



**UNIVERSIDAD  
DE SOTAVENTO A.C.**



---

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE DERECHO

**“MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE  
ACCIDENTES E INCIDENTES ”**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LIC. EN DERECHO

P R E S E N T A.

**JORGE A. ROMÁN GARCÍA**

Coatzacoalcos, Veracruz. Marzo de 2006



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.

## **: AGREDICIMIENTOS**

QUIERO DAR LAS GRACIAS AUNQUE DECIR GRACIAS ES POCO AGRADECIMIENTO, A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA FORMA O DE OTRA, HAN MOSTRADO SU APOYO Y HAN CONTRIBUIDO A HACER POSIBLE ESTA TESIS.

**A MIS PADRES:** PUES SIN SU APOYO Y SIN SUS CONSEJOS NO HUBIERA LOGRADO ESTE PASO EN MI VIDA, GRACIAS MADRE POR SER COMO ERES, YA QUE SIN TU IMPULSO, CONSEJOS Y PREOCUPACIONES NO LO HUBIERA LOGRADO Y TI PADRE POR TU APOYO QUE ME BRINDASTE, LOS AMO.

**A MI HERMANO:** POR SU SABIDURÍA, YA QUE EL ES MI GUÍA, MI EJEMPLO A SEGUIR, Y ES UNA PERSONA A LA QUE ADMIRO, QUIERO Y RESPETO.

**A MI HERMANA:** POR SU APOYO Y SU ALEGRÍA INCONDICIONAL.

**Y ATI AUNQUE FIGURES COMO EL ULTIMO, SABES BIEN QUE ERES EL PRIMERO.**

**A TI QUE SIENDO DIOS TE HICISTE HOMBRE, QUE SIENDO RICO TE HICISTE POBRE, SEÑOR JESÚS.**

**VERTE A TI, CARA A CARA, SERA LA REALIZACIÓN MÁXIMA DE TODOS LOS SUEÑOS QUE JAMAS HE TENIDO, MIENTRAS LLEGA ESE MOMENTO, PERMITEME CONOCERTE CADA DÍA Y RECIBE MI GRATITUD Y ADORACIÓN.**

## **CAPITULO I INTRODUCCIÓN**

- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 OBJETIVOS

## **CAPITULO II FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES**

- 2.1 ANALISIS DE CAUSA DE RAIZ
- 2.2 MECANISMO DE ACCIDENTES
- 2.3 FACTORES PARA DEFINICIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES
- 2.4 VISIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN
- 2.5 TERMINOLOGIA

## **CAPITULO III INICIO DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1 FORMATO PARA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES
- 3.2 CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES
- 3.3 RESPUESTA DE ACCIDENTES E INCIDENTES
- 3.4 ASEGURAMIENTO DEL LUGAR DEL SUCESO
- 3.5 NOTIFICACIÓN DEL ACCIDENTE E INCIDENTE
- 3.6 ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
- 3.7 EQUIPOS DE LA INVESTIGACIÓN
- 3.8 RECURSOS PARA LA INVESTIGACIÓN
- 3.9 FORMATO A.T.L (AVISO DE TRABAJADOR LESIONADO), INDICES DE FRECUENCIA Y GRAVEDAD Y PROGRAMA DE SEGURIDAD.

## **CAPITULO IV RECOPIACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

- 4.1 FUENTES DE EVIDENCIA
- 4.2 FRAGILIDAD DE LA EVIDENCIA
- 4.3 EVIDENCIA DE PERSONAS
- 4.4 PROCESO DE ENTREVISTA
- 4.5 EVIDENCIA FÍSICA
- 4.6 EVIDENCIA DE PAPEL
- 4.7 EVIDENCIA E POSICIÓN
- 4.8 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN
- 4.9 PROCESO DE RAZONAMIENTO EN LA INVESTIGACIÓN

## **CAPITULO V ANÁLISIS DE DATOS**

- 5.1 DIAGRAMA DE FACTORES CAUSALES Y PROCEDIMIENTO PARA SU DESARROLLO
- 5.2 CONCEPTO DE EVENTO SIMPLE
- 5.3 CONCEPTO DE CADENA DE EVENTOS
- 5.4 CONCEPTO DE FACTOR – EVENTOS
- 5.5 MODELO DE ARBOL DE EVENTOS
- 5.6 CONCEPTO MULTILINEAR DE SECUENCIAS
- 5.7 RESULTADOS ESPERADOS DE ANALISIS DE DATOS

## **CAPITULO VI IDENTIFICACIÓN DE CAUSA DE RAIZ**

- 6.1 TECNICA DE ANÁLISIS DE RAÍZ
- 6.2 ANÁLISIS DE CAUSA DE RAÍZ
- 6.3 MODELO DE CICLO CERRADO
- 6.4 RESPONSABILIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN

## **CAPITULO VII EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

- 7.1 TENDENCIAS DE RESULTADOS
- 7.2 ANÁLISIS DE TENDENCIAS
- 7.3 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFIAS**

# ***CAPITULO 1***

## ***INTRODUCCIÓN***

## ANTECEDENTES

En la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios se establece la característica de conducción central que intrínsecamente define el papel rector de Petróleos Mexicanos.

El ejercicio de la conducción central tipifica la condición de órgano Corporativo, cuyas atribuciones se identifican como estratégicas.

Con la creación de los organismos subsidiarios, prevista en la citada Ley Orgánica, se hizo imperativo que éstos asumieran la responsabilidad directa de la operación y con ello la necesidad de adecuar y modernizar los esquemas de seguridad industrial y protección ambiental de acuerdo con su nuevo marco funcional, lo cual dio origen a la constitución de los órganos de seguridad industrial y protección ambiental en cada uno de los organismos.

En forma paralela se realizaron esfuerzos de conducción central tanto en materia de seguridad industrial como de protección ambiental, mismos que se retomaron y reorientaron con un enfoque de administración de la seguridad y cuidado del medio ambiente como fuente de valor económico, de mayor productividad y de una mejor relación con las comunidades donde opera Petróleos Mexicanos.

Con base en lo anterior, el Consejo de Administración, en la sesión celebrada el 27 de noviembre de 1996, autorizó la creación de la Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y, en la sesión del 10 de febrero del siguiente año aprobó el cambio de su denominación por Dirección Corporativa de Sistemas de Seguridad Industrial.

Con el propósito de ampliar los alcances de los objetivos marcados en el acuerdo de creación, en Sesión del Consejo de Administración celebrada el 3 de agosto de 1999, se autorizó la modificación de la estructura organizacional, así como el cambio de denominación al de Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

La necesidad de que los procesos industriales se sujeten rigurosamente a la reglamentación vigente, obliga a una importante innovación en la aplicación de su marco normativo.

En la administración de la seguridad y la protección al medio ambiente el mínimo nivel aceptable de desempeño es el que fija la legislación. Sin embargo, se ha establecido el compromiso de que Petróleos Mexicanos vaya más allá y sea más riguroso, ajustándose a las mejores prácticas de la industria petrolera internacional, para ubicarse así en una posición de liderazgo en el ámbito de la seguridad y el cuidado del ambiente.

