente si sus causas existen en el mismo punto en tiempo y espacio.

1.0 Causa y Efecto son la misma cosa.

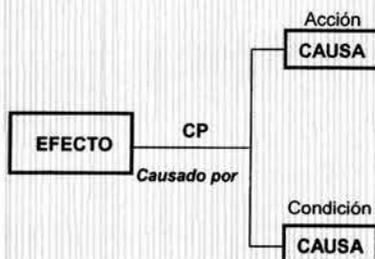
- Un **Efecto** es la consecuencia de una causa.
- Cuando nos preguntamos el por qué de una **Causa** esto llega a ser un **Efecto**.
- La perspectiva determina el punto de inicio.



2.0 Causas y Efectos son un infinito continuo.

- No importa donde iniciemos a preguntarnos ¿Por qué?, ya que siempre estaremos en medio de una cadena de causas.
- Las causas son como las piezas de un rompecabezas:
 - Se conectan de varias maneras.
 - Son parte de una figura más grande.
 - Entre más conectemos más clara es la figura.
 - Individualmente pueden ser el principio del final.
- El primer efecto que nosotros escogimos para empezar es el efecto primario.
- La frase “Causado por (CP)” es la clave para conectar las causas.

3.0 Cada efecto tiene al menos dos causas en la forma de acciones y condiciones.

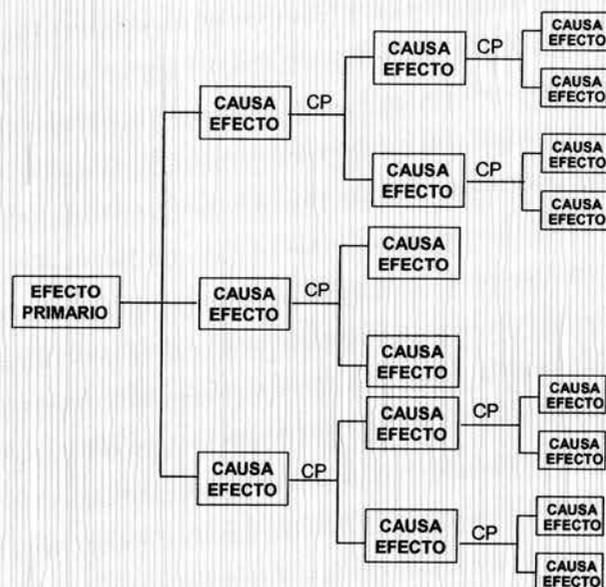


CP = Causado Por

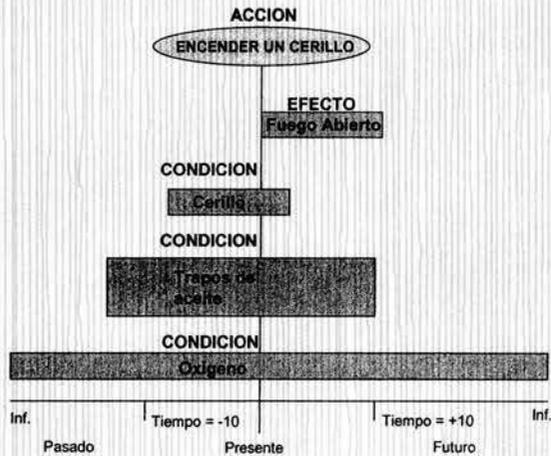
- Todo lo que sucede es un conjunto de causas en movimiento.
- Cada vez que nos preguntamos ¿Por qué?, se buscan las acciones y condiciones para identificar las causas.



- Conjunto infinito de Causas.



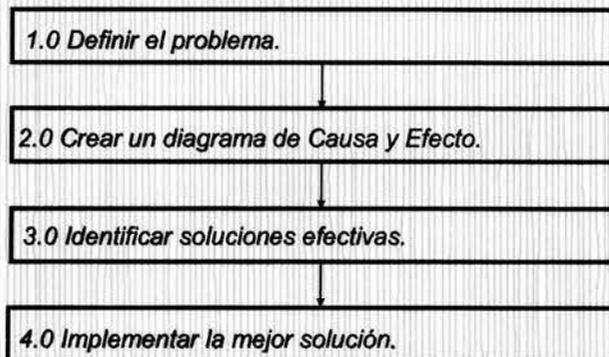
4.0 Un efecto existe solamente si sus causas existen en el mismo punto en tiempo y espacio.



- Las Causas de cualquier efecto deben existir al mismo tiempo y lugar antes de que pueda existir el efecto.

5.2 PROCEDIMIENTO.

El proceso de Análisis de Causas Básicas Apolo (RCA) consta de cuatro pasos fundamentales, los cuales se presentan a continuación:



1.0 Definir el Problema.

Dentro de la definición del problema se realizan las siguientes preguntas:

- ¿QUÉ? – ¿Cual es el problema?
- ¿CUÁNDO? - ¿Cuándo sucedió?
- ¿DÓNDE? - ¿Dónde sucedió?
- **IMPACTO** - ¿Cuál es el impacto?

El Qué: es el problema ("efecto primario") que se quiere prevenir para que no ocurra, por lo que se tendrá que tomar en consideración:

- No estancar el proceso tratando de escoger el problema "**correcto**", ya que esto es a menudo el síntoma o indicador de un problema.

Características del efecto primario:

- Frecuentemente puede haber más de uno para un evento dado.
- Es el punto donde nosotros nos empezamos a preguntar "¿Por qué? ".
- Este no es conocido por todo mundo ya que depende de cada perspectiva individual.
- Tan pronto se empieza a entender como las piezas del rompecabezas de causas se ensamblan juntas, se va a percibir uno solo de muchos efectos primarios.
- Si se escoge cambiar a otro punto de vista simplemente se crea otro efecto primario.

Por ejemplo: **QUE:** Falla de equipos, pérdidas de producción, retrasos de trabajos.

QUE: Perdida de ventas, pierna fracturada, etc.

El cuando: es anotar el tiempo actual del problema, es decir, fecha, hora, así como el tiempo relativo o status. Esto quiere decir ¿qué es lo que estaba sucediendo cuando este evento en particular ocurrió?. Por ejemplo:

- ¿Fue esto cerca del cambio de turno?
- ¿Fue ésta la primera vez que este equipo se había utilizado?
- ¿Cuál era el status del sistema?
- ¿Sucedió durante el arranque inicial?
- ¿Estaba lloviendo?

A veces es importante ser muy preciso en la secuencia del tiempo; la naturaleza del problema en particular nos indicará el detalle requerido.

Por ejemplo:

CUANDO: Mayo 28 de 1997 a las 16:10 Hrs. Regresando de la estación de carga después de la prueba de rutina con abundantes lluvias y ráfagas de viento de 50 kph.

En Donde: se anota la localización específica del problema que incluya suficiente información para quien lo lea o transmita en el futuro y sea entendible. Esto puede ser la identificación de un trabajo de proceso, un proceso de manufactura, una planta de operaciones o inclusive una pieza de equipo.

Por ejemplo:

DONDE: Región este – Área de instrumentación – nave II – Gabinete 3.

DONDE: Centro de datos – Unidad auxiliar de enfriamiento –Piso 2.

El Impacto: este es muy importante por que nos lleva a cuestionar el porque se continua trabajando en este asunto, ya que nos ayuda a dar prioridades a los accidentes / incidentes que se pudieran presentar. En esta área es importante tener en cuenta que una cuestión aparentemente menor puede ser la de mayor impacto una vez

que se considere la frecuencia. Asuntos con un impacto no inmediato pero con serio potencial deberán ser identificados.

Esta sección deberá reflejar las metas totales de la organización y deberá ser medible dentro de lo posible.

El lenguaje usado es importante para definir minuciosamente la magnitud del evento, por lo que se requiere ser específico. El Impacto es también la mayor consideración para la determinación de lo extenso del análisis y las acciones correctivas. Después de completar la sección del Impacto en la Definición del Problema; el “**Que**” podría ser redefinido o refinado para un reflejo mas preciso del impacto en la organización o el grupo, por ejemplo:

IMPACTO:

Seguridad	: No heridas, potencial serio.
Ambiental	: Ninguna.
Producción	: Velocidad reducida 4 Hrs. A 30,000 lbs/hr= 120,000 lbs. Total \$220,000
Mantenimiento	: Materiales \$30,000, Mano de obra \$10,000
Frecuencia	: 2v en '98, 3v en '97

IMPACTO:

Servicio	: Orden 36 hrs. Tarde, perdidas, \$5,750
Satisfacc. Cliente	: 5.0 Rating, por el incidente casi se perdió el cliente.
Frecuencia	: Primera vez, el año pasado 2 veces estuvo cerca.

IMPACTO:

Salud	: Ninguna.
Entregas	: 250 hrs. mas @ \$50/hr = \$12,500
Tipo de diseño	: NA
Responsabilidad	: Impacto potencial.
Frecuencia	: 1v-2° trimestre, 1v-1trimestre, 4v en 97

2.0 Crear diagramas causa-efecto.

Este diagrama se muestra en la figura 2.



Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto Apolo.

La creación de un diagrama de Causa y Efecto es un proceso interactivo el cual es dictado por la naturaleza del problema, por lo que no puede ser perfilado en pasos específicos; sin embargo, se dan las guías para entender la construcción del diagrama.

Elementos de un diagrama de Causa y efecto Apolo.

- **Para cada efecto primario es necesario preguntarse el ¿Por qué?.**

Cuando se comienza generalmente existe más de un efecto primario, sin embargo cuando el diagrama de causa y efecto está terminado, generalmente queda solo un efecto primario. Es necesario escribir pocos efectos primarios y relacionar tantas causas como se puedan encontrar.

Entre más complicado es el evento, más grande es el parecido de los múltiples efectos primarios.

□ **Buscar causas en acciones y condiciones.**

En este apartado se resume lo siguiente:

- Tanto **Acciones y Condiciones** son Causas.
- Cada vez que se pregunta el **¿Por qué?**, se buscan acciones y condiciones.
- Una **acción** se combina con una **condición** para crear un **efecto**.
- Típicamente hay una **Acción** y varias **Condiciones**.
- Tendemos a ver **Acciones** e ignorar las **Condiciones**.
- Las mejores **Soluciones** seguidas van de **Condiciones**.
- Las **Acciones** usualmente involucran a personas.
- Echar la culpa enfocada a las **Acciones** de las personas raramente previene la recurrencia.
- Las **Condiciones** son usualmente más fáciles de controlar que las **Acciones**.
- Las **Acciones** pueden llegar a ser **Condiciones** y las **Condiciones** pueden llegar a ser **Acciones**.

□ **Relacionar las causas con Causado por (CP).**

¿Causado por? nos conduce a una respuesta más precisa ya que esto implica buscar una respuesta además, de que minimizará discusiones innecesarias incluyendo el

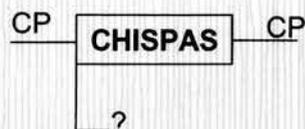
relato de la historia. Se debe permitir a la guía que tenemos del “**Impacto**” agregar muchos detalles.

Entre más trascendente sea el problema más grande es la necesidad de detalles para encontrar una solución efectiva, por ejemplo: si el efecto primario es único se puede escoger no tomar ninguna acción, pero si esto ha sucedido varias veces o el costo es alto, se necesita más que unas pocas causas.

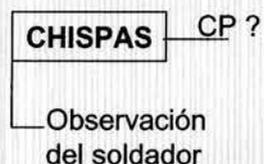
□ **Soportar las causas con evidencias o utilizar un signo de interrogación “?”.**

- Es necesario siempre proveer de evidencias o poner un signo de interrogación debajo de cada casilla de causas. La interrogación significa “desconocido” y se usa de tres maneras:

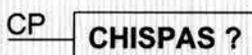
(1)



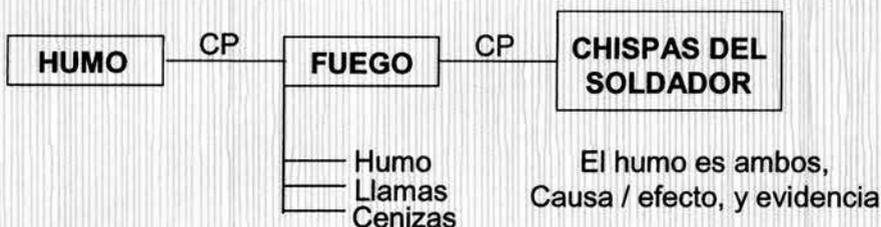
(2)



(3)



- La evidencia y causas seguidas son intercambiables.



- La evidencia siempre va junto con una causa y no se mueve linealmente a través del evento.

Evidencia: Datos que soportan una conclusión.

El ser humano concluye que algo existe por sus 5 sentidos, por deducción, intuición y sentimientos.

- Las evidencias **sensibles** son la mas alta calidad que podemos obtener.
- Las evidencias por **deducción** es la siguiente mas alta calidad.
- La **intuición** es subconscientemente una deducción.
- Los **sentimientos** y las **emociones** son por último los menos deseables.
- Es necesario encontrar una preponderancia de evidencia para cada causa.

TIPOS DE EVIDENCIA.

- **Evidencia sensible:** es directamente percibida por una persona mediante los 5 sentidos.

■ Vista, Audición, Gusto, Tacto, Olor.

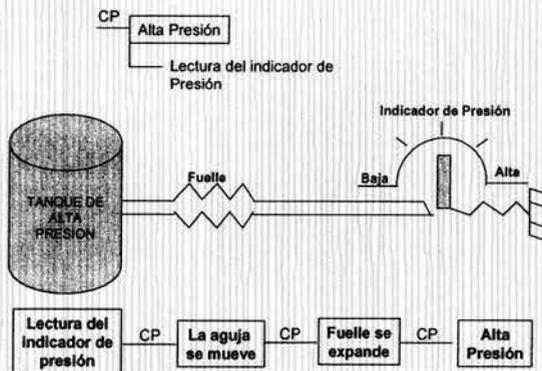
Ejemplo:

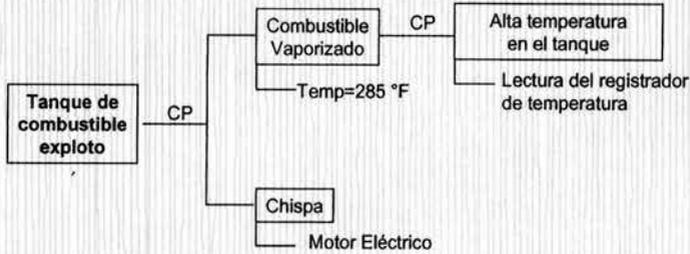


- **Evidencia por Deducción:** es conocida por sus relaciones de causa repetitiva.

Ejemplos: es sabido que la lectura de un Indicador de Presión o de un registrador de temperatura son evidencias valida de la alta presión o temperatura porque se conocemos las causas.

Ejemplo:



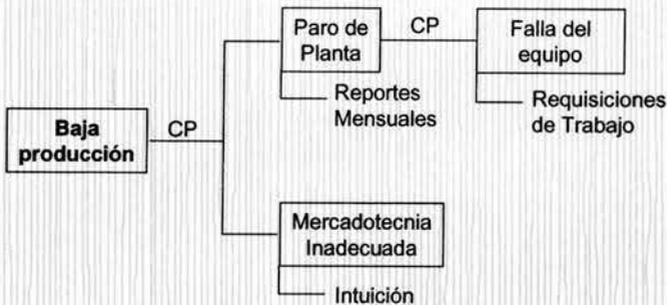


- La evidencia por Deducción deberá ser fácilmente verificable, si no es así, no deberá ser incluida en el diagrama de causa y efecto.

- **Evidencia por Intuición:** la Intuición también es deductiva, pero usa razones y sentimientos a nivel de subconsciente.

Pudiera ser imposible construir un diagrama de causa y efecto con evidencias intuitivas.

Ejemplo:

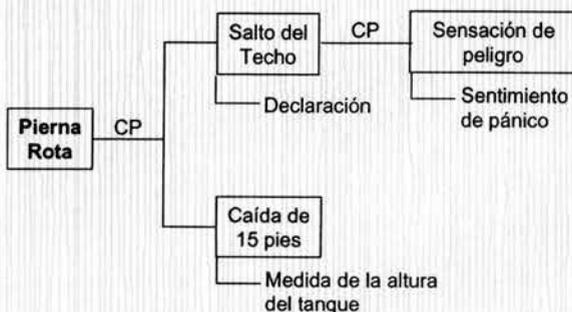


- **Evidencia Emocional:** los sentimientos y emociones no son una buena evidencia, sin embargo, no deberían ser ignoradas porque pueden ser muy reales.

Se puede imaginar un paseo en la montaña rusa; si es así, entonces se puede **sentir** aun cuando no se haya experimentado.

- Si se usa la intuición, suposiciones, sentimientos o emociones como evidencia, la causa es sospechosa y así será la efectividad de cualquier solución asociada con la causa.

Ejemplo:



3.0 Soluciones.

Una solución debe cumplir con los siguientes criterios:

□ **Debe prevenir la recurrencia.**

- Previenen o mitigan el problema.
- Previenen problemas similares.
- No crea problemas adicionales o situaciones inaceptables.

□ **La solución debe estar dentro de nuestro control.**

- El control puede ser de uno mismo, del departamento o la compañía.

- Los proveedores o los clientes.
- La naturaleza no está dentro de nuestro control.
- El facilitador raramente es dueño del problema.

□ **Es necesario conocer las metas y objetivos.**

- Las metas de toda la organización.
- Las metas de un departamento o grupo.
- Las metas individuales y los objetivos.
- Deben de proveer un valor razonable.

Aquí se hace referencia a la persona o personas responsables del éxito de la solución para prevenir la recurrencia. Es un problema común en muchas empresas que la falla de los empleados es no tener una clara comprensión de sus metas y objetivos.