Para establecer un Sistema de Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental, es necesario plasmar una visión clara de objetivos y metas, definiendo un modelo que asegure su viabilidad, privilegiando la planeación de los programas de Seguridad y Protección Ambiental que de soporte a la construcción y desarrollo del Sistema y de esta manera sea considerado como un componente esencial de las funciones productivas del sector.

El Sistema se sustenta en la infraestructura de apoyo necesaria para contar con personal capacitado y evaluar el cumplimiento de normas y metas. Su construcción y ejecución requiere de un esfuerzo conjunto para lograr las mejoras y reducir los riesgos que confronta la Industria, por lo que la tarea por hacer es de una gran dimensión, como lo es el compromiso institucional de la empresa con la sociedad.

Con la creación de la Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y Protección Ambiental, se establece la premisa para contar con una filosofía de compromiso con la seguridad integral y cuidado del ambiente en la organización, mediante una estrategia de vinculación coordinada de programas, métodos, procedimientos y acciones.

La Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y Protección Ambiental tiene la gran responsabilidad de traducir las políticas y directrices de la Dirección General, con el propósito de promover el cambio hacia la cultura de seguridad y la protección ambiental en el ámbito del organismo en su conjunto, y colaborar así en la consecución de sus objetivos estratégicos.

Como pieza fundamental del progreso industrial, durante las últimas seis décadas petróleo mexicano ha contribuido puntualmente al desarrollo regional y a la creación de empleo tanto en su papel de cliente, como en el de proveedor y sustento de múltiples empresas mexicanas.

Junto a lo anterior, es preciso entender que como todo organismo, empresa o país, Pemex ha debido evolucionar con el paso de los años. Esta transformación ha contemplado el perfeccionamiento de sistemas y métodos en las tareas fundamentales de prospección, extracción, refinación y comercialización de hidrocarburos.

También han habido cambios sustanciales en lo que se refiere a la función misma de la industria petrolera. Durante muchos años se consideró que su único y suficiente propósito consistía en localizar las fuentes de hidrocarburos, extraerlos y transformarlos en energéticos y en toda la infinita gama de materiales y objetos con los que el hombre ha podido apuntalar la vida de la modernidad y sus comodidades.

Tiene fuerza universal la convicción de que, sin una explotación racional, ningún recurso material puede conducir a un desarrollo sustentable, y por lo tanto no es permisible fincar proyecto alguno de desarrollo industrial en el riesgo de la devastación.

En el nuevo milenio, la nueva administración se enfoca hacia la Seguridad y la prevención de accidentes e incidentes, y hacia el respeto a la comunidad y al ambiente, como los pilares fundamentales para alcanzar una alta meta: convertirse en la mejor empresa petrolera del mundo.

**“Transformar a nuestra institución en la mejor empresa petrolera del mundo, con seguridad en sus instalaciones y absoluto respeto al entorno ambiental y social”.**

## MAYORES DESASTRES INDUSTRIALES EN EL MUNDO

FECHA	PAIS	COSTO	DESCRIPCIÓN
21-Sep-01	Toulouse, Francia		<b>Planta de fertilizantes.</b> Explosión de 200 a 300 ton de nitrato de amonio en almacén. 31 personas murieron y 2,440 heridas.
10-Sep-97	Columbus, Ohio. US		<b>Planta química.</b> Explosión en la reacción fenol-formaldehído debido a adición de reactivos en orden inverso, resultando una reacción exotérmica fuera de control. Murió una persona.
22-Jun-97	Deer Park, TX, US		<b>Planta petroquímica.</b> Explosión e incendio en planta de olefinas, debido a fuga de gases de hidrocarburos, formando una nube explosiva.
Abr/Nov-97	Elkhart, Indiana, US		<b>Planta química.</b> Serie de explosiones e incendios de óxido de etileno en operaciones de empaque y esterilización, después de la instalación de un sistema de oxidación catalítica en la descarga de gases de OE a la atmósfera. Una persona muerta y 59 hospitalizadas.
10-Abr-97	Tokaimura, Japón		<b>Planta nuclear.</b> Fuego y explosión en la planta procesadora de desechos nucleares del gobierno japonés. Culmina con este accidente una serie de accidentes de menor magnitud, relacionados con manejo de residuos radiactivos, con sobre exposición de muchas personas.
26-Jul-96	Cactus, México	\$ 252,500,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> Detonación de nube explosiva de gas LP en la unidad criogénica No. 2 y dos explosiones subsecuentes en la unidad No. 1, destruyendo ambas unidades y las instalaciones de sus cuartos de control. El día anterior al accidente, se observó una fuga en el sello de la bomba de la unidad criogénica No. 1 y se decidió cambiar el sello. El 26 de julio, en preparación para dicho mantenimiento la válvula motorizada de la succión y la válvula de la descarga fueron cerradas manualmente. Se colocó una brida ciega en la succión. Después de remplazar el sello, el personal removió la brida ciega y estaban en proceso de apretar los pernos de la brida de succión, cuando empezó a fugar gas LP por dicha brida. La nube explosiva que se formó se dirigió a la unidad No. 2 donde detonó. Se determinó que la válvula motorizada de succión se encontraba en posición abierta. Debido a este accidente, la capacidad de 2,130,000,000 ft <sup>3</sup> /año de gas LP de la planta fue suspendida, afectando un tercio de la capacidad total de procesamiento de gas de México. La interrupción de operaciones fue de cerca de dos años, estimando una pérdida de US\$ 1,000,000,000 por interrupción de operaciones, además de las pérdidas derivadas de la necesidad de importación de gas LP en un país inmerso en un estado de crisis financiera severo.
26-Abr-96	Okinawa, Japón	\$ 12,100,000	<b>Refinería.</b> Incendio de la unidad de hidrosulfuración de gasolina residual, para 38,000 barriles por día, debido a una fuga por ruptura de tubos en el horno de la unidad.
01-Dic-95	La Plata, Argentina	\$ 18,900,000	<b>Refinería.</b> Incendio por ruptura de tubería al flare en la unidad desasfaltadora de propano, con capacidad de 216,000 barriles por día. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 20,000,000.
FECHA	PAIS	COSTO	DESCRIPCIÓN
24-Oct-95	Cilacap, Indonesia	\$ 34,700,000	<b>Refinería.</b> Incendio iniciado por un rayo sobre un tanque de nafta de techo flotante en la refinería con capacidad de 302,000 barriles por día. el fuego de uno de los tanques permaneció durante 20 horas. Debido al accidente, la refinería se mantuvo operando al 70% de capacidad hasta marzo de 1997.