4.0 Como encontrar soluciones efectivas.

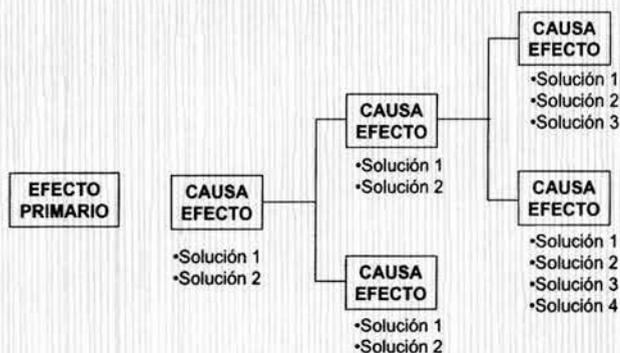
□ ***Poner en duda todas y cada una de las causas.***

- Comenzar con el lado derecho.
- Preguntarse que se puede hacer para cambiar, controlar o prevenir esta única causa.

□ ***Ofrecer posibles soluciones para cada causa.***

- El enfoque debe ser una causa a la vez. No se debe preocupar por resolver el problema entero.
- Es necesario ser creativo. No se debe juzgar a esto como "correcto" o "equivocado" en esta etapa.
- Ofrecer soluciones de control de causas específicas.

- **Evaluar Posibles soluciones usando el último criterio (anterior).**



Proceso de Soluciones.

5.2.1 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LAS SOLUCIONES CREATIVAS.

- **Satisfacción de los criterios.**

En el transcurso de la identificación de soluciones seguido hay soluciones que no reúnen los tres criterios pero proporcionan un valor. Se puede escoger que se implementen de todas maneras y esto está bien, sin embargo, se debe estar seguro de que se identifican por lo que ellas son.

- **Las soluciones deberán ser acciones específicas.**

No es efectivo atacar a problemas específicos con soluciones “no” específicas. Esto indica que el impacto no fue definido apropiadamente en la definición del problema.

No se deberán incluir soluciones que haya que llevar a cabo en el futuro tales como revisar, analizar o investigar. Esto es indicativo de un análisis incompleto del problema.

Si de todas maneras se elige hacerlo de esta forma, se debe poner estas soluciones por separado en otra línea de investigación.

□ **Busque las soluciones Sistémicas.**

Evita las soluciones que incluyan el prefijo – re -, por ejemplo reciclar.

□ **La solución pudiera ser que no haga nada.**

Esto ocurre cuando se encuentra que el conjunto de causas es único, al azar o que probablemente no se repita así mismo. Algunas veces no hay soluciones claras. Es necesario idear un plan que capture mas evidencias causales si esto sucede nuevamente, y se usen soluciones que mitigue las consecuencias.

□ **Ser Creativo.**

La creatividad requiere de la habilidad de escapar de los límites de nuestro propio sistema de creencias, por lo que es necesario cuestionar cada causa y pensar fuera de grupo.

□ **Perfección del pensamiento.**

- Descartar las nociones de una “respuesta correcta” o “ el sentido común”.
- Cuestionar la sabiduría convencional (esto seguido nos hace retroceder).
- Cuestionar las propias creencias con honesto reconocimiento de; como se sabe lo que se piensa que se sabe (comprendiendo la ignorancia se abre la puerta a un nuevo mundo de pensamiento creativo).
- Verificar las suposiciones.

- Decir “**No lo se**” y buscar en otro sitio.

- Empezar con una solución realmente “lejana” y trabajar con ella hasta que esta es manejable como “ Solo gente inteligente esta permitido que trabaje aqui”.

- **Utilizar los recursos disponibles.**

- Utilizar la sinergia de grupo.

- Solicitar a alguien fuera del grupo revise la evaluación propia escuchando atentamente a sus preguntas.

- **Utilizar el cerebro.**

- Dormir con el problema, el subconsciente trabaja bien durante la noche.

5.3 EJEMPLO DE APLICACIÓN.

En Octubre 28 de 1992, un contratista (compañía FCT) estaba realizando una inspección de la operación de un elevador (ELH-23) en TCH-3-675 cuando un destello ocurrió. El electricista de FTC necesitaba revisar el motor de la puerta y los interruptores de la parte superior del elevador requiriendo que el elevador permaneciera energizado durante el desarrollo de esta difícil actividad de mantenimiento. Mientras esto seguía su curso, un mensajero del correo central (CM-R3) apretó el botón de llamado del elevador en el primer piso, ignorando el letrero de fuera de servicio colocado sobre los botones. El electricista de FCT escuchó un “zumbido” y pudo alejarse de las partes en movimiento de la parte superior del elevador en el cual estaba trabajando, antes de que fuera herido. El contratista pudo tomar control desde la parte superior del elevador donde se encontraba, lo que le permitió pararlo y salir con seguridad. El fusible principal se quemó y el elevador quedó fuera de servicio.

I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

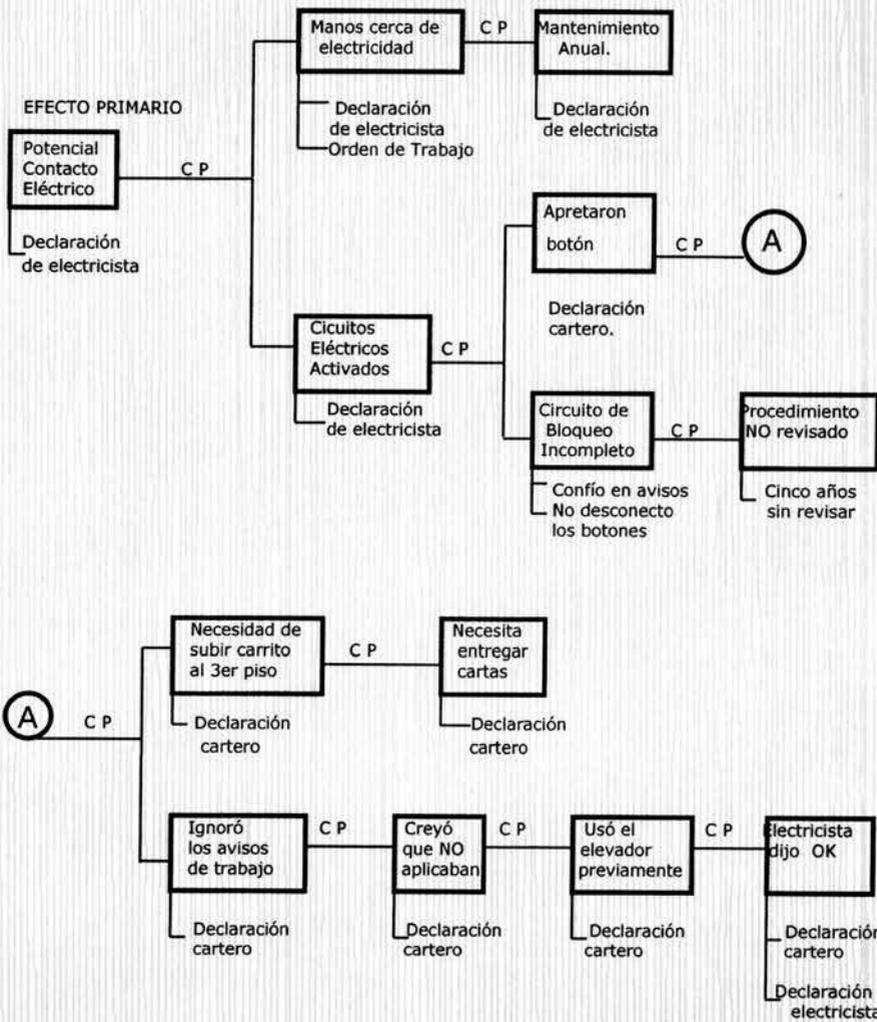
QUE:	Contacto Eléctrico Potencial.
CUANDO:	10-28-92, durante mantenimiento a elevador.
DONDE:	Parte superior del elevador. Edificio Buchanon Lado Oeste.
IMPACTO:	
Seguridad:	Heridas o fatalidad potencialmente seria; Exposición a alto voltaje costo de \$25,000/dlls. Por evento.
Ambiental:	No disponible.
Producción:	Ninguno.
Mantenimiento:	Tiempo de reparación 16 hrs., \$3,950 dl., Pruebas \$1,300 dlls, Diseño \$3,400 dl., Total \$13,650 dl.
Frecuencia:	Primera vez.
Investigación:	100 hrs. Total \$5,000 dlls.

II: RESUMEN DE CAUSAS Y EFECTOS.

El contacto potencial eléctrico fue causado por la activación de circuitos eléctricos y las manos del electricista estaban cerca de los circuitos energizados. Sus manos estaban cerca de los circuitos porque estaba realizando el mantenimiento anual. El circuito se activo porque se apretó el botón de llamada del elevador y existe un circuito de bloqueo incompleto. El botón de llamada fue activado porque alguien necesitaba subir al tercer piso e ignora los avisos de "Personal trabajando". La necesidad de subir al tercer piso fue porque tenía que entregar correo. Los avisos fueron ignorados porque el empleado creyó que no aplicaban para él debido al uso permanente de los avisos por parte del electricista de mantenimiento. El circuito de bloqueo estaba incompleto porque el programa de bloqueo y etiquetado no había sido revisado o mejorado durante los últimos cinco años.

(Ver Diagrama de Causa – Efecto Apolo).

Diagrama Apolo



CP Causado Por.

III. SOLUCIONES:

CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	NOMBRE	FECHA
Bloqueo incompleto.	Desconectar botones de llamada antes de mantenimiento.	Roberto Straus	02-13-93
Procedimiento no revisado.	Revisar los diagramas anexos y establecer una revisión anual por los usuarios.	Edward Davis	02-08-93

SI-01/03

REPORTE DE INCIDENTE

TÍTULO: Contacto potencial eléctrico.
FECHA: 28 Octubre de 1992.
ZONA / ÁREA: Contratista / Mantenimiento eléctrico.
FECHA DEL REPORTE: 1 Noviembre de 1992.

DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:

Un contratista estaba realizando una inspección de la operación de un elevador (ELH-23) en TCH-3-675 cuando un destello ocurrió. El elevador estaba energizado para la inspección cuando un mensajero del correo central (CM-R3), apretó el botón de llamado del elevador en el primer piso ignorando el letrero de fuera de servicio colocado sobre los botones. El electricista de FCT escucho un "zumbido" y pudo alejarse de las partes en movimiento de la parte superior del elevador en el cual estaba trabajando antes de que fuera herido. El pudo tomar control desde la parte superior del elevador donde se encontraba lo que le permitió pararlo y salir con seguridad.

Factores Causales	Recomendaciones	Responsable	Fecha de cumplimiento
<p>El contacto potencial eléctrico fue causado por la activación de circuitos eléctricos y las manos del electricista estaban cerca de los circuitos energizados.</p> <p>El circuito se activo porque se apretó el botón de llamada del elevador y existe un circuito de bloqueo incompleto.</p> <p>Los avisos fueron ignorados porque el empleado creyó que no aplicaban a él. Esta creencia fue causada por el uso anticipado de los avisos por el electricista de mantenimiento. El circuito de bloqueo estaba incompleto porque el programa de bloqueo y etiquetado no había sido revisado o mejorado durante cinco años.</p>	<p>Desconectar botones de llamada antes de mantenimiento.</p> <p>Revisar los diagramas anexos y establecer una revisión anual por los usuarios.</p>	<p>Roberto Straus</p> <p>Edward Davis</p>	<p>13-02-93</p> <p>08-02-93</p>

Elaboro:

Reviso:

Reviso:

Autoizo:

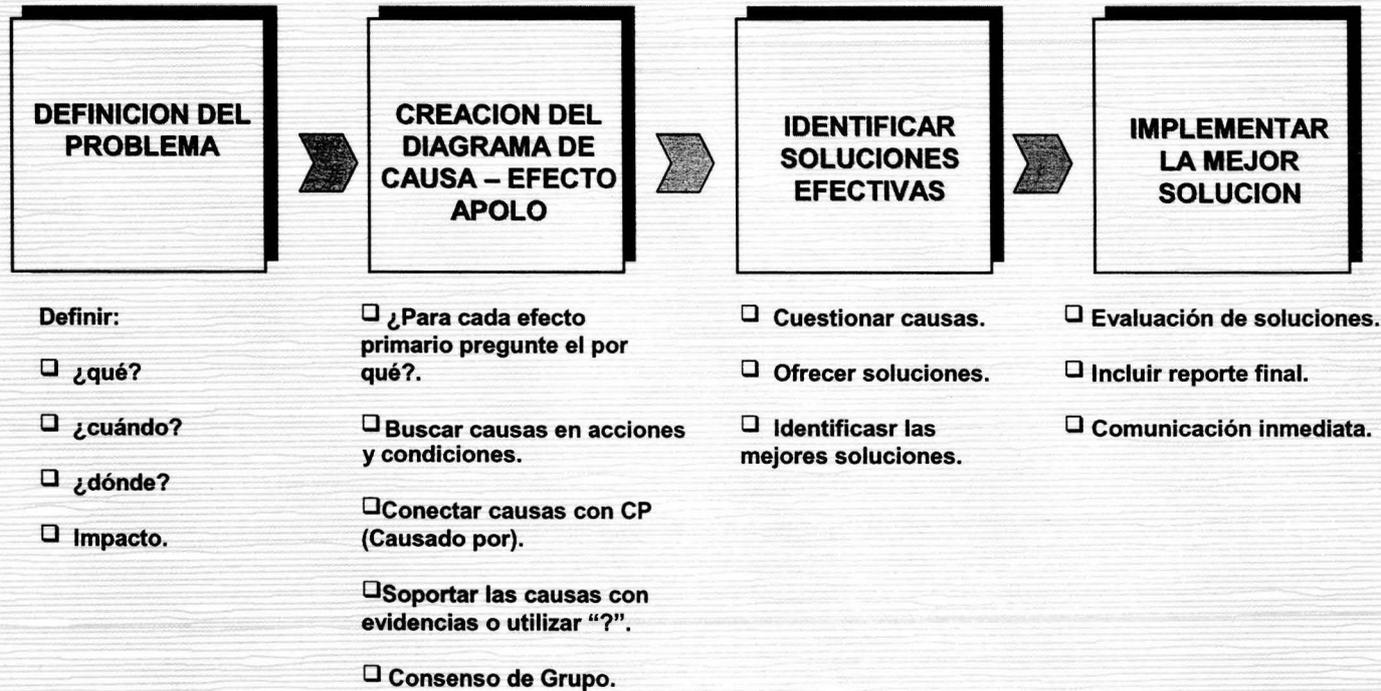
Gcia de Seguridad

Gcia. Planta

Gcia Mantto.

Dirección de Producción.

5.4 RESUMEN.

METODOLOGIA RCA APOLO

CAPITULO VI

MAPA DE CAUSAS RAICES

RCM

(ROOT CAUSE MAP)

MAPA DE CAUSAS RAICES

RCM

6.0 GENERALIDADES.

Este mapa se deriva originalmente del árbol de riesgos y descuidos de la administración (MORT) del laboratorio de Savannah River en el departamento de energía de los EU.

- Está técnica estructura el proceso de razonamiento para identificar las causas raíces.
- Identifica causas raíces detalladas (deficiencias y debilidades de los sistemas administrativos) para cada una de las categorías mayores de causas raíces.
- Asegura consistencia a través de todas las investigaciones de causas raíces.
- Apoya el analisis de tendencias de “causas raíces” y de “categorías”.

6.1 ESTRUCTURA DEL MAPA.

- Los asuntos asociados con equipos/sistemas de ingeniería aparecen hacia el lado izquierdo del mapa, mientras que los asuntos asociados con el personal aparecen hacia el lado derecho del mapa.
- Cuando se mueve de izquierda a derecha en el mapa, se mueve paralelamente a la progresión del desarrollo de los sistemas (esto es, se empieza con el diseño del equipo y progresa a través de la administración de operaciones y el desempeño del personal).

- Algunos segmentos del mapa no se resuelven hasta las “Causas Raíces” para mantener la consistencia en el nivel de detalle con otros segmentos del mapa (la expansión ulterior de estos segmentos es sin duda alguna aceptable).
- Una organización diferente del mapa no cambiará el uso fundamental del mapa como lista de verificación gráfica que ayuda en la búsqueda comprensiva de las causas raíces.
- Organizaciones diferentes pueden tener que introducir pequeñas modificaciones en la estructura o en la terminología del mapa para correlacionarse mejor con la cultura y los sistemas administrativos de su organización.

6.2 PROCEDIMIENTO.

- 1. Identificar los factores causales del diagrama de factores causales.**
- 2. Realizar un recorrido por el mapa para cada uno de los factores causales. La secuencia es de arriba abajo en el recorrido anotando:**

- Fuentes de dificultad primaria.
- Categoría del problema.
- Categoría de causa raíz mayor.
- Causa raíz próxima.
- Causa raíz.

En cada caso se deberán registrar los resultados en formularios.

3. Utilizar causas raíces (y quizás también categorías) para:

- Elaborar las recomendaciones.
- Hacer análisis de tendencias.

CODIGOS MULTIPLES.

Algunos factores causales tienen más de una causa raíz asociada.

□ Ejemplo:

- El operador no sigue el procedimiento.
- Se instruye a los operadores para que siempre sigan el procedimiento.
- La política es que siempre se siga el procedimiento pero nunca se ha impuesto.

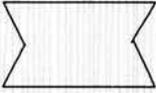
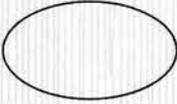
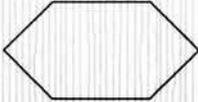
□ Código dual de causa raíz:

- No se usa el procedimiento.
- Las normas, las políticas o los controles administrativos no se imponen.