16-Oct-95	Rouseville, Pennsylvania, US.	\$ 42,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio en racks de tubería de la refinería con capacidad de 15,700 barriles por día, con daños extensivos en las redes de tubería. Suspensión de operaciones por tres meses, con un costo estimado de \$ 14,000,000 por interrupción de operaciones.
13-Dic-94	Port Neal, Iowa, US	\$ 129,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión en el proceso de nitrato de amonio, con destrucción del edificio principal de proceso de 7 pisos. La explosión provocó una fuga de 5,700 ton de amoníaco gas y la evacuación de 2,500 personas en la comunidad. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 60,000,000.
17-Oct-94	Baytown, Texas, US	\$ 27,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Inundación por lluvias severas en la zona del área de Houston. Los costos de interrupción de operaciones por los daños de la inundación fueron de US\$ 85,000,000.
08-Ago-94	Baton Rouge, Louisiana, US	\$ 27,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Incendio de la planta de etileno.
24-Jul-94	Pembroke, UK	\$ 83,700,000	<b>Refinería.</b> Debido a una severa tormenta de rayos de dos horas de duración, las descargas eléctricas provocaron cortes continuos de energía, que desencadenaron problemas de operación en la unidad de cracking catalítico con capacidad de 90,000 barriles por día, fallas de enfriamiento y disparo de válvulas de alivio de los procesos. Hubo ignición de nubes de vapores, ocasionando una explosión afectando un radio de 110 m, seguida de una serie de incendios en diversas unidades de la refinería. Los costos de interrupción de operaciones de 4.5 meses se estimaron en US\$ 70,000,000.
27-May-94	Belpre, Ohio, US	\$ 108,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Reacción anormal fuera de control en el proceso de producción de caucho termoplástico, provocando explosión de la planta.
25-Feb-94	Kawasaki, Japón	\$ 37,800,000	<b>Refinería.</b> Incendio por una falla mecánica en la turbina de gas de la refinería con capacidad para 220,000 barriles por día. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 40,000,000.
02-Ago-93	Baton Rouge, Louisiana, US	\$ 72,400,000	<b>Refinería.</b> Incendio de hidrocarburos por ruptura de un codo de acero al carbón de 6", en la unidad central de la refinería con capacidad para 421,000 barriles por día.
09-Nov-92	La Mede, Francia	\$ 291,200,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva por fuga masiva de 11,000 lb de hidrocarburos, por ruptura de tubería, seguida de varias explosiones e incendios en la refinería de 136,000 barriles por día de capacidad. El sonido de la explosión inicial se escuchó hasta Marsella, a 29 Km de distancia. Las pérdidas de equipo abarcaron 250 hectáreas de la refinería y daños en un radio de 1000 m a la redonda. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 180,000,000.
16-Oct-92	Sodegaura, Japón	179,800,000	<b>Refinería.</b> Explosión e incendios subsecuentes en la refinería de 146,500 barriles por día de capacidad, por falla de un cambiador de calor en la unidad de hidrosulfurización de aceite ligero.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
08-Oct-92	Wilmington, California, US	\$ 87,700,000	<b>Refinería.</b> Explosión en la unidad procesadora de hidrógeno de la refinería de 75,000 barriles por día, debida a la ruptura de un codo de acero al carbón y la descarga a la atmósfera de una mezcla de hidrocarburos-hidrógeno, formando una nube explosiva.

28-Jul-92	Westlake, Louisiana, US	\$ 28,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión de reactor en la unidad de fabricación de urea. La fuerza de la explosión fue escuchada a 16 Km de distancia. La falla del reactor ocurrió cuando el reactor operaba a 3,000 psi y a 180°C, debido a una soldadura inadecuada que provocó un punto de corrosión. La producción de urea fue suspendida durante 12 meses, con un costo estimado de \$ 20,000,000.
20-Jun-92	Dhaka, Bangladesh	\$ 80,200,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión por fuga de amoníaco, CO <sub>2</sub> y carbamatos, por falla de soldadura en una unión del reactor de una planta de fertilizantes.
08-May-92	Tarragona, España	\$ 14,600,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de dos nubes explosivas de etileno simultáneas, debido a una fuga en un reactor operando a 14,2000 psi.
13-Ene-92	Albin, Texas, US	\$ 36,200,000	Explosión de reactor de 8,000 gal por presión de vapor generado por una reacción exotérmica fuera de control.
10-Dic-91	North Rhine, Alemania	\$ 57,100,000	<b>Refinería.</b> La falla de una unión "T" del enfriador en la sección de alta presión de la unidad hidrocracker provocó una emisión masiva de hidrocarburos e hidrógeno, que entró en ignición, provocando explosiones subsecuentes. La ruptura de la unión fue atribuida a incrementos de erosión y corrosión en el equipo debido a un cambio de proceso. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 90,000,000.
03-Nov-91	Beaumont, Texas, US	\$ 17,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio en la unidad de crudo de la refinería de 310,000 barriles por día de capacidad, por falla del sello de una bomba de proceso
21-Ago-91	Melbourne, Australia	\$ 12,700,000	<b>Terminal.</b> Explosión de tanque de almacenamiento de acrilonitrilo de 72,700 gal, provocando un incendio en la Terminal y una nube tóxica de fenol y acrilonitrilo, forzando la evacuación de miles de residentes en 4 millas cuadradas. Las pérdidas por interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 40,000,000.
01-May-91	Sterlington, Louisiana, US	\$ 118,700,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Incendio seguido de una serie de explosiones en planta de nitroparafina. Los costos de interrupción de operaciones fueron de US\$ 35,000,000.
13-Abr-91	Sweeny Texas, US	\$ 41,200,000	<b>Refinería.</b> Serie de 3 explosiones en la unidad de desulfuración en la refinería de 175,000 barriles por día. La explosión inicial ocurrió en el tercer reactor de la serie, el cual tenía paredes de 11" de espesor y operaba a 2,000 psi de presión. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 225,000,000.
12-Mar-91	Seadrift; Texas, US	\$ 90,400,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión en el proceso de óxido de etileno, seguida de un incendio en varios sectores de la planta, con pérdidas por interrupción de operaciones de US\$ 90,000,000.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
11-Mar-91	Coatzacoalcos, México	\$ 103,200,000	Una fuga de gas en el gasoducto que corre de la planta Cangrejera a la terminal del complejo petroquímico provocó una explosión, que a su vez ocasionó una fuga masiva de gas. Esta nube provocó una segunda y más potente explosión, que fue escuchada a 25 Km de distancia. Estas explosiones y el incendio subsecuente destruyeron la planta química y causaron daños significativos en el gasoducto. La interrupción de operaciones de fabricación de cloruro de vinilo duró 9 meses.

03-Mar-91	Lake Charles, Louisiana, US	\$ 26,000,000	<b>Refinería.</b> Explosión e incendio después de un paro de mantenimiento de 7 días de la refinería de 50,000 barriles por día. Una válvula de drene de un reactor presurizado se dejó cerrada, impidiendo que drenara el agua en su interior. Cuando el aceite sobrecalentado entró en el reactor se provocó una explosión de vapor, con la ruptura del reactor. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 44,000,000.
12-Ene-91	Port Arthur, Texas, US	\$ 28,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio por falla de sello de una bomba de la unidad de crudo, incrementado por un segundo derrame de crudo que esparció el fuego. Los costos de interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 76,000,000.
30-Nov-90	Ras Tanura, Saudi Arabia	\$ 37,100,000	<b>Refinería.</b> Incendio en la unidad de 530,000 barriles por día de capacidad. La interrupción de operaciones se estimó en US\$ 20,000,000.
25-Nov-90	Denver, Colorado, US	\$ 37,100,000	<b>Terminal.</b> Incendio en área de tanques de almacenamiento de 16 acres de extensión.
06-Nov-90	Nagothane, India	\$ 25,500,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión por fuga en gasoducto de etano y propano, afectando las instalaciones de tratamiento y compresión, fuera del complejo.
03-Nov-90	Chalmette, Louisiana, US	\$ 23,200,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva en la unidad hidrocracker de la refinería de 160,000 barriles por día, debida a falla mecánica de la carcasa de un cambiador de calor. Los incendios subsecuentes fueron controlados hasta 12 horas después.
19-Jul-90	Cincinnati, Ohio, US	\$ 26,700,000	<b>Planta Química.</b> Explosión por descarga de vapores de solvente calientes durante operaciones de limpieza de equipo en una planta de resinas para recubrimiento.
05-Jul-90	Channelview, Texas, US	\$ 13,900,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión e incendio en tanque de almacenamiento de aguas residuales de 900,000 gal de capacidad, conteniendo residuos de monómero de estireno y óxido de propileno. Una falla de instrumentación provocó que no funcionara el sistema de inertización con nitrógeno del tanque, provocando la entrada de oxígeno y la formación de mezcla explosiva. Las pérdidas por interrupción de operaciones excedieron los US\$ 200,000,000.
01-Abr-90	Warren, Pennsylvania, US	\$ 29,000,000	<b>Refinería.</b> Explosión e incendio por descarga a la atmósfera de gas LP por una válvula de alivio, generando una nube explosiva en la refinería de 65,000 barriles por día de capacidad.
24-Dic-89	Baton Rouge, Louisiana, US	\$ 81,300,000	<b>Refinería.</b> Detonación de una gran nube explosiva generada por la ruptura de una tubería de 8" con etano y propano a 700 psi de presión. La explosión ocasionó ruptura de cristales a 10 Km a la redonda y pudo ser sentida a 24 Km de distancia.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
23-Oct-89	Pasadena, Texas, US	\$ 796,500,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de nube explosiva de etileno e isobutano de la planta de polietileno de alta densidad de este complejo. Los sismógrafos detectaron la explosión con una energía equivalente a 10 ton de TNT. El calor de la explosión provocó explosiones BLEVE en los tanques adyacentes. La fuga inicial ocurrió a través de una válvula automática Demco de 8", que abrió debido a error de mantenimiento y falla del procedimiento de bloqueo. Las pérdidas por interrupción de operaciones superaron los US\$ 700,000,000 debido a un paro que se prolongó 24 meses.
18-Sep-89	St. Croix Islas Virgenes	\$ 73,200,000	<b>Refinería.</b> Daños ocasionados por el huracán Hugo.
05-Sep-89	Martínez, California, US	\$ 56,900,000	<b>Refinería.</b> Fuego y explosión por fuga de hidrógeno e hidrocarburos, por falla de tubería por razones desconocidas.

07-Jun-89	Morris, Texas, US	\$ 38,400,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Durante el arranque después de un paro accidental del sistema de amina y la columna de butano en el proceso de producción de etileno, por error de operación se generó una nube de propileno en el área. La nube entró en ignición y detonó cuando el personal de la planta intentaba dispersarla con el equipo contra incendio, provocando daños catastróficos en una extensión de 40 acres en la planta. Las pérdidas por interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 55,000,000.
10-Abr-89	Richmond, California, US	\$ 102,900,600	<b>Refinería.</b> Incendio de hidrógeno de alta presión por falla de tubería de 2" a 3,000 psi de presión en una soldadura.
07-Mar-89	Amberes, Bélgica	\$ 90,900,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión por reacción violenta de descomposición de óxido de etileno en la columna de aldehído, destruyendo la sección de destilación de la planta. La interrupción de operaciones duró 24 meses, con pérdidas estimadas en US\$ 270,000,000.
14-Feb-89	Urdingen, Alemania	\$ 47,200,000	<b>Planta Química.</b> Ruptura de reactor por sobrepresurización y falla del agitador debido a reacción fuera de control, provocando nube explosiva. Las pérdidas por interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 85,000,000.
30-Ene-89	Saconda, Saudi Arabia	\$ 15,300,000	<b>Planta Química.</b> Incendio en el área de reactores de la planta de combustibles sintéticos. Las pérdidas por interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 49,000,000.
08-Jun-88	Port Arthur, Texas, US	\$ 13,300,000	<b>Refinería.</b> Falla catastrófica de una tubería de 6" de propano con ignición e incendio subsecuentes. El fuego fue controlado después de 20 horas.
05-May-88	Norco, Louisiana, US	\$ 308,200,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva por ruptura de codo de 8" de acero al carbón en la columna depropanizadora debida a corrosión, provocando la descarga masiva de 20,000 lb de hidrocarburos.
14-Nov-87	Pampa, Texas, US	\$ 269,100,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de nube explosiva por falla de la sección de entrada de alta presión de la planta procesadora de gas, debido a sobrepresión por falla de sistemas de alivio. Las pérdidas por interrupción de operaciones se estimaron en US\$ 140,000,000.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
15-Ago-87	Ras Tanura, Saudi Arabia	\$ 75,000,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> Una serie de interrupciones eléctricas en los trenes paralelos de la unidad fraccionadora de gas, provocaron que se presentara una emisión por una línea de alivio de 4" de cerca de 1,900 barriles de propano durante media hora, que condujo a la detonación de la nube explosiva.
22-Mar-87	Grangemouth, UK	\$ 98,100,000	<b>Refinería.</b> Explosión de columna separadora de baja presión de la unidad de hidrocracking, debido a sobrepresurización proveniente de la columna separadora de alta presión, por error de diseño.
15-Jun-86	Pascagoula, Mississippi, US	\$ 12,900,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión de reactor por reacción fuera de control de una unidad separadora de anilina.
21-Dic-85	Nápoles, Italia	\$ 55,000,000	<b>Terminal Marítima.</b> Incendio afectando a 24 de 32 tanques de almacenamiento de petróleo y gasolina, debido a sobrellenado de uno de ellos.
05-Nov-85	Mont Belview, Texas, US	\$ 56,300,000	<b>Terminal de Gas LP.</b> Detonación de nube explosiva por corte accidental de tubería de 10" conteniendo propano a 900 psi, por trabajo de un contratista.