6.3 DOCUMENTAR EL PROCESO DE ANÁLISIS DE CAUSAS RAICES.

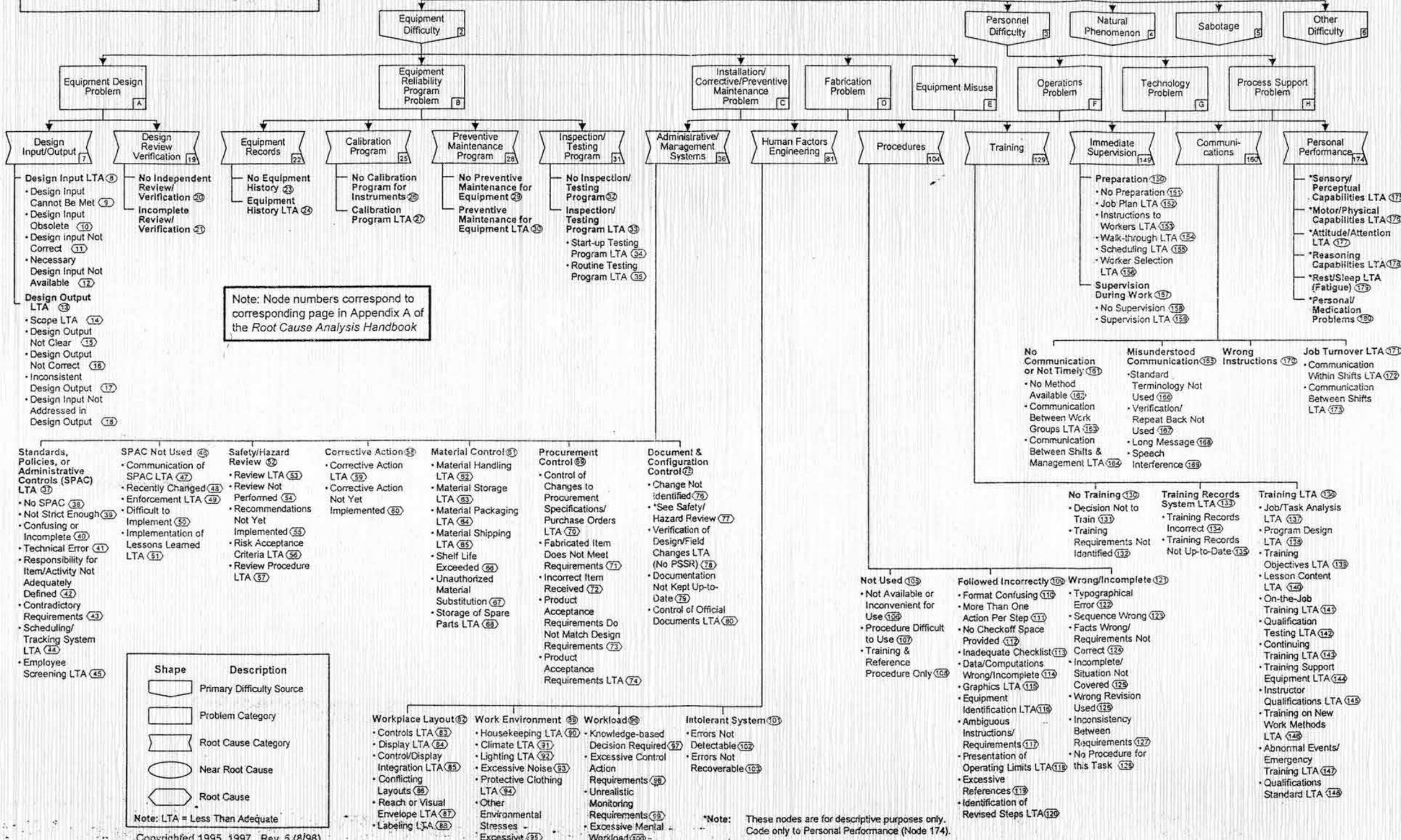
- Para cada uno de los factores causales es necesario documentar el recorrido por el Mapa de Causas Raíces y las recomendaciones pertinentes asociadas a cada factor causal.
- Utilizar un formato de 3 columnas como se muestra en el ejemplo de aplicación.
- La columna de información de fondo proporciona suficiente información para entender por que este factor causal es importante.
- Las entradas en la segunda columna describen por que el recorrido del RCM es apropiado para este factor causal.

Niveles del Mapa de Causas Raíces

Nivel	Forma	Descripción	Ejemplos
A		Fuente de dificultad Primaria	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Dificultad de equipo. <input type="checkbox"/> Dificultad con personal. <input type="checkbox"/> Fenómeno Natural.
B		Catégoria del Problema	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Diseño de equipo. <input type="checkbox"/> Instalación/corrección mantenimiento preventivo. <input type="checkbox"/> Operaciones. <input type="checkbox"/> Tecnología.
C		Categoría de Causa raíz mayor	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Revisión de diseño/verificación. <input type="checkbox"/> Capacitación. <input type="checkbox"/> Sistemas administrativos/gerenciales.
D		Causa raíz próxima	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procedimiento seguido Incorrectamente. <input type="checkbox"/> Localización en el sitio de trabajo. <input type="checkbox"/> Supervisión durante el trabajo.
E		Causa raíz	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Más de una acción por paso. <input type="checkbox"/> Arreglos conflictivos. <input type="checkbox"/> Falta de supervisión.

Root Cause Map™

Start here with each causal factor 1



Note: Node numbers correspond to corresponding page in Appendix A of the Root Cause Analysis Handbook

Shape	Description
	Primary Difficulty Source
	Problem Category
	Root Cause Category
	Near Root Cause
	Root Cause

Note: LTA = Less Than Adequate

*Note: These nodes are for descriptive purposes only. Code only to Personal Performance (Node 174).

6.4 EJEMPLO DE PLICACION

INVESTIGACIÓN DEL ACCIDENTE OCURRIDO EL 4 DE OCTUBRE DE 1997 EN EL REACTOR DE ACRILICOS X-10.

REVISIÓN DEL ACCIDENTE

El 4 de Octubre de 1997, aproximadamente a las 11:00 pm, el reactor de acrílico X-10 en la planta PSI en Denver se fracturó durante la producción batch de la resina G24X104. El contenido del reactor fue expulsado y las estructuras aledañas fueron severamente dañadas. El operador del reactor fue llevado al hospital donde se recupera de quemaduras en segundo grado. Hubo además pequeños incendios que se extendieron en las instalaciones, mismos que fueron rápidamente extinguidos por el personal. La planta entera fue parada y el arranque de la misma dependería de la investigación del accidente, de la reparación del daño causado por el fuego, la explosión y la caída de escombros.

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN DEL ACCIDENTE.

La investigación comenzó el 5 de octubre de 1997 a las 11:00 a.m. El equipo de investigación incluyó al siguiente personal:

Nombre	Puesto	Organización
Lee Stevens	Consultor de Producción.	PSI Pardeville, Wiscounsinn.
Mike Roberts	Lider de la investigación de Accidentes. Gerente analista de procesos.	PSI Corporativo.
Mike Roberts	Lider de Proyectos PSM.	Corporativo PSI.
Mike Eislie	Asistente de Gerente de Planta.	Denver PSI, Colorado.
Ken Rutgers	Operador de la Unidad.	Houston PSI, Texas.
Dave Wage	Lider de Proyectos PSM.	Corporativo PSI.
Kyle Hoops	Operador de Unidad.	Denver PSI, Colorado.
Bill Bridges	Consultor.	Asociación JBF, Inc.
Don Lorenzo	Consultor.	Asociación JBF, Inc.
Lee Vanden Heuvel	Consultor.	Asociación JBF, Inc.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

El equipo de investigación recolectó toda la información concerniente con el accidente. La recopilación de datos comenzó el 5 de Octubre de 1997 y continuo hasta el 15 de octubre del mismo año.

La recopilación de información fue resumida en un diagrama de eventos y factores causales (Anexo 1). Este diagrama fue utilizado para ayudar a los investigadores a decidir en que áreas era necesario reunir más información y además ayudo claramente a representar la relación de los eventos clave relacionados con el accidente.

Finalmente, el equipo desarrolló las recomendaciones para la consideración de la gerencia de planta. Las recomendaciones están encaminadas a reducir o eliminar los factores causales claves, por lo tanto, el seguimiento de estas recomendaciones deben ayudar a prevenir la recurrencia en el reactor de acrílico recién instalado (K-25) que se encuentra en paralelo.

PERSONAL INVOLUCRADO EN EL ACCIDENTE.

Nick Faldo fue el operador encargado del área de acrílicos el cual estuvo trabajando a la hora del accidente. Lee Heuvel era un operador experimentado de reactores que estaba siendo capacitado por una nueva asignación en el área de acrílicos. El había estado trabajando en el área de acrílicos por cerca de 7 semanas.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Hay dos unidades de producción en edificios adyacentes en el área de acrílicos, un viejo reactor (X-10) y uno nuevo (K-25). Cada uno con sus tanques de alimentación y de producto. Una variedad de resinas acrílicas se producen por la reacción de monómeros de acrilato con un catalizador en dichos reactores.

Para llevar a cabo la reacción, la cantidad requerida de monómero es transferida desde un tanque de almacenamiento al tanque de alimentación de monómero. Se bombea xileno como solvente desde su almacenamiento al reactor y al tanque de mezclado del catalizador. El catalizador en estado líquido o sólido se agrega al xileno en el tanque de mezclado del catalizador y se mezcla con un pequeño agitador (para mejorar la seguridad, los procedimientos de producción fueron recientemente revisados para requerir la dilución de todos los catalizadores con xileno, ya que anteriormente algunos catalizadores no se diluían).

Inicialmente el xileno en el reactor es calentado hasta su punto de ebullición y se hace pasar por un decantador para remover agua que pudiera estar presente. Cuando el xileno está libre de agua, el reflujo es regresado al reactor sin pasar por el decantador. La mezcla catalizador/xileno en el tanque de mezclado del catalizador y el monómero en el tanque de alimentación, son entonces bombeados dentro del reactor en las proporciones deseadas. El vapor que calienta la chaqueta del reactor así como un serpentín interno, es mantenido hasta que la reacción exotérmica de polimerización comienza, entonces el flujo de vapor se detiene y se comienza a circular agua de enfriamiento.

Cuando la reacción está terminada la resina es transferida al tanque de producto o se descarga directamente en contenedores. El reactor se limpia si es necesario y la próxima corrida comienza.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE.

El 4 de octubre de 1997, aproximadamente a las 5:30 p.m., en el cambio de turno se comenzó con una polimerización de resina acrílica (G24X104) en el reactor X-10, aproximadamente 13200 libras de monómero de acrilato de n-butil fue bombeado dentro del tanque de alimentación, 3700 libras de xileno fueron bombeadas al reactor y 246 libras de xileno fueron bombeadas dentro del tanque de mezclado del catalizador. El agitador del reactor comenzó a operar y la válvula de vapor para la chaqueta y

serpentín del reactor se abrió para calentar al xileno. Un barril semilleno (204 libras) del catalizador peroxido de di-terbutilo (DTBP), fue bombeado dentro del tanque de mezclado del catalizador antes del cambio de turno a las 7:00 p.m.

El operador del turno nocturno Lee Heuvel y Nick Faldo continuaron trabajando en el área de acrílicos. Lee, bajo la supervisión de Nick, tomó el mando en completar la reacción en el X-10 mientras Nick atendió la descarga a los contenedores del producto resultante del reactor K-25, así es que una nueva reacción podría haber empezado en aquel reactor. Lee bombeó 42 libras adicionales de catalizador DTBP de un contenedor que se necesitaba en el tanque de mezclado del catalizador. El catalizador y el xileno debieron haber sido agitados por 30 minutos lo que aparentemente no fue hecho, tal vez por que el operador falló en arrancar el agitador o debido a que se atascó poco después de arrancar (específicamente Lee no recuerda haber arrancado el agitador, sin embargo es una actividad de rutina, por lo que reflexivamente es una tarea para un operador experimentado). Pruebas posteriores al accidente mostraron que sin mezclado mecánico la mayoría de los catalizadores podrían permanecer flotando como una capa de liquido separada en la superficie del xileno en el tanque del catalizador (las pruebas además mostraron que el catalizador y el xileno son miscibles y que una vez mezclados no se separan).

Mientras tanto Lee continuó preparando el reactor. El xileno en el X-10 fue calentado hasta 280 °F y pasado a través del decantador para remover cualquier contaminación por agua lo que podría degradar la calidad del producto (requiriendo la filtración para remover la impureza). Una vez que el xileno estuvo seco (aproximadamente a las 10:00 p.m.), Nick verificó el estatus del sistema antes de que Lee procediera. Nick reafirma que el agitador del tanque de mezclado del catalizador estaba apagado en este momento, sin embargo, el agitador debió haber estado apagado normalmente antes de que se comenzará alimentar al reactor debido a que la vibración del agitador causa lecturas erróneas del peso de los reactivos. No hubo otra indicación visual de que el catalizador haya sido mezclado y Nick no cuestionó específicamente a Lee acerca de

esto. La alineación de la válvula fue correcta por lo que Nick comento a Lee que procediera con la alimentación del reactor.

Aproximadamente a las 10:05 p.m., Lee comenzó a alimentar tanto el monómero como el catalizador en las cantidades deseadas. El monómero alimentado esta relativamente frío (50 a 60 °F), así que la temperatura del reactor normalmente desciende de 10-15 grados durante los primeros 10-20 minutos de la reacción. Lee correctamente aplico vapor a la chaqueta del reactor y al serpentín interno durante esta fase para calentar el lote e iniciar la reacción exotérmica. (Nota: es posible que el flujo de vapor fuera bajo a pesar de la posición normal de la válvula (4-5 vueltas abierto), sin embargo, esto parece imposible debido a que el vapor fue operado normalmente durante el paso inicial de reflujo). Nick verificó junto con Lee 10 minutos mas tarde que la reacción estaba procediendo normalmente (la temperatura hubo disminuido, el vapor estaba bien y Lee creyó ver algo de reflujo) por lo que Nick regreso a trabajar en el K-25. La reacción, sin embargo, no comenzó normalmente debido a que el catalizador alimentado no estaba probablemente mezclado con el xileno en el fondo del tanque de mezclado del catalizador. Sin el calor normal de reacción (o tal vez aunque es menos posible, por ineficiente calentamiento), la temperatura del lote continuo cayendo y hubo acumulación de monómero sin reaccionar en el reactor.

La temperatura cayo hasta 240 °F aproximadamente a las 10:20 p.m., antes de comenzar a incrementarse. A las 10:55 p.m., la temperatura se hubo incrementado a 245 °F y Lee creyó que la reacción había comenzado. El cerro la válvula de vapor pero la temperatura rápidamente bajo a 240 °F por lo que Lee aplico más vapor al reactor para calentarlo y llegar al rango de temperatura normal. Cuando Nick verificó con Lee aproximadamente a las 11:00 p.m., el observó que la temperatura del reactor era anormalmente baja y que el vapor todavía estaba circulando. Nick le dijo a Lee que cortará el flujo de vapor y estuviera listo para aplicar agua de enfriamiento tan pronto como el viera que la temperatura se incrementará. Nick regreso al reactor K-25.

Por entonces, aproximadamente 7000 libras de monómero habían sido alimentadas al reactor con la mezcla diluida xileno/DTBP del fondo del tanque de mezclado del

catalizador. La concentración de DTBP en la mezcla remanente de catalizador era probablemente mucho más alta, y este finalmente inició la reacción de polimerización como si este hubiera sido alimentado al reactor. Lee cerró el vapor y ventó la chaqueta del reactor aproximadamente 3 minutos más tarde cuando él observó que la temperatura se había incrementado hasta 266 °F. Lee comenzó a abrir las válvulas de agua de enfriamiento, sin embargo, era demasiado tarde para controlar la reacción del monómero que estaba sin reaccionar y que se había acumulado en el reactor. El xileno se vaporizó en el reactor tan rápido que inundó el condensador de reflujo, los sistemas de venteo, los sistemas de relevo de presión y sobrepresurizó el reactor.

Poco después de las 11:00 p.m., la junta soldada entre la cabeza del reactor y la pared lateral falló, la tapa fue lanzada hacia arriba demoliendo toda la estructura por encima del reactor. El contenido del reactor fue expulsado hacia arriba y explotó. La onda de presión resultante dañó estructuras aledañas y el escombros cayó en un radio de 275 m, aproximadamente. El producto expulsado inició pequeños incendios en la planta, sin embargo estos fueron rápidamente extinguidos. Lee fue hospitalizado con quemaduras de segundo grado y ninguna otra lesión fue registrada en el accidente.

FACTORES CONTRIBUYENTES.

- Lee era relativamente nuevo en las áreas de acrílicos, sin embargo, tenía un excelente currículum como operador de reactores en otras áreas de la planta. Él no tuvo suficiente experiencia con esta fórmula como para reconocer cuando detener las corrientes de alimentación si la reacción no se producía normalmente.
- Se había autorizado tiempo extra para que un operador adicional permaneciera en el área y capacitara a Lee, sin embargo, surgieron conflictos de horario por lo que nadie estaba disponible para trabajar tiempo extra como entrenador. Por lo tanto, el otro operador en el cambio de turno de Lee (Nick) tuvo que dividir su atención entre su trabajo normal y capacitación.

- El operador no sabía que el catalizador y el xileno no se mezclarían bien a menos que se mezclarán mecánicamente. Su percepción era que el mezclado aseguraba una solución uniforme de alta calidad por lo que simplemente bombeando los dos materiales en el mismo tanque se mezclarían.
- El operador tuvo que apagar el agitador del tanque de mezclado del catalizador para obtener lecturas y de esta forma determinar la cantidad correcta de catalizador alimentado. Esto incrementó la posibilidad de que la mezcla catalizador/xileno no se mezclara bien.
- Los procedimientos operativos especificaban solamente la temperatura deseada para la reacción. No había límites establecidos de seguridad y precauciones referentes a que si se alimentaba a los reactantes por debajo de cierta temperatura; podría resultar acumulación de material sin reaccionar y por consiguiente una reacción sin controlar cuando este material sin reaccionar era calentado a la temperatura de activación del catalizador.
- El sistema de relevo de presión para el reactor fue diseñado para un proceso diferente. Cuando el proceso fue cambiado para producir acrílicos, el sistema de relevo no fue rediseñado.