19-May-85	Priolo, Italia	\$ 85,200,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Incendio seguido de explosiones en la planta de etileno, debido a sobrepresión del equipo por falla de instrumentación y descarga de etileno a 375 psi por válvula de alivio. El incendio subsecuente fue extinguido cuatro días después.
13-Dic-84	Las Piedras, Venezuela	\$ 81,900,000	<b>Refinería.</b> Incendio de aceite a por ruptura de tubería de 8" con crudo a 700 psi y 350°C.
19-Nov-84	San Juan Ixhuatepec, México	\$ 26,300,000	<b>Terminal de Gas LP.</b> Detonación de nube explosiva, incendio y explosiones tipo BLEVE en el accidente más devastador en la historia. Tres refinerías suministraban hasta 1,300,000 galones por día de gas LP a la terminal, que se almacenaba en 6 esferas y 48 tanques salchicha, con capacidad combinada de 4,242,000 gal. En la madrugada del 19 de noviembre, la terminal estaba al 90% de capacidad y se estaba recibiendo gas a 341 psig por un gasoducto de 12" de la refinería de Tula para cargar las 4 esferas menores, únicos tanques que faltaban de llenar, cuando una de las líneas de 8" de estas esferas se rompió. No obstante que la caída de presión fue detectada de inmediato por la refinería, no fue posible establecer contacto con el personal de la Terminal y, dado que únicamente se podía cortar el flujo en la misma Terminal, la fuga continuó por 10 min, hasta que una gran nube explosiva se formó y detonó. A los cinco minutos se iniciaron las explosiones BLEVE, destruyendo las 4 esferas menores y 44 salchichas.
30-Sep-84	Basile, Louisiana, US	\$ 36,600,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> La falla de un tubo de drene roscado de 1½" en la base de la torre de absorción, provocó la fuga de crudo y gas amargo a 850 psi de presión, provocando una nube explosiva que al detonar ocasionó el colapso de la torre de absorción de 25 m de altura e incendios en la planta.
15-Ago-84	Ft. McMurray, Alberta, Canadá	\$ 100,300,000	<b>Refinería.</b> Incendio provocado por ruptura debida a erosión de tubería de 10" de aceite de recicló a temperatura cercana a la temperatura de autoignición.
23-Jul-84	Romeoville, Illinois, US	\$ 252,100,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva de propano a 200 psig y 38°C por ruptura de un absorbedor de 17 m de altura y 8.5" de diámetro, por falla de soldadura.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
30-Ago-83	Milford Haven, UK	\$ 15,200,000	<b>Refinería.</b> Incendio de tanque de almacenamiento de crudo de techo flotante de 600,000 barriles de capacidad, debido a partículas de carbón incandescente descargadas por el flare de la refinería, situado a 100 m de distancia del tanque.
26-May-83	Prudhoe, Alaska	\$ 43,300,000	<b>Estación de Bombeo de Crudo.</b> Ruptura violenta de tanque de baja presión provocando incendio de crudo.
14-Abr-83	Bontang, Indonesia	\$ 68,500,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> Ruptura violenta del cambiador de calor principal de la unidad criogénica de gas LP, debido a falla de válvulas de alivio.
07-Abr-83	Avon California, US	\$ 67,100,000	<b>Refinería.</b> Ruptura de la tubería de 12" de recicló a 160 psi y a 370°C, con incendio inmediato del material.
07-Ene-83	Newark, New Jersey, US	\$ 47,900,000	<b>Terminal.</b> Incendio por sobrellenado de tanque de 42,000 barriles de gasolina, conduciendo a explosión.
06-May-82	Duluth, Minnesota, US	\$ 20,200,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión en el área de secado de la planta química de ácido fumárico, seguida de un incendio que se esparció rápidamente. Aparentemente la electricidad estática encendió el polvo, ocasionando la explosión inicial.
18-Abr-82	Edmonton, Canadá	\$ 30,200,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Incendio de etileno a alta presión, descargado a través de un tubing de instrumentación de 1/8". Los sistemas de detección de hidrocarburo fallaron, y los sistemas de corte automático de válvulas sí funcionaron, aunque después de haber permitido la fuga de 11,000 lb de gas.

09-Mar-82	Philadelphia, US	\$ 36,100,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión de tanque de intermedio de 25,000 gal conteniendo cumeno, por sobrecalentamiento debido a error de operación.
21-Oct-80	New Castle, Delaware, US	\$ 101,900,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de nube explosiva de 16,000 lb de hidrocarburos y polímero de polipropileno a 150 psi, con una extensión de 140 m de diámetro. La fuga fue ocasionada por error de operación durante mantenimiento.
20-Ago-80	Shuaiba, Kuwait	\$ 156,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio masivo en área de tanques de almacenamiento de nafta, destruyendo 9 tanques de techo flotante de 160,000 barriles.
23-Jul-80	Seadrift, Texas, US	\$ 20,200,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Una unidad nueva de óxido de etileno había sido parada después de un rayo directo durante una tormenta. Al arrancar se produjo un problema de operación debido a falla de instrumentación, lo que condujo a detonación en el fondo del reactor y en las líneas de 36" de alimentación.
17-May-80	Dear Park, Texas, US	\$ 32,100,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Incendio por fuga de inflamables en la sección de cumeno de la planta de fenol acetona, debido a falla de sello de bomba por vibración.
26-Feb-80	Brooks, Canadá	\$ 68,400,000	<b>Estación de Bombeo de Gas.</b> Ruptura de gasoducto de 36" produciendo una nube explosiva, su detonación e incendio, en la estación de compresión de gas natural.
20-Ene-80	Borger, Texas, US	\$ 59,700,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva provocada por la ruptura de tubería o de un recipiente en la unidad de alquilación HF con 16,800 barriles por día de capacidad. La ruptura se debió a sobrepresurización del sistema debido a un taponamiento en la tubería del flare.
11-Dic-79	Geelong, Australia	\$ 20,900,000	<b>Refinería.</b> Incendio de crudo a 350°C por ruptura de la carcasa de la bomba, debido a falla de baleros. La falta de válvulas de bloqueo entre la bomba y el tanque de crudo provocó que el incendio no pudiera ser controlado.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
11-Dic-79	Ponce, Puerto Rico	\$ 27,900,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Ruptura de tanque de dimerización de 4 m de diámetro de la planta de dicitlopentadieno e isopreno, el cual, con un peso de 15 ton, salió disparado cayendo sobre la planta de paraxileno del complejo, provocando un incendio en un área de 70 por 120 m.
01-Sep-79	Deer Park Texas, US	\$ 126,500,000	<b>Refinería.</b> Explosión simultánea de buque tanque y del tanque de almacenamiento de 80,000 barriles, al que descargaba alcohol etílico, durante una tormenta eléctrica severa.
21-Jul-79	Texas, US	\$ 42,900,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva por ruptura de codo de 12" de la tubería del acumulador de reflujo del depropanizador en la unidad de alquilación de ácido sulfúrico, descargando alrededor de 5,000 galones de hidrocarburos líquidos y gaseosos a 265 psi de presión.
08-Ene-79	Bantry, Irlanda	\$ 38,300,000	<b>Terminal Marítima.</b> Incendio en buque tanque descargando crudo en la terminal, conduciendo a explosión masiva en el buque, afectando la terminal.
03-Oct-78	Denver, Colorado US	\$ 43,800,000	<b>Refinería.</b> Detonación de nube explosiva por ruptura de tubería del reboiler estabilizador en la unidad de polimerización catalítica conteniendo gas propano. La unidad había arrancado dos semanas antes.
30-May-78	Texas, US	\$ 110,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio de hidrocarburos en el área de almacenamiento de la unidad de alquilación, por razones desconocidas.
15-Abr-78	Abqaiq, Saudi Arabia	\$ 107,400,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> Detonación de nube explosiva de 130 m de diámetro, por la ruptura de una línea de 22" debida a corrosión interna, seguida de una segunda nube explosiva y fuegos subsecuentes.

08-Dic-77	Brindisi, Italia	\$ 60,800,000	<b>Planta Petroquímica.</b> incendio debido a una fuga mayor de gas en la planta de etileno.
17-Oct-77	Baton Rouge, Louisiana, US	\$ 20,400,000	<b>Refinería.</b> Destrucción de un nuevo horno precalentado de la unidad FCC, por una explosión ocasionada por un corto circuito accidental mientras la instrumentación se relocizaba al CCM central.
24-Sep-77	Romeoville, Illinois, US	\$ 17,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio de tanque de almacenamiento de diesel de 56m de diámetro, por tormenta eléctrica.
11-May-77	Abqaiq, Saudi Arabia	\$ 117,200,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> Falla de un oleoducto de 30" provocó un incendio que destruyó tres esferas de 40,000 barriles.
03-Mar-77	Umm Said, Qatar	\$ 164,200,000	<b>Planta Procesadora de Gas.</b> Falla masiva de tanque de propano de 260,000 barriles a -30°C, debido a una falla de soldadura. La ola de propano líquido inundó la planta, provocando un incendio de dos días de duración.
24-May-76	Geismar, Louisiana, US	\$ 20,500,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión de reactor del proceso de poliglicol éter, provocando la descarga a la atmósfera de óxido de etileno, óxido de propileno, glicol y glicerina, debido a falla de agitación en el reactor y/o falla de instrumentación, ocasionando incendios en la planta.
07-Nov-75	Beek, Holanda	\$ 55,900,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de nube explosiva de 5 ton de hidrocarburos, principalmente propileno, derivada de una fuga de una conexión de 4 cm de diámetro a en un reactor de la unidad de olefinas de la planta. La ruptura fue ocasionada por cristalización de metal por frío.
<b>FECHA</b>	<b>PAIS</b>	<b>COSTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
17-Ago-75	Philadelphia, US	\$ 31,700,000	<b>Refinería.</b> Explosión de tanque de almacenamiento de crudo de 60,000 barriles de capacidad, mientras era cargado de un buque tanque, por sobrellenado, lo que provocó que vapores ligeros viajaran hasta una caldera, donde se dio la ignición.
16-Mar-75	Avon California, US	\$ 25,300,000	<b>Refinería.</b> Incendio de crudo por implosión de un recipiente, debido a vacío generado por una velocidad excesiva de bombeo en la succión, derramando líquido caliente.
29-Nov-74	Beaumont, Texas, US	\$ 43,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de nube explosiva seguida de incendios, resultante de una fuga de 16,800 gal de hidrocarburos líquidos y gases por una junta de expansión rota en la línea de succión de una bomba de la planta de isopreno. La mayor explosión ocurrió cuando el tanque de almacenamiento de 20,000 gal de isopreno fue alcanzado por el fuego.
01-Jun-74	Flixborough, UK	\$ 167,000,000	<b>Planta Petroquímica.</b> La ruptura de una conexión flexible temporal de 20" entre reactores de oxidación en la planta de caprolactama, provocó una nube explosiva de ciclohexano a alta temperatura y presión, que detonó al encontrar una fuente de ignición. Las ondas de presión de la explosión provocaron el incendio de 433,000 gal de líquidos inflamables en la planta, la cual quedó totalmente destruida. Los daños fuera de la planta se extendieron a 13 Km, incluyendo 2,400 casas habitación, tiendas y fábricas en la comunidad vecina.
24-Ago-73	St. Croix, Islas Vírgenes	\$ 31,500,000	<b>Refinería.</b> Incendio por fuga de hidrocarburos a alta presión por falla de la tubería de transferencia entre los separadores de alta y baja presión de un nuevo reactor de hidrosulfuración, durante el arranque del proceso, provocando la emisión de vapores a 850°C y su ignición por una fuente desconocida.

08-Jul-73	Tokuyama, Japón	\$ 44,400,000	<b>Planta Petroquímica.</b> La falla de aire de instrumentos en la planta de etileno ocasionó una acumulación de hidrógeno en la columna de hidrogenación de acetileno, derivando en una reacción exotérmica con la formación de etano y su descomposición a metano, carbón e hidrógeno. El incremento de presión provocó fugas que ocasionaron incendio y explosión del reactor.
14-Ago-72	Billings, Montana, US	\$ 16,000,000	<b>Refinería.</b> Incendio de gas butano por fuga debida a error humano durante un arranque después de mantenimiento.
07-Nov-71	Morris, Texas, US	\$ 19,300,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Explosión de reactor en la unidad de oxidación de glicol de la planta de óxido de etileno-etilenglicol, debido a error de operación por intentar operar la planta en condiciones de falla.
26-Feb-71	Longview, Texas, US	\$ 19,600,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Detonación de etileno por fuga de una conexión rota, que entró en la respiración de una máquina de compresión, causando la destrucción de 12 edificios.
12-May-70	Linden, New Jersey, US	\$ 104,000,000	<b>Refinería.</b> Explosión de reactor de la unidad de hidrocracking, que operaba a 2,500 psi y tenía paredes de 7" de espesor. La falla se debió a sobrecalentamiento localizado en las paredes del reactor.
23-Oct-69	Texas, US	\$ 34,200,000	<b>Planta Petroquímica.</b> Destrucción de una columna de refinación de 30 m de altura en la unidad de butadieno, por la ignición de 540 gal de vinil y etil acetileno acumulados en la base de la torre, posiblemente por polimerización térmica.
20-Ene-68	Pernis, Holanda	\$ 129,400,000	<b>Refinería.</b> Severo incendio abarcando 30 acres de la refinería, con un total de 200 acres de extensión, debido a error de operación provocando el contacto de crudo caliente con emulsión de agua, causando una evaporación violenta y la falla del tanque.
08-Ago-67	Lake Charles, Louisiana, US	\$ 84,800,000	<b>Refinería.</b> Explosión e incendio por fuga de 17,500 galones de isobutano por falla de una válvula en una tubería subterránea.

## OBJETIVO

La Investigación de accidentes e Incidentes tiene como objetivo principal la deducción de las causas que los han generado a través del previo conocimiento de los hechos acaecidos. Alcanzado este objetivo, los objetivos inmediatos persiguen rentabilizar los conocimientos obtenidos para diseñar e implantar medidas correctivas encaminadas, tanto a eliminar las causas para evitar repetición del mismo accidente o similares, como aprovechar la experiencia para mejorar la prevención en la empresa.

Todo accidente es una lección y de su investigación se debe obtener la mejor y la mayor información posible no sólo para eliminar las causas desencadenantes del suceso y así evitar su repetición, sino también para identificar aquellas causas que estando en la génesis del suceso propiciaron su desarrollo y cuyo conocimiento y control han de permitir detectar fallos u omisiones en la organización de la prevención en la empresa y cuyo control va a significar una mejora sustancial en la misma. No obtener de cada accidente la mayor y mejor información sería un despilfarro inadmisibles, incomprensible y de difícil justificación.

Ello exige realizar la investigación partiendo de la premisa de que rara vez un accidente se explica por la existencia de una sola o unas pocas causas que lo motiven; más bien al contrario, todos los accidentes tienen varias causas que suelen estar conectadas. Se debe tener una visión pluricausal del accidente.

Por ello, en la investigación de todo accidente, se debe profundizar en el análisis causal, identificando las causas de distinta topología que intervinieron en su materialización y no considerándolas como hechos independientes, sino que se deben considerar y analizar en su interrelación, ya que tan sólo la interrelación entre ellas es lo que en muchos casos aporta la clave que permite interpretar con certeza el accidente acaecido.

Por lo tanto el análisis de investigación de accidentes e incidentes identifica, evalúa, elimina y comunica riesgos y peligros reales y potenciales.