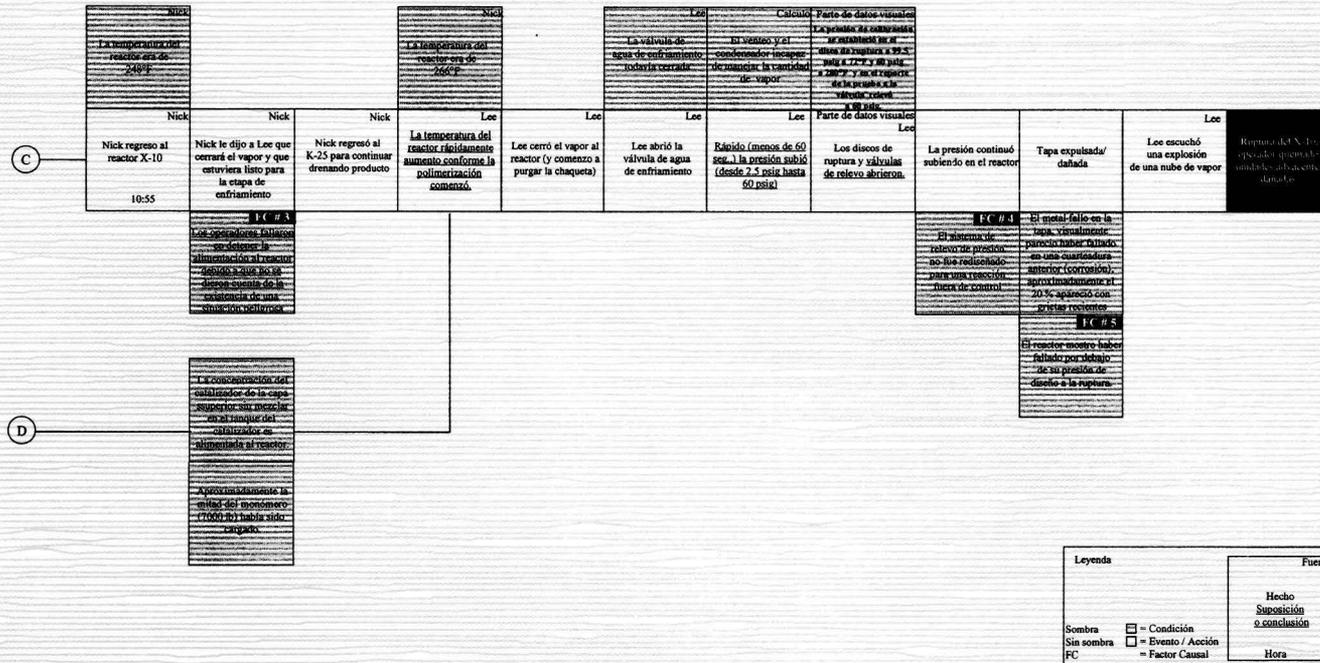
RECOMENDACIONES.

1. Revisar las bases de diseño del sistema de relevo de presión en el reactor de acrílicos (K-25) para asegurar que puede manejar una reacción fuera de control.
2. En las instrucciones para cada producto elaborado, se debe especificar el rango de seguridad de temperaturas para el reactor a las cuales se deben alimentar el monómero y catalizador.

3. Considerar suministrar un interlock para interrumpir la alimentación a un reactor de acrílicos, si su temperatura esta fuera de los limites operativos de seguridad.
4. Revisar los procedimientos de producción de acrílicos para especificar que el mezclador del catalizador tiene que ser operado y pedir a los operadores verificar el mezclado antes de comenzar la alimentación del monómero al reactor.
5. Considerar suministrar un interlock para prevenir/interrumpir la alimentación de monómero o catalizador a un reactor de acrílicos si el mezclador no esta encendido (La vibración no causa lecturas erróneas de peso en el tanque de alimentación del catalizador en el reactor K-25).
6. Considerar suministrar medios para que los operadores vean el registro y tendencia de temperaturas en un reactor de acrílicos durante la reacción.
7. Especificar el perfil para un operador de acrílicos calificado, que información debe saber y que habilidades debe demostrar antes de que un trabajador sea considerado calificado para operar sin supervisión.
8. Especificar los requerimientos para un entrenador en el sitio de trabajo. Que otras tareas un entrenador esta permitido que lleve a cabo mientras supervisa a un nuevo operador.

Ver Resultados del Análisis de Causas Raíces.

Anexo 1 Diagrama de Eventos y Factores Causales (cont..)



ANALISIS RCM

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
<p>#1- El agitador en el tanque de mezclado del catalizador no se operó durante la dilución catalizador / xileno, o este se atasco poco después del arranque.</p> <p>El xileno es utilizado para diluir el catalizador. Esta práctica fue recientemente incluida (como resultado de otro incidente) para reducir la probabilidad de descomposición del catalizador en la boquilla de alimentación. El xileno es bombeado al tanque de mezclado del catalizador primero, después el catalizador es bombeado por la tapa del reactor. Si el agitador no esta operando, la mezcla catalizador/xileno puede estratificarse con el más ligero en la parte superior (peróxido de di-terbutilo DTBP), y el más pesado en el fondo (xileno). Cuando el catalizador es entonces agregado al reactor, la fase rica en xileno se agrega primero. Cuando la fase que presenta mayor concentración de catalizador es agregada posteriormente, la cantidad relativamente grande de monómero sin reaccionar que se hubo acumulado podría reaccionar mas vigorosamente.</p>	<p>Procedimientos - Erróneo / incompleto. - Incompleto / situación no cubierta.</p> <p>No había un punto en el procedimiento donde se especificara que el agitador del tanque de mezclado fuera encendido.</p> <p>Supervisión Inmediata - Supervisión durante el trabajo. - Supervisión inadecuada.</p> <p>El operador que se estaba capacitando fue requerido para trabajar con solo la supervisión irregular del operador calificado quien estaba trabajando también como entrenador. El operador calificado dividió su atención entre capacitar al nuevo operador y drenar el producto del reactor adyacente (K-25).</p> <p>Capacitación - No hubo capacitación. - Requerimientos de capacitación no identificados.</p> <p>El nuevo operador tenía experiencia con reactores de un área diferente de la planta. No hubo estándares claros que indicaran en que momento el operador estaba capacitado adecuadamente en la unidad de acrílicos.</p> <p>Capacitación - Capacitación inadecuada. - Capacitación en sitio inadecuada.</p> <p>Ingeniería de Factores Humanos - Sistema Intolerante. - Errores no detectables.</p> <p>La única indicación de que el mezclador estaba prendido fue la flecha de rotación del mismo (el pequeño motor podría no haberse escuchado por otros ruidos ambientales). El mezclador se tuvo que apagar para que no interfiriera con las lecturas de peso durante la alimentación del catalizador. No hubo indicación visual de que el mezclador no fue operado.</p>	<p>1 Implementar un programa de seguridad en el pre-arranque para asegurar que los procedimientos están apropiadamente revisados cuando se hacen cambios y que los trabajadores están capacitados en los procedimientos revisados y actualizados.</p> <p>2. Definir el personal calificado mínimo requerido para cada cambio de turno. Prohibir a los operadores novatos cubrir el rol de operadores calificados.</p> <p>3. Desarrollar un programa escrito para la capacitación inicial y recapitación de los operadores, que incluya los requerimientos específicos para demostrar que el operador comprendió la capacitación.</p> <p>4. Definir las expectativas para los operadores calificados que sirven como entrenadores en el sitio de trabajo. Capacitar a dichos operadores en como ser instructores efectivos.</p> <p>5. Como parte del análisis de riesgo preliminar del Proceso, es necesario analizar la interfase maquina-hombre para asegurar que hay alarmas adecuadas e indicaciones de los parámetros de seguridad relacionados.</p>

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
<p>#2. Los riesgos de un mezclado ineficiente de catalizador no fueron reconocidos.</p> <p>Los operadores no fueron alertados de que la solución DTBP era menos densa que el xileno, y que una baja concentración de catalizador podría existir en el fondo del tanque de mezclado. Ellos creyeron que bombeando el DTBP hacia el xileno se mezclarían satisfactoriamente. Además no fueron alertados de que si se alimenta el catalizador al reactor con una acumulación de monómero sin reaccionar este podría liberar suficiente energía como para fracturar el reactor.</p>	<p>Sistemas Administrativos/Gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estándares, políticas o controles administrativos (SPAC) inadecuadas. - No son lo suficientemente estrictos. <p>Sistemas Administrativos/Gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de Seguridad / Riesgo. - Revisión no realizada. <p>El proveedor recomendó diluir el catalizador para hacerlo menos reactivo y por lo tanto más seguro al agregarlo al reactor.</p>	<p>6. Revisar la política para especificar la información de seguridad del proceso. Esta información deberá ser transmitida a la planta junto con cualquier revisión realizada, para que de esta forma los cambios realizados puedan ser llevadas a cabo adecuadamente y se incluyan las precauciones necesarias dentro de los programas de capacitación y procedimientos.</p> <p>7. Implementar un programa de cambio de administración para asegurar que todos los cambios en los procesos sean revisados, incluyendo aquellos que resulten de la investigación de accidentes o estudios de riesgo.</p>
<p>#3. Los operadores fallaron en reconocer las condiciones de proceso inestables y en detener la alimentación al reactor.</p> <p>La temperatura en el reactor disminuyó hasta 240 °F durante la adición de monómero. La temperatura en el reactor se debe mantener entre 270 y 285°F durante la adición de monómero. La adición de monómero causa que la temperatura en el reactor disminuya debido a que se encuentra relativamente frío (típicamente entre 55 y 65°F). La temperatura en el reactor se mantiene controlando el flujo de vapor en el mismo. El flujo de vapor en el reactor estaba actuando parcialmente.</p> <p>El operador calificado falló en reconocer que si se continuaba alimentando monómero mientras la temperatura del reactor fuera muy baja se podría provocar una reacción fuera de control. El indicador de temperatura digital no dio lecturas del comportamiento de la reacción.</p>	<p>Procedimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Erróneo / Incompletos. -Situación no cubierta. <p>Los operadores indicaron que tenían instrucciones generales para mantener la temperatura del reactor mientras se agrega monómero. Sin embargo, no hubo límites de seguridad especificados para este sistema y no hubo una orientación clara con respecto a que acciones tomar cuando la temperatura cayera fuera de estos límites.</p> <p>Capacitación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación inadecuada. - Eventos anormales / capacitación en emergencias inadecuada. <p>Los operadores no se dieron cuenta de las consecuencias asociadas con la acumulación de monómero sin reaccionar en el reactor. El operador estaba más consciente acerca del sobrecalentamiento del reactor y no agregó más vapor rápidamente para iniciar la reacción.</p> <p>Sistemas Administrativos / Gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisión Seguridad / Riesgos. - Revisión no desarrollada. <p>El análisis de Riesgo del proceso no fue realizado debido a que la unidad fue programada para ser retirada de operación hace 2 años. Un equipo de análisis de riesgos podría haber identificado este escenario y recomendado protecciones de seguridad adicionales.</p>	<p>8. Establecer límites seguros de operación para los parámetros del proceso e incluirlos en los procedimientos. Incluir instrucciones de procedimiento de cómo responder si los límites operativos son excedidos.</p> <p>9. Capacitar a los operadores para que reconozcan fallas potenciales y en las acciones correctivas apropiadas. Se debe enfatizar que detener la alimentación en reacciones exotérmicas es una opción preferente, y no como última alternativa.</p> <p>10. Desarrollar información completa de seguridad del proceso incluyendo la cinética de la reacción para cada fórmula elaborada. Actualizar todos los análisis de riesgo basados en esta información.</p>

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
<p>#3. Continuación</p>	<p>Sistemas Administrativos / Gerenciales -SPAC Inadecuado. - No SPAC.</p> <p>Existieron eventos anteriores donde la temperatura y presión del reactor cayeron fuera de rango. En por lo menos un evento anterior, la temperatura alcanzo 350 °F (el rango debe estar entre 270 – 285°F), y la presión alcanzo 20 –25 psig (el rango debe estar entre –3 a +3 psig). ¿Habría sido reportado e investigado este incidente?. Los procedimientos y la capacitación podrían haberse revisado y evitado el accidente.</p> <p>Ingeniería de Factores Humanos. - Arreglo en el sitio de trabajo. - Displays Inadecuados.</p> <p>El sistema no suministro la información necesaria al operador. El indicador de temperatura no dio alguna información de tendencia que pueda utilizar el operador para observar si la temperatura del reactor se comportaba normalmente.</p>	<p>11. Desarrollar un programa para la investigación de incidentes.</p> <p>12. Como parte del análisis de riesgos, es necesario analizar la interfase máquina / hombre para asegurar que existen alarmas adecuadas e indicaciones de seguridad relacionadas con los parámetros.</p>
<p>#4. El sistema de relevo de presión del reactor no estaba rediseñado.</p> <p>Como se incrementó la presión en el reactor, el sistema de relevo fue incapaz de relevar la presión adecuadamente. El sistema de relevo de presión consiste de un disco de ruptura corriente arriba de la válvula de relevo.</p> <p>La línea de relevo de presión no fue rediseñada. La válvula de relevo era una válvula de 1.5 x 2 pulgadas. El reactor recién instalado (K-25) tiene un disco de ruptura de 8 pulgadas adicional a la válvula de 1.5 x 2 pulgadas.</p>	<p>Sistemas Administrativos / Gerenciales - Control de documentos y configuración. - Control de documentos oficiales inadecuado.</p> <p>No hubo documentación de las bases de diseño para el sistema de relevo de presión.</p> <p>Sistemas Administrativos / Gerenciales - Revisión de Seguridad / Riesgos. - Revisión no realizada.</p> <p>El reactor fue usado para elaborar epoxicos hace aproximadamente 5 años antes de que fuera cambiado para elaborar acrílicos. No hay un registro que indique los riesgos asociados con el cambio que fueran revisados o que el sistema de relevo fuera reevaluado.</p> <p>Diseño Entrada/Salida - Diseño de entrada inadecuado. - Diseño de entrada incorrecto.</p> <p>Un gerente anterior decidió que el fuego externo era la base de diseño máxima posible para el sistema de relevo de presión del reactor. No hubo evaluación de otra (potencialmente mayor) base de diseño para el sistema de relevo de presión.</p>	<p>13. Desarrollar un sistema administrativo de datos para la información de seguridad en procesos, incluyendo las bases de diseño para los dispositivos de relevo de presión y sistemas de ventilación para todo el equipo de proceso.</p> <p>14. Implementar un programa de administración de cambios para asegurar que todos los cambios del proceso sean revisados y que la información de seguridad del proceso esta actualizada con dichos cambios.</p> <p>15. Desarrollar una política donde se especifique la información que debe ser transmitida a la planta junto con cualquier nuevo producto y de esta manera las revisiones puedan ser llevadas a cabo apropiadamente.</p> <p>16. En la información de seguridad del proceso, es necesario documentar que todos los equipos están en conformidad con buenas prácticas de Ingeniería (conforme a códigos actuales y estándares) o documentar el análisis concluyendo que el equipo es seguro para continuar en uso en su actual aplicación (aun cuando no este conforme a los códigos actuales y prácticas).</p>

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
<p>#5. El reactor falló por debajo de su presión de ruptura de diseño.</p> <p>Inspecciones visuales de la tapa del reactor (la cual explotó del reactor y fue lanzado aproximadamente a 50 metros del reactor) indicaron que muchas de las fracturas ocurrieron previamente. Algunas zonas del material estaban brillantes, indicando que la ruptura ocurrió recientemente; otras áreas de los pedazos mostraron oxidación significativa, indicando que hubo un rompimiento en esa área.</p>	<p>Programas de Inspección / Pruebas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Programa Inspección / Prueba inadecuado. - Programa de pruebas rutinarias inadecuadas. <p>El reactor era operado normalmente cerca de la presión atmosférica y fue designado para retirarlo de uso, por lo que a las inspecciones del recipiente se les dio poca prioridad. No se encontraron registros de las últimas inspecciones.</p> <p>Sistemas de Administración / Gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acciones correctivas. - Acción correctivas Inadecuadas. <p>Las observaciones del operador de las "rebabas " de la junta soldada indicaron que la calidad de la soldadura era sospechosa, sin embargo ninguna acción correctiva fue tomada.</p>	<p>17. Desarrollar un programa de integridad mecánica para asegurar que el equipo esta listo para su uso intenso durante la vida útil de las instalaciones. Asegurar que los registros del equipo sean guardados actualmente.</p> <p>18. Asegurar que el equipo deficiente es reparado, dado de baja o removido del servicio cuando las pruebas o inspecciones indiquen una deficiencia.</p>
<p>#6. La respuesta a la emergencia fue demorada (no se muestra en el diagrama de factores causales).</p> <p>Después del accidente, la respuesta a la emergencia se demoró debido a que los operadores no pudieron contactar al 911 y a que nadie en el sitio tenía una llave para acceder al panel principal.</p>	<p>Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> - No hubo comunicación o fue a destiempo. - Ningún método disponible. <p>Capacitación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación inadecuada. - Eventos Anormales/capacitación en emergencias inadecuada. 	<p>19. Suministrar medios mas confiables para sumar apoyos externos en una emergencia.</p> <p>20. Ejercitar el plan de respuesta de emergencia periódicamente para asegurar que será efectivo en todos los cambios de turno. Revisar el plan conforme sea necesario y capacitar al personal en sus funciones respectivas.</p>

SI-01/03

REPORTE DE ACCIDENTE

TITULO: Fractura de reactor de acrílicos durante el proceso de fabricación de una resina.
FECHA / HORA: 4 octubre 1997 / 11:00 PM.
ZONA / AREA: PSI Denver / Acrílicos.
LESIONES / DAÑOS: Quemaduras de segundo grado / Fractura del reactor X-10, incendios en planta.
FECHA DEL REPORTE: 15 octubre 1997.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:

El reactor de acrílico (X-10) en la planta PSI en Denver se fracturó durante la producción Batch de la resina G24X104. El contenido del reactor fue expulsado y las estructuras aledañas fueron severamente dañadas. El operador del reactor fue llevado al hospital donde se recupera de quemaduras en segundo grado. Hubo además pequeños incendios los que fueron rápidamente extinguidos por el personal.

Factores Causales:	Recomendaciones	Responsable	Fecha de cumplimiento
1. Ver analisis	IDEM análisis		
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Elaboro:

Reviso:

Reviso:

Autorizo:

Gcia. de Seguridad

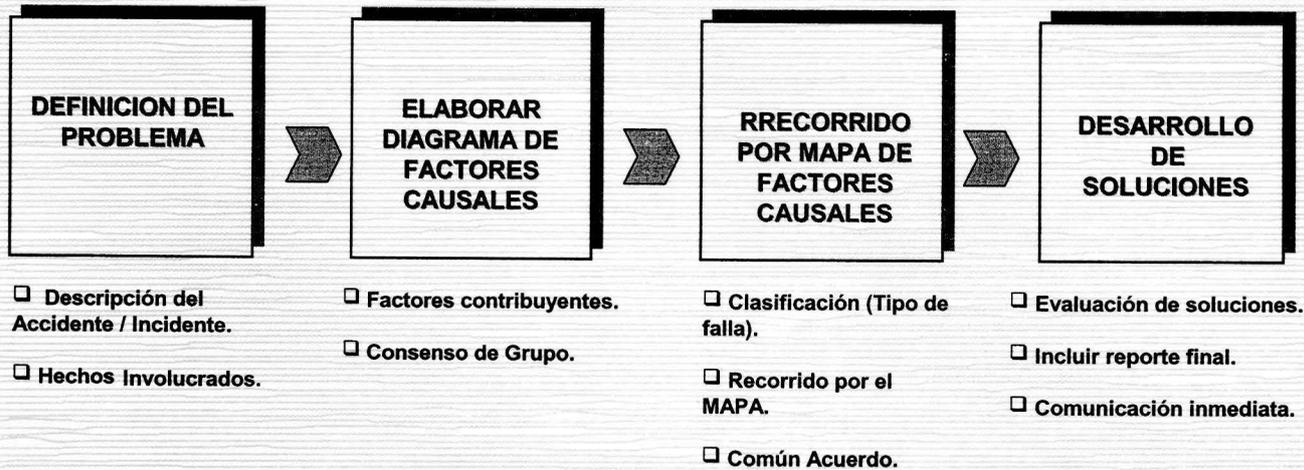
Gcia. Planta

Gcia Mantto.

Dirección de Producción.

6.5 RESUMEN.

METODOLOGIA MCR



CAPITULO VII

APLICACIÓN DE TECNICAS DE ANALISIS

7.0 INTRODUCCION.

En el presente capítulo se analizará un accidente donde se aplican las metodologías estudiadas y se definen aspectos relacionados con las mismas. En la siguiente **tabla** se dan características definidas por la **AICHE** (Instituto Americano de Ingenieros Químicos) donde se involucran algunas de las técnicas desarrolladas en el presente trabajo, sin embargo, esta misma asociación quien contempla 18 técnicas en su resumen no incluye a las técnicas **Mapa de Causas Raíces** y **Análisis de Causas Básicas Apolo** en su guía; por los conceptos manejados se incluyen estas técnicas en la clasificación.

Dicha recopilación de información no pretende estar totalmente en lo cierto referente a las características definidas, sin embargo, suministra datos como información de uso general. El compendio mostrado en la **guía AICHE** se basa en diversas fuentes de información además de reconocer que algunas técnicas están siendo revisadas actualmente.

El accidente en estudio, fue un hecho real el cual sucedió en una compañía de producción de gases industriales por lo que se pudo contar con información fidedigna, recopilación de evidencias, hechos relacionados con el personal gerencial y operativo que estuvo involucrado con la consecución de los hechos, y por último entrevistas con testigos presenciales del accidente. Como la compañía mantiene un **sistema de seguridad propio**, es necesario considerar sus procedimientos, políticas, requerimientos y los objetivos de la organización por lo que los aspectos operativos y administrativos tendrán que relacionarse con estos elementos del sistema de seguridad prevaeciente en dicho momento.

Es necesario señalar que los resultados arrojados reflejan de una u otra manera una similitud en las **acciones correctivas y preventivas**. Debido a que se analiza un mismo accidente con las cuatro técnicas, las acciones preventivas y correctivas en un momento dado se aclaran, refuerzan o repiten en la mayoría de los casos, sin embargo,

lo relevante en esta sección es la aplicación de los procedimientos, sus ventajas y desventajas que presentan y las características representativas de cada una.

Al final de este capítulo se define un formato de “**Reporte de Accidente**” que cumple con los datos requeridos para describir, dar a conocer y seguir el cumplimiento de las recomendaciones una vez concretadas.

AICHE. Guía de técnicas de Investigación de Accidentes.

Técnica de investigación	Tipo de categoría ^a	Base Lógica			Disponible al Público / Privado	Método Primario / Secundario	Origen y/o área donde se reconoce su aplicación exitosa ^b					Madurez ^c			Capacitación ^d					
		I	II	III			CPI	TRA	NUC	OI	HP	EX	SP	EV	IN	TL	TM	N		
TOR	2				Privado	Secundario						•		•			>8	>8	@8	<8
MORT	3	•			Público	Secundario						•		•			=8	>8	>8	>8
* MCR	-	•			Privado	Secundario	•					•		•			=8	>8	>8	>8
* APOLO	-		•		Publico	Primario						•		•			>8	>8	@8	<8

Leyendas

- I = Deductiva.
- II = Inductiva.
- III = Morfológica.
- = Totalmente aplicable.
- x = Parcialmente aplicable.

- Morfológico = Aproximación morfológica – una combinación Inductiva – Deductiva.
- Primario = Método Primario; técnica individual.
- Secundario = Métodos Secundarios. Complementan algún otro método.

a Esta clasificación refleja la transparencia y facilidad de uso.

b **CPI** = Industrias Químicas.

TRANS = Incidentes en transportes: aéreos, marítimos, ferrocarrileros, etc.

NUC = Industria Nuclear.

OI = Incidentes Ocupacionales.

HP = Desempeño Humano: confiabilidad humana o errores humanos.

c **MADUREZ** = el grado de sofisticación y experiencia necesaria para la aplicación exitosa de la técnica.

EX = Se requiere un experto en el equipo de investigación. El término experto implica que el investigador tiene amplia experiencia en análisis de riesgos y experiencia en la investigación de accidentes.

SP = Profesional de Seguridad.

EV = Técnica en desarrollo. Aplicaciones piloto aun no se han realizado.

d **CAPACITACION** = Relacionado con la cantidad de tiempo requerido para llegar a ser eficiente, ya sea como líder o miembro del equipo

El siguiente rango es utilizado:

= 8 Indica experiencia en análisis de riesgos o al menos 40 hr de capacitación formal.

> 8 Se requiere una semana de capacitación

@8 Indica 1 día de orientación incluyendo un taller de trabajo para la resolución de problemas prácticos.

<8 Revisión de la técnica, sin capacitación práctica.

IN = Instructor.

TL = Líder de equipo.

TM = Miembro del equipo.

N = Miembro novato.

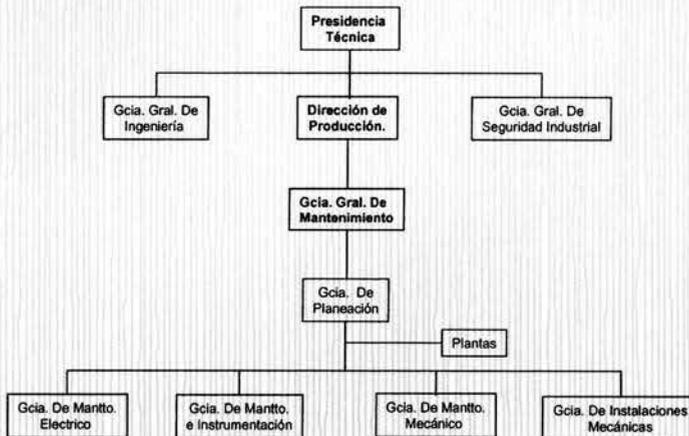
* Estas técnicas no están consideradas en la Guía AICHE..

7.1 CASO DE ANÁLISIS.

DESCARGA ELÉCTRICA A PERSONAL CONTRATISTA EN CCM (4160 V).

El siguiente **accidente** ocurrió en una planta de gases industriales localizada dentro de las instalaciones del cliente **Aceros DMA**, a la cual le provee oxígeno gaseoso para sus hornos de proceso. Esto ocurrió el día 21 de marzo del 2002 durante un **Mantenimiento Preventivo** con trabajos considerados menores, los cuales involucraron la limpieza y reapriete de conexiones en equipos eléctricos incluyendo el **CCM principal**, el cual recibe **4160 volts** de alimentación y de aquí se distribuye a los demás equipos existentes.

La compañía de gases industriales cuenta con un departamento específico de **Mantenimiento a Plantas**, el cual se encarga de los mantenimientos preventivos y correctivos de todas las plantas con las que cuenta dicha compañía. Este departamento se encuentra en orden jerárquico en el siguiente organigrama:



DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE.

El pasado 21 de marzo del 2002, aproximadamente a las 11:40 am, un trabajador contratista de la compañía **“Instalaciones Eléctricas”** recibió una descarga eléctrica de 4160 volts al realizar trabajos de limpieza y reapriete de conexiones en el CCM (centro de control de motores). El trabajador fue expulsado a 1.5 m de distancia, recibió quemaduras de 2do y 3er grado en el antebrazo, hombro y axila derecha.

PERSONAL INVOLUCRADO EN EL ACCIDENTE.

Debido a que se trataba de trabajos considerados menores en la planta, no asistió el personal especialista eléctrico del área de mantenimiento general, solamente la gerencia de planeación en paralelo con el personal de la planta se encargaron de definir las actividades por realizarse (previa confirmación de paro de producción por parte del cliente), por lo que se contemplo la contratación de la compañía **“Instalaciones Eléctricas”** para realizar los trabajos de mantenimiento.

El **programa de mantenimiento** contemplo como responsable al Ing. Carlos Rodríguez (quien forma parte del personal de planta) de los trabajos en el CCM; el Ingeniero pertenece al área de mantenimiento mecánico a tanques de clientes en la región, el cual tenía poco tiempo de haber ingresado a la compañía además de no tener experiencia en el área eléctrica. Para llevar a cabo el mantenimiento preventivo se requería autorización de diversas gerencias centrales, las cuales son:

- Dirección de Producción.
- Mantenimiento.
- Ingeniería.
- Seguridad Industrial.

Estas gerencias autorizaron vía fax el programa general de mantenimiento definido para la planta.

HECHOS EN TORNO AL ACCIDENTE.

El 20 de marzo del mismo año, se tomó la decisión de llevar a cabo un mantenimiento preventivo con trabajos catalogados como menores en equipos eléctricos, debido a que el cliente informó del paro de producción de su planta ese mismo día. Se notifica de inmediato a las gerencias necesarias para la autorización y vía fax se les envía el programa con las actividades y responsables para su Vo. Bo. y autorización.

Cuando se llevaban a cabo trabajos de mantenimiento es obligatorio realizar por escrito un Análisis de Seguridad por Tarea (AST), para describir los riesgos asociados con cada actividad y de esta manera aislarlos, controlarlos y/o eliminarlos; sin embargo, ningún análisis fue realizado por lo que no se detectó (a pesar de ser un trabajo considerado muy probablemente de bajo riesgo una vez desenergizado el CCM) el riesgo de sufrir una descarga eléctrica y tomar las medidas de seguridad pertinentes para controlar y verificar la ausencia de energía en el mismo.

Preparativos.

Durante los preparativos, se requería abrir el interruptor en la subestación del cliente en la subestación de la planta y posteriormente en el CCM de 4160 V, por lo que solo se desenergizó este último (Ver Diagrama Anexo). El gerente de la planta y el personal de mantenimiento asignado se encargaron de desenergizar del CCM previo a la ejecución de los trabajos.

La compañía contratista no conocía las instalaciones que se intervenirían ya que se presentó ese mismo día, por lo que no hubo juntas de seguridad previas, inducción de seguridad para el personal y supervisión durante la ejecución de los trabajos.

Procedimientos.

La compañía cuenta con los siguientes procedimientos establecidos dentro de su sistema de seguridad:

- Sistema de Permisos de trabajo.
- Acceso y control de contratistas.
- Inducción de contratistas.
- Análisis de Seguridad por Tareas.
- Requisitos de seguridad para trabajos en mantenimientos mayores.
- Juntas de seguridad previas con personal contratista y personal de planta.
- Seguridad en electricidad (Categorías C1 y C2 del personal operativo para trabajos con bajo y alto voltaje).

Se emitió un permiso de trabajo el cual no tenía las recomendaciones de seguridad mínimas necesarias para realizar trabajos eléctricos y se verificara antes de intervenir los equipos que estuvieran desenergizados, además de que este permiso se emitió sin darle las recomendaciones de seguridad mínimas al contratista ya que a pesar de ser actividades relativamente simples, se intervendrían equipos que manejan altos voltajes (**4.16 KV**).

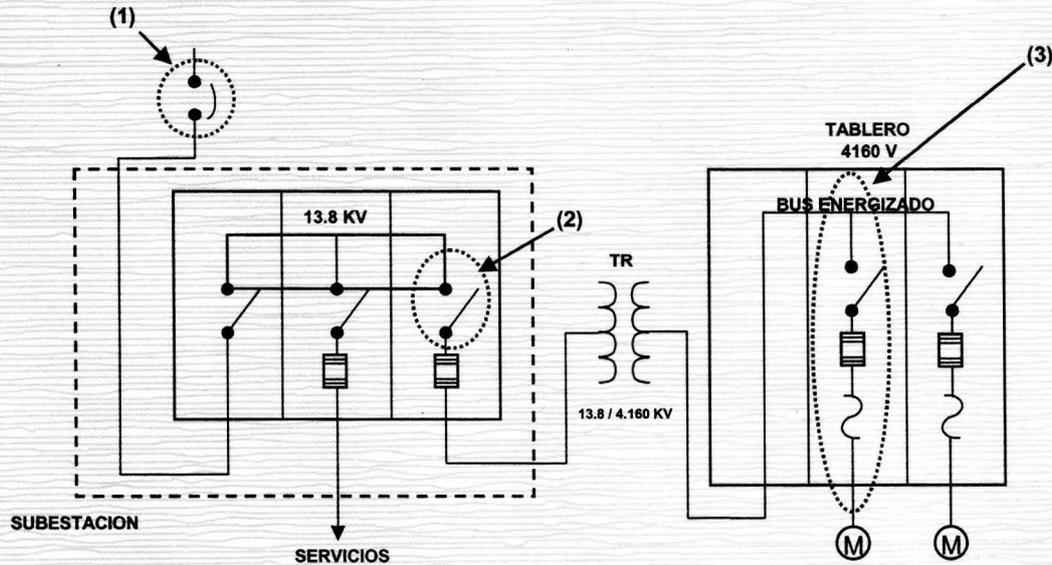
Personal calificado como C1 y C2, cuyo perfil técnico se encuentra en los procedimientos de seguridad en electricidad de la compañía, no se contemplo como lo marca el procedimiento; ya sea personal supervisor o ejecutante se debe cumplir con lo establecido en las políticas con trabajos eléctricos.

El personal contratista accidentado laboraba solo como ayudante general en su compañía por lo que no tenía conocimientos especializados en el área eléctrica. El responsable de los contratistas no se presento hasta el momento del accidente.

El contratista durante la ejecución de su trabajo, abrió el gabinete donde se alojan los arrancadores así como el BUS de alimentación en el cual ingresó la mano para limpiar recibiendo la descarga de 4160 V.

El contratista accidentado fue trasladado al hospital más cercano y se encuentra en recuperación.

DIAGRAMA DE INSTALACION



- (1) EL INTERRUPTOR DEL CLIENTE QUE ALIMENTA A LA SUBESTACION (NO SE ABRIÓ).
- (2) INTERRUPTOR GENERAL (NO SE ABRIÓ).
- (3) INTERRUPTOR DEL COMPRESOR NO SE DESENERGIZO, SOLO LA ALIMENTACION HACIA EL MOTOR.

7.2 ANALISIS TOR

1.0 Definición.

Para realizar el análisis con la técnica TOR, se definió que la causa principal o raíz es la número 77, dentro de la categoría de "**Características Personales**":

- Asignación de trabajo no apto para este individuo en particular.

2.0 Trazado y Eliminación.

A partir de esta causa se continua con la generación de la lista inicial cuyos números son: 42 y 65. El número 65 se decide que este fuera del análisis por no considerarlo causa del problema, por lo que se continúa con el desglose de las subcategorías listadas del número 42 el cual esta "dentro" del análisis: 24,11,52.

De esta manera se continua hasta que se regresa al número 77 o se termina la secuencia de números en las diversas categorías principales.

De este análisis se concluye que las Causas Raíces son:

- Asignación de trabajo no apta para este individuo en particular.
- Presión de tareas inmediatas.
- Ninguna instrucción / instrucciones inadecuadas.
- Condiciones ineficientes prevalecientes.
- Capacitación no prevista.
- Flujo de trabajo.
- Periodo de atención de las actividades ineficiente.

3.0 Selección.

Una vez establecidas las causas raíces se procede al paso final de **Selección**, el cual se encuentra en la tercera columna del análisis TOR, cuyo análisis y estudio a profundidad definirá que recomendaciones se implementarán, los responsables y fecha de cumplimiento.

TRAZADO Y ELIMINACIÓN.