# **CAPITULO 2**

# **FUNDAMENTOS**

# **DE LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES**

## **2.1 ANÁLISIS DE CAUSAS DE RAIZ**

*TRIADA DE CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS.*

La confiabilidad de los sistemas, mediante la cual se garantiza la continuidad de las operaciones de una planta, es una función primordial de todos los niveles de la organización. La confiabilidad de la operación constituye la función básica tanto de la gerencia, como de la Supervisión de la Línea y de la Administración de la empresa.



Un sistema es confiable:

- 1) Cuando los componentes del sistema se mantienen en operación constante, de acuerdo a su intención de diseño y sin falla;
- 2) Cuando el desempeño laboral para la ejecución de las acciones necesarias para la operación de los sistemas se hace sin desviaciones a los procedimientos, por personal que sabe los pasos de la ejecución, cuenta con todos los recursos para ejecutarlos oportuna y adecuadamente y tiene la motivación adecuada para un desempeño correcto de sus labores, y finalmente.
- 3) Cuando el desempeño administrativo gerencial y de supervisión es capaz de mantener la organización, recursos, métodos y sistemas apropiados para una adecuada operación.

La falla de uno o de varios de los elementos señalados da lugar a las fallas operacionales del sistema, conduciendo a su falta de confiabilidad, provocando como la falla de equipos u maquinarias, problemas relacionados con materia primas y con productos, daños a las instalaciones y al equipo, interrupción de las operaciones productivas o de servicio, pérdidas económicas, daños al ambiente y lesiones al personal o a la comunidad.

En una operacional de baja confiabilidad, usualmente un error de desempeño administrativo gerencial ocasiona a la ocurrencia de fallas de desempeño laboral, las

que a su vez provocan fallas en los componentes del sistema, provocando directamente la falla operacional.

La falla de un componente del sistema convierte a este en una **condición insegura**. La falla en el desempeño laboral, en estas condiciones, se traduce en lo que se denomina un **acto inseguro**. La combinación de ambos llevan a la ocurrencia de un accidente o **falla operacional**, con efectos de lesiones sobre el personal, daños a las instalaciones, equipo, materiales o productos, interrupción de operaciones, o daños sobre el ambiente o la comunidad.

A lo largo de la historia de la industria en el mundo moderno, se ha tendido a separar el concepto de **falla operacional** del concepto del **accidente**. Así por ejemplo, la falla de una bomba que se suministra agua de proceso a una planta industrial y provoca un paro de actividades producidas por varias horas, se trata como una **falla operacional** de graves consecuencias debido a la suspensión de operaciones y se registra únicamente en los reportes de mantenimiento o en la bitácora del equipo. ¿se hace un análisis profundo para determinar las causas fundamentales que provocan la falla de uno o varios de los elementos de tríada de confiabilidad del sistema? Probablemente no y en consecuencia dichas causas podrán volver a repetirse en cualquier momento, ocasionando nuevamente un incidente de pérdida serio. Probablemente entonces se lleguen a aplicar técnicas para identificar causas de raíz que anteriormente no se aplicaron, después de tomar medidas drásticas contra los responsables de la administración del sistema.

La causa que origina el desencadenamiento de eventos que conducen a la falla de componentes y a los errores en el desempeño laboral, generalmente son originadas en la falla en el desempeño administrativo gerencial, la cual finalmente se traduce como causa de raíz de las fallas operacionales.

El análisis de las fallas de los componentes y de los errores de desempeño laboral, así como la identificación de las causas de raíz, constituyen el objetivo primordial de la investigación de accidentes e incidentes, con el propósito fundamental de definir las acciones preventivas y correctivas de dichas causas a fin de evitar que un evento de falla se vuelva a repetir y garantizar la confiabilidad de los sistemas.

## 2.2 MECANISMO DE ACCIDENTES

El accidente, de acuerdo al modelo causal de **franck bird**, se genera como un mecanismo que dispara diversos eventos, denominados causas, que tienen como resultado final el **accidente**, con un efecto real o potencial de lesión y de pérdidas.

Las causas que actúan sobre este mecanismo se explican como una serie de ficha de domino, en las que una provoca que se vayan cayendo las que se encuentran a su lado, hasta que la ficha mas alejada, el **accidente** también cae.

De acuerdo con este modelo, las causas de los accidentes se dividen en tres, a saber:

- 1) Causas inmediatas.
- 2) Causas básicas.



- 3) Causas de raíz o fundamentales.

## 1.- CAUSAS INMEDIATAS

Las causas inmediatas son las que interactúan directamente para ocasionar el accidente y se dividen en dos clases:

- ❖ Condiciones inseguras.

- ❖ Actos inseguros.

### CONDICIONES INSEGURAS

Constituyen una condición de falla de un componente de un sistema, con el potencial de provocar por si mismo o en combinación otras condiciones inseguras y actos inseguros, un accidente.

#### EJEMPLOS TIPOS DE CONDICION INSEGURA:

- Equipo o herramientas defectuosos.
- Defecto de diseño o construcción.
- Equipo en malas condiciones.
- Área congestionada.
- Falta de orden y limpieza.
- Pisos escaleras en malas condiciones.
- Sustancias peligrosas.
- Materiales inadecuados.
- Ventilación inadecuada.
- Iluminación inadecuada.
- Trabajos en alturas.
- Trabajos en áreas confinadas.

Las condiciones inseguras pueden aparecer ya sea por daño normal o anormal del componente, o por acciones erróneas que provocan el deterioro y convierten al componente en una condición de riesgo. En ocasiones se puede confundir como condición insegura el estado intrínseco de riesgo de un componente sin que necesariamente llegue a tener deterioro; por ejemplo, el filo de una navaja utilizada como herramienta, una operación, un material peligroso, una temperatura extrema normal o un equipo en movimiento. Sin embargo, estas condiciones deben considerarse como condiciones intrínsecas de riesgo, que constituyen en si una condición normal de trabajo bajo control, las cuales deben ser detectadas y tratadas mediante otras herramientas de prevención de riesgos, como la inspección de seguridad o el análisis de riesgos, a fin de minimizar su potencial intrínseco de riesgo y el nivel de exposición del personal a ellos, mediante la sustitución total, o la aplicación de controles de ingeniería, procedimientos de operación o equipo de protección personal, antes de que se provoque un accidente.

Las condiciones inseguras aparecen continuamente en el ambiente de trabajo, de manera normal o inducida. Parte de las actividades de un programa de seguridad industrial, incluye la Inspección de Condiciones Inseguras, actividad que debe realizarse de manera regular en la empresa, tanto por la supervisión como por los propios trabajadores, a fin de detectar y corregir oportunamente las condiciones de riesgo en las áreas de trabajo. Esta actividad debe estar acompañada por un sistema de seguimiento adecuado que permita garantizar que se programan y se llevan a cabo las medidas correctivas antes de que las condiciones de riesgo provoquen un accidente.

Es importante al detectar las condiciones inseguras, analizar sus orígenes y las causa que los provocan, a fin de que no se vuelvan a presentar inadvertidamente, con el potencial de sufrir accidente.

### **ACTOS INSEGUROS**

Los actos inseguros son fallas de desempeño laboral que ocasionan la exposición sin un control previsto, a riesgos potenciales o a condiciones inseguras en el ambiente de trabajo.