No.	CAUSAS	RECORRIDO / EVIDENCIA	ACCION PREVENTIVA (SELECCIÓN)
77	Causa Principal (Raíz) Asignación de trabajo, no apto para este individuo en particular	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de mantto. a TQ's sin especialización y experiencia en trabajos con alto voltaje. • No estaba calificado como personal C2; categoría necesaria para intervenir equipos de alto voltaje (1000 V en adelante) 	1. Definir y capacitar al personal de planta en los procedimientos necesarios tanto técnicos como de seguridad en la categoría C2 para trabajos en alto voltaje (1000 V en adelante).
42	Actos Inseguros. Deficiencia en la observación y corrección.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de condiciones seguras previas a la intervención deficiente. 	2. Validación teórico-práctica de personal calificado C2 que incluya conocimientos en el uso de dispositivos de detección de voltaje y diagramas unifilares actualizados de la planta.
66			
24	La Presión de tareas inmediatas obscurecen el alcance total de responsabilidades.	<ul style="list-style-type: none"> • Al notificar el paro de producción por el cliente se designaron responsabilidades inmediatas al personal de planta. • No se considero necesario la asistencia del personal de mantto. a plantas por ser actividades menores. 	3. Durante la planeación, el gerente general de mantenimiento eléctrico definirá en paralelo con la gerencia de planeación y personal de planta las actividades anuales a realizarse en mantos preventivos que tengan que ver con la intervención de equipos energizados y que manejen alto voltaje. Deberá definir responsables de la ejecución y en su defecto de la supervisión.
11	Ninguna instrucción. Instrucciones no disponibles para situaciones particulares	<ul style="list-style-type: none"> • No existen instrucciones específicas para el desenergizado de equipos en la planta. Los procedimientos incluyen aspectos generales en prácticas de trabajo seguro de seguridad en electricidad. 	4. Elaborar un procedimiento para desenergizado de subestación y CCM. Realizar recorrido y verificación en campo (Se hace extensivo a las demás plantas de la zona).
52	Condiciones. Ineficiencia e inseguridad por error o falla en la inspección, supervisión o mantto.	<ul style="list-style-type: none"> • No hubo ninguna inspección previa a la intervención prevaleciendo la condición insegura. No hubo supervisión por el personal responsable asignado así como por el responsable del contratista. 	<p>5. Se requiere para trabajos en equipos que manejen alto voltaje, asistencia de personal contratista capacitado técnicamente. Es necesario contar con evidencia que garantice su preparación (Incluir base de datos con posibles compañías).</p> <p>6. Se solicitara la asistencia con la anticipación posible (no menos de un día) del supervisor a cargo del contratista; para explicar los trabajos programados y se requerirá obligatoriamente de su presencia antes y durante la intervención de cualquier equipo.</p>
36			

No.	CAUSA	RECORRIDO / EVIDENCIA	ACCION PREVENTIVA
12	Capacitación necesaria no prevista.	<ul style="list-style-type: none"> El personal a cargo no contaba con la capacitación necesaria para ser acreditado como calificado en procedimientos de seguridad en electricidad. Desconocimiento de las instalaciones eléctricas. 	7. Elaborar un plan de capacitación y recapacitación para el personal operativo en los diversos procedimientos de trabajo seguro. <ul style="list-style-type: none"> AST (Análisis de seguridad por tarea) PT (Permiso de Trabajo) Programa Toma Dos. Acceso a contratistas.
51	Flujo de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> Hubo trabajos correctivos en otra planta de la zona hasta muy tarde del día anterior. 	8. Solicitar al cliente posibles fechas de paro en su producción y entregar a la gerencia de planeación.
44			
22			
24	Ok		
80			
24			
32			
14	Instrucciones Inadecuadas. Las instrucciones se dieron, sin embargo, los resultados muestran que no se tomaron a final de cuentas.	<ul style="list-style-type: none"> PT emitido sin explicación y análisis del trabajo por realizar. No hubo junta de seguridad previa donde se analizaran las actividades y recomendaciones generales de seguridad. Ninguna instrucción técnica y de seguridad al personal contratista. 	IDEM 7
86			
24	Ok		
34			
86			
44			
24	Ok		
31	Decisiones fuera del contexto del problema.	<ul style="list-style-type: none"> Trabajos considerados como menores por lo que se perdió de vista el riesgo presente. Se tiene el mismo criterio en la asignación de responsabilidades al personal de planta. 	IDEM 1
80			
46			
46			
42	Ok		
36			
83	Periodo de atención. Tener muchas actividades. Delegación inadecuada, desarrollo inadecuado de subordinados.	<ul style="list-style-type: none"> Delegación inadecuada. Falta de análisis en la planeación de las actividades. No hubo supervisión por parte del personal de planta y supervisor a cargo del contratista. 	9. Generar plan de apoyo ínter plantas donde por cualquier razón que el personal especialista de mantto. Gral. no pudiese asistir durante la ejecución, se solicite la asistencia de especialistas eléctricos de otras plantas.
85			
12	Ok		
86			

7.3 ANALISIS MORT.

1.0 Eventos y Factores apoyados por hechos.

Una vez que se obtienen todas las evidencias y los hechos se aclaran en torno al accidente, la metodología MORT indica desarrollar un diagrama de factores causales el cual se presenta a continuación.

2.0 Recorrido por el Mapa para cada uno de los factores causales.

Una vez definidos los factores causales se realiza el recorrido por el mapa de la versión simplificada junto con la lista de preguntas que lo acompañan. Para cada factor causal se define a que tipo de falla pertenece: **Administrativa, Operativa o Atención de la Emergencia**; una vez catalogada se busca la causa raíz en el Mapa MORT.

3.0 Determinación de Causa Raíz y Causas Básicas.

Las Causa Raíces y Básicas derivadas de este análisis son:

- Deficiencia al evaluar el riesgo de las actividades y el perfil del personal responsable.
- Supervisión inadecuada.
- Análisis del riesgo de trabajo inadecuada.
- No fueron utilizadas las barreras de protección.
- Capacitación inadecuada.
- Inspección inadecuada.
- Selección de personal externo inadecuado.

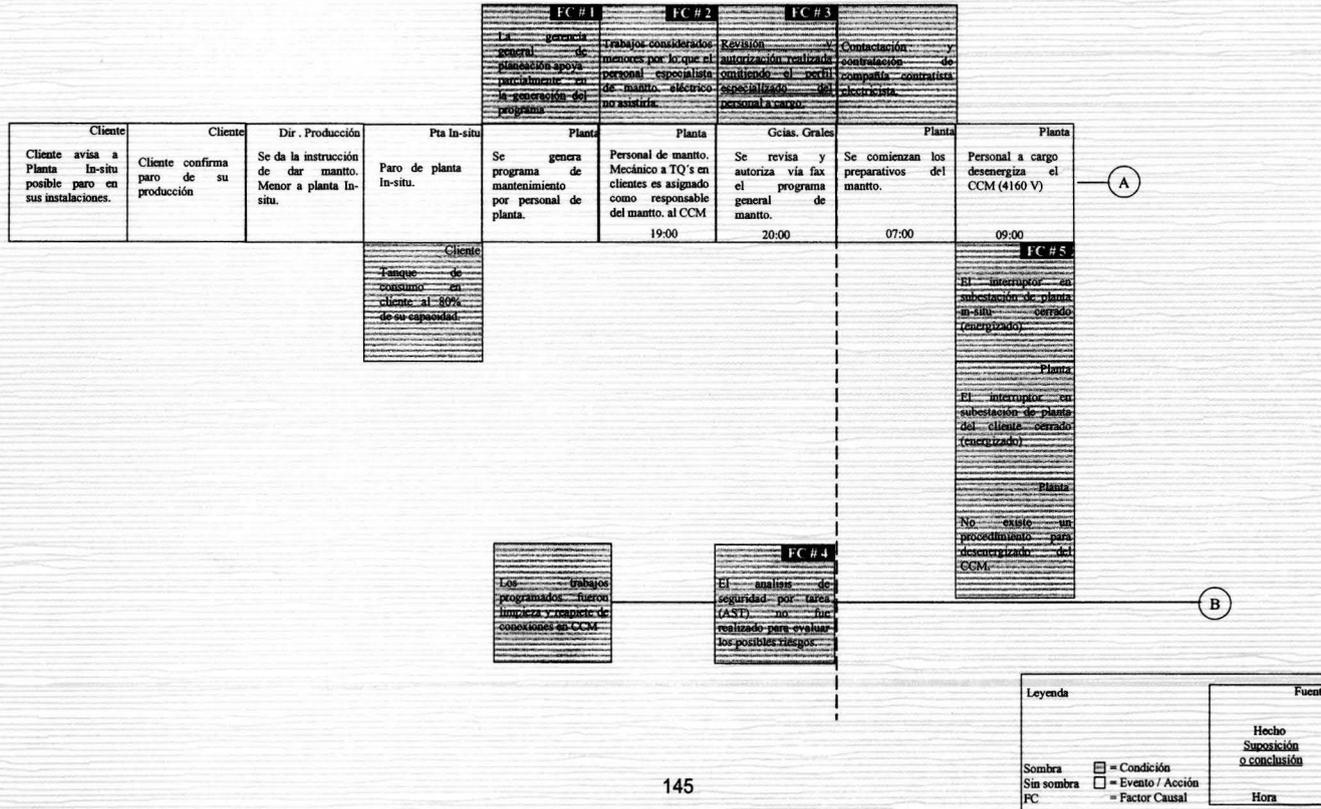
4.0 Determinación de las Acciones Correctivas.

Se determinan las acciones correctivas / preventivas en función de la causa detectada en la tercer columna de la tabla donde se realizo el recorrido por el **Mapa MORT**.

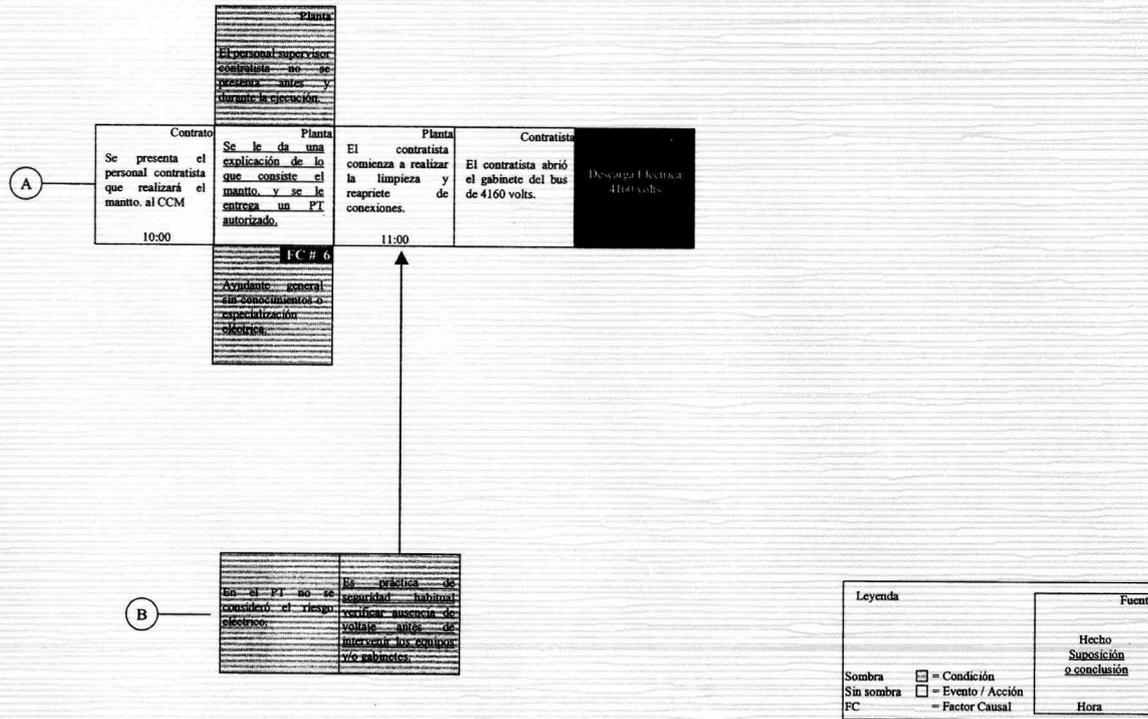
MORT

Anexo Diagrama de Eventos y Factores Causales
Descarga eléctrica 4160V

21 marzo
7:00 AM



Anexo 1 Diagrama de Eventos y Factores Causales (cont..)



ANÁLISIS MORT

Factor Causal	Ruta MORT	Recomendaciones
<p>#1- La gerencia general de planeación apoya parcialmente en la generación del programa.</p>	<p>Administrativa</p> <p>- Factores humanos e Ingeniería.</p> <p>Deficiencia al evaluar el riesgo de las actividades implícitas y el perfil necesario de los responsables de las mismas.</p>	<p>1. Durante la planeación en cualquier mantto. que involucre equipos que manejen altos voltajes, se deberá revisar el perfil de los responsables y el riesgo implícito. Esto lo deberá realizar la gerencia de mantto. eléctrico durante la planeación y se darán las recomendaciones de seguridad obligatorias para realizar el trabajo.</p>
<p>#2- Revisión y autorización llevada a cabo por las diversas gerencias sin tomar en cuenta el perfil del personal a cargo.</p>	<p>Administrativa</p> <p>- Factores humanos e ingeniería.</p> <p>Trabajos considerados menores, sin embargo, no se analizó el riesgo implícito que conllevan estas actividades.</p> <p>Administrativa</p> <p>- Supervisión inadecuada.</p> <p>Durante los preparativos no hubo la supervisión adecuada del programa debido muy probablemente a la escases de tiempo en la evaluación.</p>	<p>2. Solicitar a las diversas gerencias el análisis de riesgo de las actividades eléctricas en equipos que manejen alto voltaje. Seguridad Industrial coordinará con las demás gerencias esta autorización verificando que se cuente con el personal calificado.</p>
<p>#3- Trabajos considerados menores por lo que el personal especialista de mantto. eléctrico no asistió durante la ejecución.</p> <p>Los trabajos en el CCM eran actividades mecánicas menores, sin embargo, representaba un alto riesgo en sus preparativos ya que se manejan 4160 V (Alto Voltaje).</p>	<p>Administrativa.</p> <p>- Análisis de Riesgos del trabajo ineficiente.</p> <p>No hubo análisis del riesgo por parte de la gerencia de mantto. eléctrico a plantas.</p> <p>Administrativa</p> <p>- Supervisión Inadecuada.</p> <p>No asistió el personal especialista de mantto.</p>	<p>3. Para cualquier trabajo de mantto. eléctrico en equipos que manejen altos voltajes (1000 V en adelante), lo deberá supervisar además del responsable de la ejecución el gerente de mantto. eléctrico sin excepciones. En caso de fuerza mayor se coordinará el apoyo de otros especialistas electricistas de otras plantas.</p>

Factor Causal	Ruta MORT	Recomendaciones
<p>#4- Interruptor en subestación de planta In-situ energizado.</p> <p>La revisión de los diagramas unifilares no fue realizada para definir la ruta de desenergizado que abriera el circuito. Solo se desenergizaron los arrancadores del CCM de 4160 V.</p>	<p>Operativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Barreras Inadecuadas. - No fueron utilizadas. <p>No se desenergizó la subestación eléctrica de la planta In-situ, previamente al desenergizado del CCM.</p> <p>Administrativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación Inadecuada. <p>El personal de planta responsable no contaba con la especialización necesaria y categoría en procedimientos de trabajo seguro en el área eléctrica (nivel C2).</p> <p>Administrativa</p> <ul style="list-style-type: none"> -Personal Inadecuado. <p>El personal responsable es técnico criogénico que da mantto. a los tanques en los clientes de la zona.</p> <p>Administrativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspección Inadecuada. 	<p>4. Desarrollar un procedimiento de desenergizado del sistema eléctrico que aplique en las diversas áreas de la planta. Deberá incluir los diagramas unifilares revisados y las recomendaciones de trabajo seguro.</p> <p>5. Definir el perfil y el personal que se requiere en la zona nivel C2, para trabajos con alto voltaje dependiendo del área especializada de cada trabajador.</p> <p>6. Capacitar en los procedimientos de trabajo seguro y de seguridad en electricidad al personal C2 que se defina previamente.</p>
<p>#5- El personal contratista es ayudante general sin conocimientos o especialización en el área eléctrica.</p> <p>Aunque trabajaba en una compañía contratista electricista, el trabajador es ayudante de limpieza general en conexiones sin formación técnica o profesional.</p>	<p>Administrativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selección de empleados inadecuada. <p>No existen criterios específicos en la selección inherente a contratistas ejecutantes.</p>	<p>7. El personal contratista deberá demostrar que cuenta con los conocimientos, experiencia y habilidades necesarias para ejecutar los trabajos eléctricos. El personal responsable tendrá que presentarse con anticipación a conocer las instalaciones y verificar condiciones de trabajo.</p>

Factor Causal	Ruta MORT	Recomendaciones
<p>#5 cont.</p> <p>No se cumplieron los procedimientos relacionados con el acceso y requerimientos de trabajo para contratistas, ya que el contratista responsable no asistió a conocer las instalaciones previamente así como verificar preparativos y supervisar la ejecución del trabajo.</p> <p>Es práctica común para el personal de planta verificar ausencia de voltaje antes de intervenir equipos que manejen corriente eléctrica.</p>	<p>Administrativa</p> <ul style="list-style-type: none"> -Supervisión inadecuada. <p>No hubo supervisión durante la ejecución del trabajo por personal de planta y por el contratista supervisor antes y durante las actividades.</p> <p>Operativa</p> <ul style="list-style-type: none"> -Barreras inadecuadas. - No se utilizaron. <p>El personal contratista desconocía esta práctica segura de trabajo además de que no le fue dado asesoramiento alguno por parte del personal de planta ni por su supervisor.</p>	<p>8. Dar a conocer en las juntas previas al personal contratista las reglas de trabajo seguro, como la utilización de dispositivos de verificación de voltaje antes de intervenir los equipos eléctricos, evitando cualquier exceso de confianza.</p>

7.4 ANALISIS APOLO.

1.0 Definición del Problema.

¿QUÉ?: Descarga eléctrica a personal contratista.

¿CUÁNDO?: 21 de marzo del 2002 durante un mantenimiento preventivo.

¿DÓNDE?: CCM Principal en 4160 V, Planta San Luis.

IMPACTO:

Seguridad: Quemaduras de 2do y 3er grado en antebrazo, hombro y axila derecha.

Ambiental: Ninguno.

Producción: Ninguno.

Mantenimiento: Personal de apoyo externo lesionado. 8 Horas – Hombre Perdidas.

Frecuencia: 1era Vez.

Investigación: 48 hrs.

2.0 Diagrama de Causas y Efectos (Ver Diagrama Adjunto).

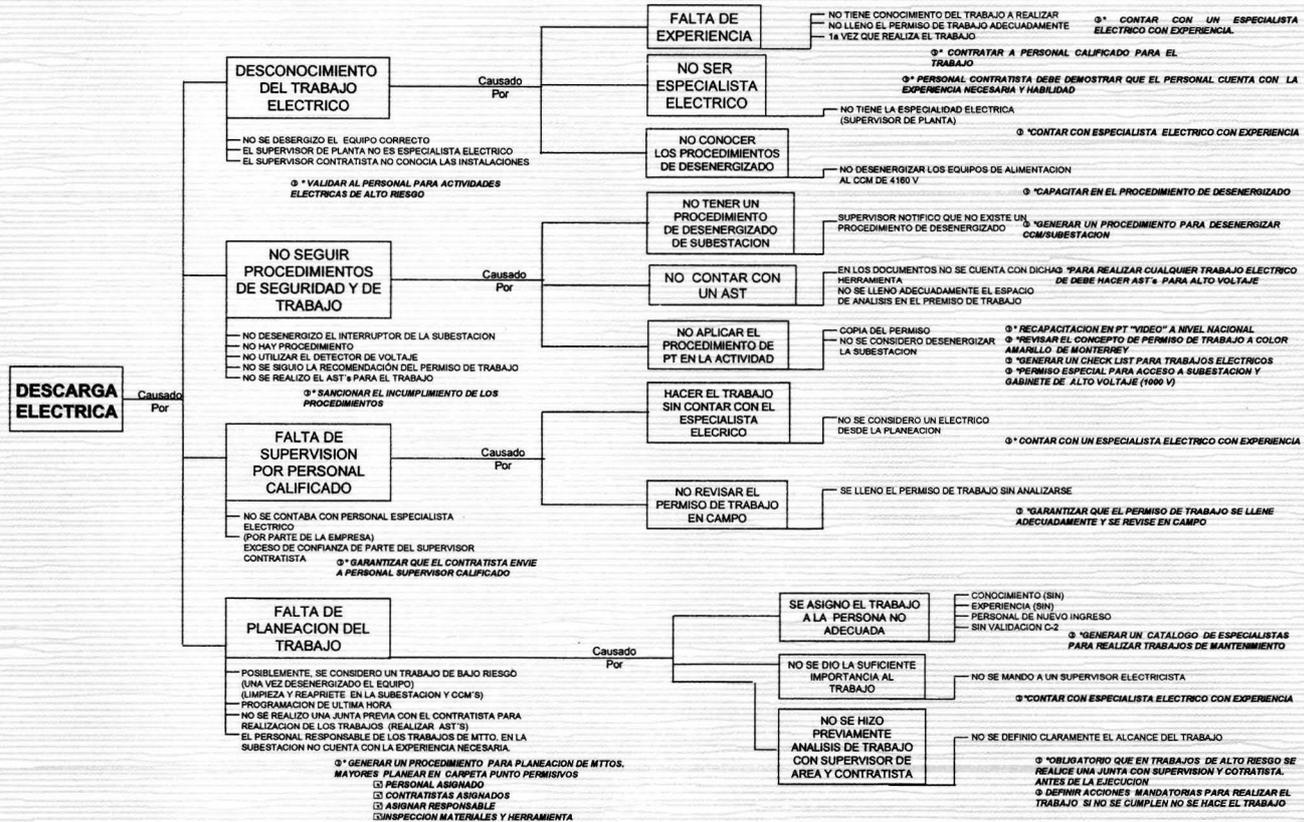
3.0 Identificar soluciones efectivas.

Se determinan las causas básicas o raíces, y se identifican las mejores soluciones las cuales se enumeran a continuación:

Causa Básica o Raíz	Solución efectiva
No ser especialista eléctrico.	El personal contratista deberá demostrar que el personal cuenta con la experiencia y habilidad necesaria.
No contar con un procedimiento de desenergizado en la subestación.	Generar un procedimiento para desenergizar el CCM y subestación.
No haber realizado el AST.	Para realizar cualquier trabajo eléctrico se deberá realizar AST para los trabajos con alto voltaje.
No aplicar el procedimiento de permisos de trabajo en la actividad.	<input type="checkbox"/> Recapacitación en PT, a nivel nacional. <input type="checkbox"/> Revisar el concepto de PT color amarillo de Monterrey. <input type="checkbox"/> Generar una lista de verificación para trabajos eléctricos. <input type="checkbox"/> Permiso0 especial para subestación y gabinete de alto voltaje (1000 V).
Realizar el trabajo sin contar con el especialista eléctrico.	<input type="checkbox"/> Contar con un especialista eléctrico con experiencia.
No revisar el PT en campo.	<input type="checkbox"/> Garantizar que el permiso de trabajo se llene adecuadamente y se revise en campo.
Se asigno el trabajo a la persona no adecuada.	<input type="checkbox"/> Generar un catalogo de especialistas para realizar trabajos de mantenimiento.
No se hizo previamente análisis de trabajo con supervisor de área y contratista.	<input type="checkbox"/> Obligatorio que en trabajos de alto riesgo se realice una junta con supervisor y contratista antes de la ejecución. <input type="checkbox"/> Definir acciones mandatorias para realizar el trabajo si no se cumplen no se hace el trabajo.

4.0 Implementar la mejor solución.

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO APOLO.



7.5 ANALISIS RCM (Mapa de Causas Raíces).

1.0 Identificar los factores causales del diagrama de factores causales.

Se tomará el diagrama de factores causales desarrollado para este accidente en la metodología MORT.

2.0 Realizar un recorrido por el MAPA.

Anotar:

- Categoría de causa raíz Mayor.
- Categoría de causa raíz próxima.
- Causa raíz.

Factor Causal	Causa Raíz mayor	Causa raíz Próxima	Causa Raíz
1	Supervisión inmediata.	Preparativos.	<input type="checkbox"/> Selección del trabajador inadecuada.
	Comunicación.	No hubo comunicación a tiempo.	<input type="checkbox"/> Método no disponible.
2	Sistemas administrativos / gerenciales.	Estándares, políticas o controles administrativos inadecuados.	<input type="checkbox"/> Error técnico.
	3	Sistemas administrativos / gerenciales.	Análisis de riesgo.
4		Supervisión inmediata.	Preparativos.
	Procedimientos.	No utilizado.	<input type="checkbox"/> No disponible o inconveniente de usar.
	Procedimientos.	Seguidos incorrectamente.	<input type="checkbox"/> Secuencia deficiente.
5	Capacitación.	No hubo capacitación.	<input type="checkbox"/> Requerimientos de capacitación no identificados.
	Supervisión inmediata.	Preparativos.	<input type="checkbox"/> No hubo preparativos.
	Supervisión inmediata.	Supervisión durante el trabajo.	<input type="checkbox"/> No hubo supervisión.
	Sistemas administrativos / gerenciales.	Estándares, políticas o controles administrativos inadecuados (SPAC).	<input type="checkbox"/> No son lo suficientemente estrictos.

3.0 Utilizar las causas raíces para elaborar las recomendaciones.

MCR

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
<p>#1 La gerencia general de planeación apoya parcialmente en la generación del programa.</p> <p>En mantenimientos preventivos, la gerencia de planeación desarrolla los programas de mantenimiento con la planta correspondiente con suficiente anticipación.</p>	<p>Supervisión Inmediata</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preparativos. - Selección del trabajador inadecuada. <p>Durante la generación del programa no se detecto el perfil del personal asignado para los trabajos en el CCM.</p> <p>Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> - No hubo comunicación a tiempo. - Método no disponible. <p>La generación del programa fue de manera precipitada debido a la incertidumbre en el paro de producción del cliente, opacando muy probablemente el alcance en la determinación del personal requerido para esa actividad.</p>	<p>1. La generación de los programas de mantto. preventivo deberán de considerar el perfil y habilidades de los responsables de los diversos trabajos eléctricos.</p> <p>2. El especialista de mantto. eléctrico deberá realizar el análisis de riesgo correspondiente para dar las recomendaciones de trabajo seguro y minimizar los riesgos asociados antes de la ejecución de las actividades (Directriz).</p>
<p>#2 La revisión y autorización llevada a cabo por las diversas gerencias, se hizo sin tomar en cuenta el perfil del personal a cargo ni el análisis de riesgo de las actividades.</p>	<p>Sistemas Administrativos / gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estándares, políticas o controles administrativos inadecuados. - Error técnico. <p>No se reviso la especialización y perfil necesarios del personal responsable asignado de los trabajos en el CCM.</p>	<p>3 Capacitar a las diversas gerencias involucradas en la autorización para reconocer las categorías nivel C1 y C2 (perfil y habilidades) en la evaluación de los programas de mantenimiento y del personal asignado como responsable.</p>
<p>#3. Trabajos considerados menores por lo que el personal especialista de mantenimiento eléctrico no asistió durante la ejecución.</p> <p>Los trabajos en el CCM eran actividades mecánicas menores, sin embargo, representaba un riesgo alto durante su preparación y ejecución si existieran gabinetes energizados en el CCM.</p>	<p>Sistemas Administrativos / gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis de riesgo. - Criterio de aceptación del riesgo inadecuado. <p>Trabajos considerados menores asociados con poco o bajo riesgo.</p>	<p>4. Capacitar a las gerencias en los riesgos asociados en el manejo de la electricidad, con la intención de identificar deficiencias en la evaluación del riesgo.</p>

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
<p>#4 El interruptor de la subestación de planta In-situ estaba energizado.</p> <p>La revisión de los diagramas unifilares no fue realizada para definir la ruta de desenergizado que controlara la posibilidad de que el circuito estuviera cerrado. Solo se desenergizaron los arrancadores del CCM (4160 V).</p> <p>Esto fue debido al desconocimiento de las instalaciones eléctricas en la planta y del suministro de energía a la misma por parte del cliente.</p>	<p>Supervisión Inmediata</p> <ul style="list-style-type: none"> -Preparativos. - Selección del trabajador. <p>El personal de planta asignado no tenía la preparación y capacitación requerida para el desenergizado / energizado de subestaciones y equipos de alto voltaje.</p> <p>Procedimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> - No utilizado. - No disponible o inconveniente de usar. <p>No existe un procedimiento para el desenergizado de la subestación y CCM en planta, sin embargo, las prácticas de trabajo seguro en la compañía especifican siempre la verificación de ausencia de voltaje en los equipos a intervenir cualquiera que sea la actividad a realizar, aun cuando se lleve a cabo la apertura de interruptores.</p> <p>Procedimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seguidos incorrectamente. - Secuencia deficiente. <p>El procedimiento de permisos de trabajo no fue aplicado correctamente, ya que las recomendaciones específicas para esta actividad no se llevaron a cabo, y no se explico en el sitio de trabajo la actividad a desarrollar al contratista.</p>	<p>5. Definir si el personal responsable de esta actividad requiere la capacitación nivel C2, tomando en cuenta su preparación, experiencia y perfil definido previamente con los niveles.</p> <p>6. Elaborar procedimiento para el desenergizado de subestación en planta que incluya la utilización de diagramas unifilares actualizados y verificados en campo.</p> <p>7. Durante los preparativos se deberá realizar siempre un AST (análisis de seguridad por tarea) siempre que se llevan a cabo manito preventivo mayor o menor; los cuales deberán ser revisados por las gerencias involucradas para controlar los riesgos antes y durante la ejecución de las actividades.</p> <p>8. Capacitar en los módulos correspondientes de procedimientos de trabajo al personal de la zona; evaluar la claridad en el uso de PT y la posibilidad de incluir una lista de verificación de preparativos en trabajos eléctricos, adicional en este formato.</p>
<p>#5. El trabajador contratista es ayudante general sin ninguna especialización eléctrica.</p>	<p>Capacitación</p> <ul style="list-style-type: none"> -No hubo capacitación. - Requerimientos de capacitación no identificados. <p>El perfil requerido de capacitación del contratista no se considero debido a la naturaleza de las actividades por lo que no era necesario mayor especialización.</p> <p>Supervisión Inmediata</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preparativos. -No hubo preparativos. <p>La compañía contratista y su personal asistieron el mismo día programado para el mantenimiento. No conocían las instalaciones y solo se le explico brevemente las actividades a desarrollar.</p>	<p>9. Solicitar personal capacitado en cualquier trabajo con equipos y sistemas que manejen altos voltajes. Este personal deberá verificar las condiciones de trabajo existentes antes de intervenir los equipos, aun cuando lo apoye personal ayudante.</p> <p>10. Solicitar la presencia del supervisor contratista con no menos de 1 día de anticipación para que le sean explicadas las actividades y requisitos de seguridad obligatorios que se deben cumplir durante el manito.</p>

Factor Causal	Ruta a través del Mapa de Causas Raíces	Recomendaciones
	<p>Supervisión inmediata</p> <ul style="list-style-type: none"> -Supervisión durante el trabajo. -No hubo supervisión. <p>Durante la ejecución de las actividades del contratista no se supervisó su desarrollo por parte del personal responsable de planta y contratista.</p> <p>Sistemas administrativos / gerenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estándares, políticas o controles administrativos (SPAC) inadecuados. -No son lo suficientemente estrictos. 	<p>11.Incluir en los procedimientos de acceso a contratistas en coordinación con la gerencias administrativas, las cláusulas obligatorias que deben de cubrir en cuanto a políticas de seguridad.</p> <p>12. Documentar una base de datos que incluya a las compañías contratistas que cuenten con estándares de seguridad altos en las diversas plantas de las zonas a nivel nacional.</p>

FORMATO DE REPORTE DE ACCIDENTES

SI-01/03

REPORTE DE ACCIDENTE

TITULO:	Descarga eléctrica de 4160 V.
FECHA / HORA:	21 marzo 2003 / 11:00 am.
ZONA / AREA:	SLP / Contratista de la compañía Instalaciones Eléctricas.
LESIONES:	Quemaduras de 2do y 3er grado en axila y brazo derecho.
FECHA DEL REPORTE:	25 marzo 2003.

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE:
 Un trabajador contratista de la compañía "Instalaciones eléctricas" recibió una descarga eléctrica de 4160 V., al realizar trabajos de limpieza y reapriete de conexiones en el CCM (centro de control de motores).

Factores Causales	Recomendaciones	Responsable	Fecha de cumplimiento
Ver técnicas de aplicación			

Elaboro:

Reviso:

Reviso:

Autorizo:

Gcia. de Seguridad

Gcia. Gral. De Seguridad

Gcia. Mantto.

Dirección de Producción.

Formato de "Reporte de Accidente" con las características necesarias para reportar un accidente, dar las recomendaciones y el personal involucrado en la realización y autorización de las acciones correctivas / preventivas.

7.6 VENTAJAS / DESVENTAJAS.

TÉCNICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>TOR</p> <p>Revisión Operativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fácil aplicación (lista de verificación SI/NO). <input type="checkbox"/> Parte de la premisa de que de una sola Causa Básica o Raíz se origina una serie de factores causales. <input type="checkbox"/> Puede ser utilizado por los diversos niveles jerárquicos en una organización. <input type="checkbox"/> Requiere de poco tiempo de aplicación y puede participar personal no especializado necesariamente. <input type="checkbox"/> Se recomienda para el análisis de accidentes esporádicos con un impacto menor (Perdidas materiales y humanas menores). 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La evaluación de la causa básica debe ser lo más objetiva posible, pues se corre el riesgo de salirse del contexto del problema. <input type="checkbox"/> La interpretación de las causas básicas puede salir del contexto del problema. <input type="checkbox"/> Procedimiento inverso. Se parte de una Causa Básica o Raíz para definir los demás factores causales y causas raíces involucradas en el problema. <input type="checkbox"/> No podría utilizarse para el análisis previo de escenarios hipotéticos en la prevención de incidentes / accidentes. <input type="checkbox"/> Método Reactivo.
<p>MORT</p> <p>Arbol de Riesgos y Descuidos Administrativos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Diferencia claramente entre aspectos operativos y administrativos. <input type="checkbox"/> Metodología resumida en una lista de verificación como guía en la evaluación de los factores causales. <input type="checkbox"/> Evalúa o audita un programa de seguridad en relación con un accidente significativo que tiene la posibilidad de ocurrir (Método Pro-activo). <input type="checkbox"/> Vincula la seguridad de las actividades productivas habituales y con la gestión general. <input type="checkbox"/> Facilita el control y la planificación global. <input type="checkbox"/> Ayuda a reducir la frecuencia de perturbaciones en la producción. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Método secundario que requiere un diagrama de factores causales previo a realizar el recorrido. <input type="checkbox"/> A pesar del diseño orientativo de las preguntas, los dictámenes emitidos por los analistas son en parte subjetivos. <input type="checkbox"/> No permite la determinación de riesgos inmediatos debido a fallos y perturbaciones. <input type="checkbox"/> En el concepto MORT no se incorpora la capacidad de establecer prioridades. <input type="checkbox"/> Exige la asignación de un periodo de tiempo considerable y la participación de expertos (existe en los EU de norteamérica un programa de formación para la certificación MORT).

Cont.

TÉCNICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>RCA</p> <p>Análisis de Causas Básicas Apolo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Propicia la búsqueda exhaustiva de causas básicas o raíces apoyado de la lluvia de ideas. <input type="checkbox"/> Se apoya en problemas basados en hechos, no en suposiciones o hipótesis. <input type="checkbox"/> Considera en su evaluación el impacto, la frecuencia y la magnitud que provocó un determinado accidente. <input type="checkbox"/> Requiere de poco tiempo para su aplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No hay una regla específica que indique cuando se detendrá en la serie infinita de causas. <input type="checkbox"/> Es necesario contar con un coordinador con experiencia en la aplicación de la técnica. <input type="checkbox"/> Tendencia a salirse del contexto del problema cuando surge la discusión de los eventos y sus causas.
<p>RCM</p> <p>Mapa de Causas Raíces.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Define diversas categorías de Causas Raíces hasta la propia causa raíz que origino el problema. <input type="checkbox"/> El propio mapa es la lista de verificación para la evaluación de las categorías de causa raíz. <input type="checkbox"/> Conduce a un análisis y evaluación más amplia, detallada y profunda que las metodologías anteriores al contar con una base de datos bastante consistente. <input type="checkbox"/> Apoya el análisis de tendencias de "causas raíces" y de "categorías". 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Método secundario que requiere un diagrama de factores causales previo a realizar el recorrido. <input type="checkbox"/> Exige la asignación de un periodo de tiempo considerable y de personal coordinador con experiencia en su aplicación.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

8.0 CONCLUSIONES.

El análisis apropiado de un accidente debe conducir a conclusiones significativas las cuales deberán estar basadas en la clara evidencia que fue identificada durante el análisis, así como por otros factores que podrían no haber intervenido claramente pero que, sin embargo, han sido evaluados. Las conclusiones deben identificar las deficiencias en el sistema más que las fortalezas, pues después de todo la investigación de accidentes es el resultado de un evento no deseado en las organizaciones. Como se ha descrito a lo largo de este trabajo, existen múltiples factores contribuyentes que se encuentran involucrados en los accidentes de trabajo, por lo que es recomendable desarrollar conclusiones por separado para cada factor contribuyente identificado. Algunos factores contribuyentes pueden parecer ser más importantes dentro de la investigación, sin embargo, debido a que la investigación es una evaluación del sistema, todos los factores son importantes y deben ser considerados por igual.

Las recomendaciones son los productos más importantes del análisis que deben contemplar mejoras en el sistema orientadas a resolver la causa o causas raíces del problema además de inhibir el flujo de eventos. Las recomendaciones acertadas:

- Consideran opciones para reducir la frecuencia, minimizar la exposición y/o minimizar las consecuencias de una o más causas raíces.
- Describen con claridad la acción proyectada.
- Son prácticas, factibles y se pueden conseguir.
- Mejoran la protección inherente.
 - Reducción de inventarios.
 - Substitución.
 - Intensificación y Cambio.

- Incrementan el número de eventos necesarios para generar un evento de pérdida.
- No presentan otro riesgo indeseable y/o imprevisto.
- Son compatibles con los otros objetivos de la planta o sistemas.
- Se basan en las conclusiones de los resultados del análisis de datos.
- Asignan la responsabilidad y la fecha para completarse.

Normalmente hay tres categorías de recomendaciones:

1. Las que corrigen el problema específico que se descubre mediante las investigaciones.
2. Las que corrigen problemas similares que existen en la actualidad.
3. Las que corrigen el proceso que crea estos problemas.

Por ejemplo:

El paso del procedimiento de cerrar seis válvulas no incluye todas las válvulas (solo incluye cinco de las seis válvulas).

1. Específico.- revisar el procedimiento X-547 para que incluya la válvula XT-272.
2. Problemas similares.- revisar los procedimientos de los procesos de descarga para asegurarse de que todas las acciones requeridas están incluidas en los procedimientos.
3. Corrija el proceso.- revisar el proceso de cuestionarse el procedimiento, de manera que incluya un recorrido del procedimiento en el campo.

Áreas de recomendaciones especiales.

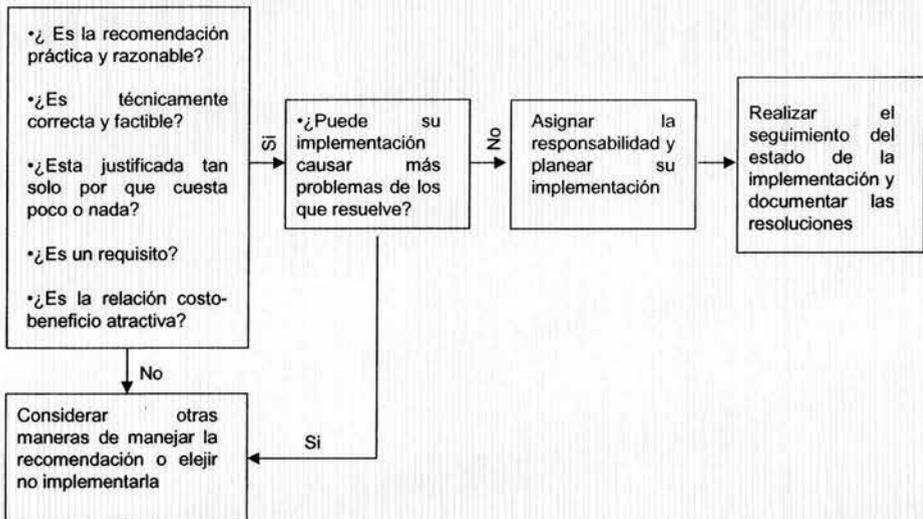
- Los criterios para volver a arrancar o resumir operación pueden ser recomendaciones importantes para controlar los riesgos.
- Por lo general, hay que evitar recomendar acciones disciplinarias o de distinción, a no ser que se hayan incluido específicamente en el alcance.
- “No acción” puede ser una recomendación apropiada en ciertos casos en los que el riesgo de que vuelva a ocurrir el incidente / accidente es muy pequeño o cuando la causa está más allá del control o de la influencia de la organización.

8.1 RESPONSABILIDADES DE LA ADMINISTRACIÓN.

- Revisar las recomendaciones para evaluar su factibilidad, practicalidad y efectividad.
- Establecer el plan para implementar las recomendaciones aceptadas.
- Asignar responsabilidades individuales para implementar las recomendaciones aceptadas y para realizar evaluaciones adicionales.
- Evaluar las recomendaciones como si se tratará de asuntos de administración del cambio.
- Asignar los recursos, personal y capital suficiente para implementar las recomendaciones sin demoras innecesarias.
- Asegurar que los empleados afectados reciban la información necesaria sobre las recomendaciones necesarias.

- Documentar las resoluciones:
 - Aceptar la recomendación.
 - Aceptar una modificación o una alternativa similar a la recomendación.
 - Diferir la implementación hasta que se efectúe una evaluación posterior.
 - Rechazar la recomendación por una causa.
- Hacer el seguimiento del estado de la recomendación aceptada, para asegurar que se completa en un tiempo prudencial.
- Buscar oportunidades para reducir riesgos en otros sistemas mediante la aplicación de las recomendaciones de esta investigación.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RESOLUCION DE LAS RECOMENDACIONES



8.2 REPORTES.

El formato de reporte se sugiere que sean divididos en las siguientes secciones:

1. Información General. Identificación del empleado, fechas, horarios, departamento, turno y todo lo que requiera ser registrado.
2. Descripción del Accidente. Permite al investigador registrar brevemente la descripción del suceso.
3. Análisis de los Factores Causales. Esta sección debe guiar al investigador a las causas básicas de los accidentes (errores en el sistema de administración).
4. Conclusiones. El investigador debe listar las conclusiones al analizar los factores causales.
5. Recomendaciones. Sugerencias individuales para cada factor causal deberán ser listadas.
6. Aprobación. Firmas del investigador, miembros del equipo involucrados. La cúpula administrativa debe dar su aprobación.
7. Seguimiento. El reporte debe incluir una sección en la cual el investigador registre las acciones tomadas como resultado de la investigación.

Las características de un formato de reporte de accidentes e incidentes difiere en casi todas las organizaciones, por lo tanto no se sugiere un formato en particular, solo se dan las siguientes sugerencias para que se tomen en cuenta al desarrollar un formato:

- **No limitar** el formato a una sola página. Aunque una página es lo conveniente, se debe registrar suficiente información para conllevar los pasos en el proceso.
- **Guiar** en la identificación de las múltiples causas de los accidentes.
- **Lista de las áreas** en donde el sistema administrativo deba ser considerado. Como por ejemplo en la técnica MORT donde se hacen preguntas concernientes con la inspección, mantenimiento, diseño, selección de personal, capacitación, etc.,.
- **No omitir** la revisión de la cúpula administrativa y la aprobación del reporte.
- **Asegurar** que un sistema para el seguimiento sea parte del mecanismo de reporte.

El reporte es a menudo la única parte de la investigación que esta disponible después de un periodo de tiempo. Los reportes deben ser legibles y cuidadosamente pensados para que sean efectivos en la prevención de accidentes, de otra manera, el proceso de investigación puede ser un ejercicio inútil que queda solo en papel, lo cual se debe evitar.

ANEXOS

ANEXO 1.

PROCEDIMIENTO PARA DESARROLLAR UN DIAGRAMA DE FACTORES CAUSALES.

Organizar los bloques-evento para representar gráficamente la relación causa-efecto entre los hechos conocidos.

1.0 Recopilar información adicional.

Recopilar la información conocida asociada con el evento de pérdidas.

2.0 Seleccionar el evento de pérdidas.

Definir la pérdida de interés. En caso de que haya más de un evento de pérdidas, elegir el que ocurra al último.

3.0 Recopilar más información.

Identificar fuentes adicionales de información que puedan ser útiles. Continuar con los esfuerzos de recopilación de información.

4(a). Definir la secuencia primaria de los eventos que conducen al evento de pérdidas.

Realizar un esquema de la secuencia de eventos que conducen al evento de pérdidas. Se debe empezar con el evento de pérdidas y trabajar marcha atrás, asegurándose que cada evento subsecuente es el evento que conduce más directamente al evento previo.



4(b). Desarrollar los eventos y condiciones secundarias.

Añadir los eventos y condiciones secundarios según sea apropiado, para ilustrar como contribuyen a los eventos y condiciones primarios.



5.0 Prueba de necesidad y suficiencia.

Comprobar que el diagrama pasa la prueba de suficiencia (¿está todo lo que tiene que estar?) y necesidad (¿hay eventos y condiciones que se pueden eliminar?). Si el diagrama no satisface la prueba de suficiencia, pase al paso 6; si el diagrama no satisface la prueba de necesidad, pase al paso 7; si el diagrama satisface ambas pruebas pase al paso 8.

6.0 Generar preguntas e identificar fuentes de información para llenar lagunas en el diagrama.

Cuando se encuentren lagunas en la información, se deberán generar preguntas de manera que al responder éstas se proporcione la información necesaria para rellenar las lagunas. Identificar las fuentes de información que puedan proporcionar respuesta a estas preguntas. Esto hace que el proceso de recopilación de datos sea más eficiente.

Según se vayan contestando preguntas, retirar las preguntas del diagrama y añadir la nueva información al diagrama.

7.0 Eliminar eventos extra del diagrama.

Eliminar los eventos y las condiciones que no se necesiten para entender la secuencia de eventos. No se necesita información que no tenga que ver con la causa, la frecuencia o la magnitud de las consecuencias del evento de pérdidas. Siempre comparar el plan del equipo de investigación con la información para identificar información extra.

8.0 Identificar factores causales (y asuntos dignos de mención).

Designar como factores causales los eventos y las condiciones subyacentes que contribuyen al evento de pérdidas. Documentar los asuntos dignos de mención.

6.4.1 Pruebas de suficiencia y necesidad.

Prueba de suficiencia.

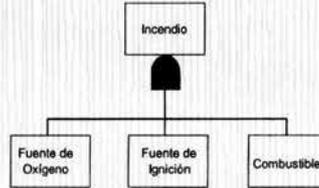
La prueba de suficiencia asegura que nuestro modelo está completo. Se pregunta si “¿los eventos y las condiciones presentes en el diagrama son suficientes para ocasionar los factores causales y el evento de pérdidas del diagrama?”. En otras palabras, ¿le falta algo al diagrama?. Por ejemplo, el siguiente diagrama no tiene los eventos y condiciones suficientes para ocasionar el efecto de pérdidas (el fuego).



Este diagrama no hace mención alguna del combustible para el fuego. Si el cerillo se arroja en un cesto de basura de metal vacío, no resultará ningún fuego. Sin embargo, si el cesto de basura esta lleno de papeles u otro combustible, entonces puede producirse un incendio. El gráfico siguiente pasaría la prueba de suficiencia.



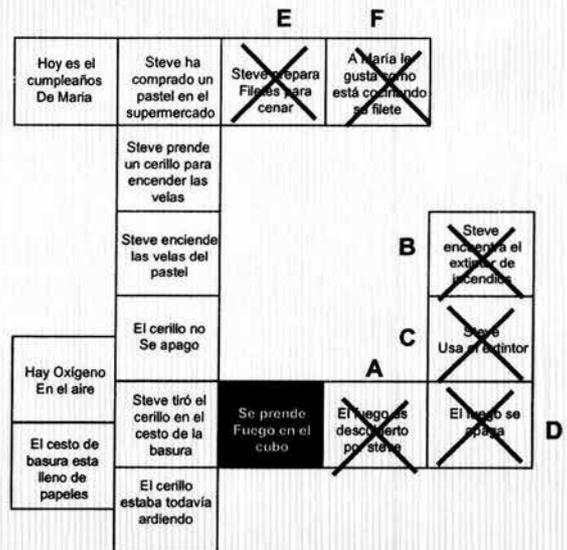
Una técnica que ayuda en la prueba de suficiencia es el análisis de árbol de fallas, por ejemplo, árbol de fallas para un incendio:



El símbolo del cuadro de arriba es un conector Y. Este indica que todos los eventos situados debajo del conector deben ocurrir para que ocurra el evento de arriba. Para pasar la prueba de suficiencia, los tres eventos tienen que estar presentes en el diagrama de factores causales por que la presencia de los tres es necesaria para que ocurra un incendio.

Prueba de Necesidad.

La segunda prueba, la prueba de necesidad, busca información extra en el diagrama. ¿Son todos los eventos y condiciones presentes en el diagrama necesarios para entender el evento?. Volviendo al ejemplo del cesto de basura, ¿hay algún elemento superfluo en el diagrama?.

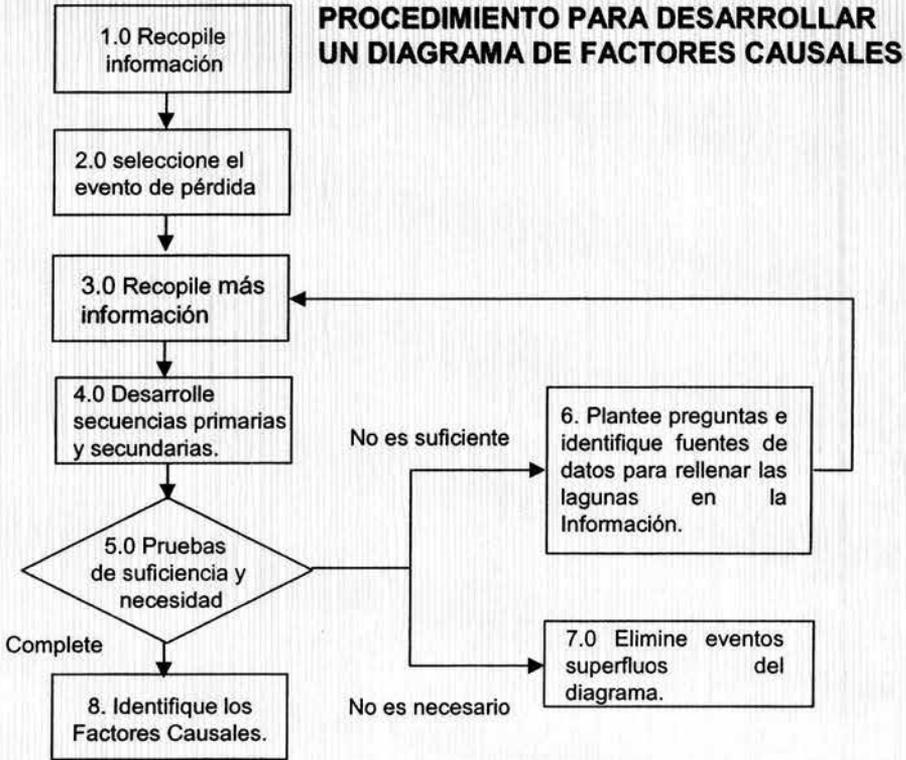


Si el objetivo es entender porque empezó el fuego, entonces todos los eventos que ocurren después de este evento no son necesarios a la hora de entender porque empezó el fuego. Esto elimina los eventos A, B, C y D. Lo que había de cena esa noche no es información relevante: no responde a la pregunta de cómo empezó el fuego y de cómo creció tanto. Esto elimina los eventos E y F. Probablemente es información relevante el saber que era el cumpleaños de Mary. Esta es la razón por la que Steve enciende una cerilla y nos da una idea de la posible frecuencia de esta secuencia de eventos. Donde Steve compro el pastel probablemente no es importante. Así que "Steve compró un pastel en el supermercado", se podría cambiar a que "Steve compró un pastel". De esta forma el diagrama final queda de la siguiente manera:



Al realizar las dos pruebas de necesidad y suficiencia, desarrollamos un diagrama que tiene toda la información que necesitamos para entender el evento eliminando información extra que puede distraernos.

RESUMEN



BIBLIOGRAFIA.

- AICHE (American Institute of Chemical Engineers).
Guidelines for Hazard evaluation Procedures.
1990.
 - David A. Colling.
Industrial Safety Management and Technology.
 - David L. Goetsch.
Occupational Safety and Health for Technologist, Engineers and Managers.
3era edición.
Ed. Prentice may 1993
 - Dean L. Gano.
Incident Investigation and Problem Solving Techniques.
Apollonian Publications.
1993.
 - Dean L. Gano.
Root Causes and How to Find it.
Nuclear News.
August 1987 pp 39-43.
 - Lawrence Slote.
Handbook of Occupational Safety and Health.
New York.
Wiley-interscience Publication
Chapter 5, How to Conduct an accident Investigation.
 - Dr. Mark A Friend, Dr. James P. Kohn.
Fundamentals of Occupational Safety and Health.
Edp, CSP.
- OIT (Organización Internacional del Trabajo).
Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo
Auditorias, Inspecciones e Investigaciones de Accidentes y Gestión de la Seguridad.
Sección 57.
- **Ley federal del Trabajo**
Artículo 474

BIBLIOGRAFIA.

Cursos:

- **Curso de Investigación de Accidentes**
Instituto Politécnico Nacional (IPN)
Investigación de Accidentes.
1996

- **Curso de Fundamentos de Incidentes e Investigaciones y Técnicas de Análisis de Datos.**
Process Safety Institute.
ABS group.
www.jbfa-abs.com.

- **Espiral hacia el desastre.**
Coastal Training Technologies Corp. SA de CV.
Virginia Beach, VA
Estados Unidos.

Tesis:

- Lechuga Meza Raquel.
La importancia de la inducción del personal de nuevo ingreso en la prevención de accidentes.
Facultad de Química 1995.