#### **EJEMPLOS DE ACTOS INSEGUROS:**

- Falta de uso o bloqueo de dispositivo de seguridad
- Falta de uso o uso inadecuado de equipo de protección personal.
- Uso inadecuado de equipo o herramientas.
- Uso de herramientas o equipo defectuoso.
- Operación de equipo sin autorización.
- Violación a procedimientos de operación o seguridad, falta de atención.
- Manejo inadecuado de sustancias o materiales.
- Carga inadecuada de materiales pesados.
- Prisa innecesaria.
- Influencia de drogas o alcohol, juego.

Los actos inseguros se presentan debido a comportamientos inseguros, que llevan al trabajador a cometerlos, y que es importante detectar mediante programas para impulsar el reporte de actos inseguros, la técnica de Observaciones Planeadas del Trabajo, el STOP ( **Seguridad en el Trabajo por Observación Preventiva** ) y Métodos de Seguridad Basada en el Comportamiento.

Estas técnicas incluyen siempre la necesidad del análisis del acto inseguro detectado a fin de encontrar las causas que mueven al trabajar a cometerlo, a fin de que para evitar

su repetición se ataquen precisamente esas causa y no solo efecto, manifestado en el acto inseguro.

Estadísticamente, las condiciones inseguras interviene por si mismas solo en un 5% de los casos de accidente e incidente, ya que un 95% de ellos interviene el acto inseguro, en interacción con una condición insegura o con una condición intrínseca de riesgo, como causa inmediata de los accidentes de trabajo.

Por ello un Programa de Seguridad basado únicamente en el control de condiciones inseguras no ha sido capaz históricamente de reducir la accidentabilidad de una empresa en mas de un 30% de los casos anuales de accidente, un programa de seguridad completo debe incluir también la detección, evaluación y control de los actos inseguros el personal.

## 2.- CAUSAS BASICAS

Las causas básicas son aquellas que conducen a la comisión de actos inseguros y a la aparición de condiciones inseguras, se dividen en dos clases:

- Factores personales peligrosos.
- Factores de trabajo.

### FACTORES PERSONALES DE PELIGROSIDAD

Son factores que influyen en el comportamiento de las personas, y que los conducen a cometer actos inseguros. Puede decirse que todos los factores personales de peligrosidad se circunscriben en tres causas generales No sabe, no puede, no quiere. Identificado entre estas tres causas los orígenes de actos inseguros, se encontraran las causas básicas que llevaron a la persona cometerlos exponiéndose así al accidente



De manera enunciativa, se enuncian a continuación ejemplos de factores personales de peligrosidad, divididos en las tres causas.

NO SABE

Falta de Conocimiento

Falta de experiencia

Orientación inadecuada  
Entrenamiento inicial inadecuado o incompleto Falta de capacitación o de reentrenamiento  
Falta de instrucciones  
Falta de entendimiento de las instrucciones

#### NO PUEDE

##### Capacidad Física o Fisiológica inadecuada

Estatura, peso, talla, fuerza o alcance insuficientes o inapropiados  
Capacidad de movimientos restringida  
Habilidad inadecuada para sostener posiciones del cuerpo  
Sensibilidad a sustancias químicas o alergias  
Sensibilidad a condiciones extremas de trabajo (calor, ruido, etc.)  
Deficiencia visual  
Deficiencia auditiva  
Otras deficiencias sensoriales (tacto, olfato, sabor, balance)  
Incapacidad respiratoria  
Otras incapacidades físicas permanentes o temporales

##### Capacidad Mental inadecuada

Temores y fobias  
Disturbios emocionales  
Enfermedades mentales  
Nivel de inteligencia  
Falta de capacidad de comprensión  
Juicio pobre  
Falta de coordinación  
Tiempo de reacción lento  
Aptitudes mecánicas pobres  
Falta de capacidad de aprendizaje  
Falla de memoria

##### Stress Físico o Fisiológico

Provocado por lesiones o enfermedades  
Fatiga debido a carga de trabajo o exceso de duración del mismo  
Fatiga por falta de reposo  
Fatiga por sobrecarga sensorial  
Exposición a riesgos a la salud  
Exposición a temperaturas extremas  
Deficiencia de oxígeno  
Variaciones de presión atmosférica  
Movimientos restringidos  
Insuficiencia de azúcar en la sangre  
Consumo de drogas o alcohol

##### Stress Mental

Sobrecarga emocional  
Fatiga debido a carga mental elevada o a altas velocidades  
Demandas extremas de toma de decisiones o juicio

Directrices confusas  
Requerimientos de trabajo en conflicto  
Problemas personales  
Enfermedades mentales

#### NO QUIERE

#### Motivación inadecuada

Se recompensa el trabajo mal realizado  
Se castiga por un trabajo bien realizado  
Falta de retroalimentación por el trabajo desempeñado  
Falta de reconocimiento por un buen comportamiento  
Falta de incentivos generales o de incentivos de producción  
Frustración excesiva  
Agresividad excesiva  
Intento indebido de ahorro de tiempo y esfuerzo  
Intento indebido de evitar incomodidades  
Intento indebido de atraer atención  
Falta de modelo en la supervisión  
Actividades denigrantes  
Problemas personales  
Enfermedades mentales

#### FACTORES DE TRABAJO

Son factores de la organización que provocan directamente la comisión de actos inseguros o que conducen a la aparición de condiciones inseguras en áreas de trabajo.

Se clasifican en factores de trabajo relativos a:

- ✓ Supervisión.
- ✓ Ingeniería y adquisiciones.
- ✓ Equipo y herramientas.
- ✓ Procedimiento de operación.

## SUPERVISION

### Liderazgo y Supervisión Inadecuados

Relación de reporte a superiores poco claro o conflictivo  
 Asignación de responsabilidades poco claras o en conflicto  
 Delegación insuficiente o inadecuada  
 Políticas, procedimientos, prácticas o instrucciones inadecuadas  
 Metas y objetivos en conflicto  
 Planeación o programación de trabajo inadecuadas  
 Inducción, instrucciones y/o entrenamiento inadecuados  
 Proporcionar documentos de referencia o guías inadecuados  
 Identificación y evaluación de potencial de pérdida insuficiente  
 Falta de conocimiento de administración del trabajo del supervisor  
 Falta de identificación de habilidades en asignación del trabajo  
 Falta de identificación de requerimientos del puesto  
 Evaluación y medición de desempeño inadecuados  
 Retroalimentación insuficiente o incorrecta

## INGENIERÍA Y ADQUISICIONES

### Ingeniería Inadecuada

Falta de identificación de riesgos en equipo y procesos  
 Falta de consideración de factores humanos y ergonómicos  
 Criterios inadecuados de diseño y especificaciones  
 Falta de supervisión durante la construcción  
 Criterios inadecuados de entrega de proyectos a operación  
 Falta de control durante el inicio de la operación  
 Falta de administración y control de cambios

### Errores de Compras

Requisiciones y especificaciones de compra inadecuados  
 Falta de investigación de materiales y equipo  
 Envío inadecuado de especificaciones a proveedores  
 Modo o rutas de embarque inadecuados  
 Falta de comunicación de datos de Seguridad e Higiene Industrial  
 Manejo inapropiado de materiales  
 Almacenamiento inapropiado de materiales  
 Transporte inadecuado de materiales

Falta de identificación de objetos y materiales peligrosos  
Disposición de residuos y basura inadecuados

#### EQUIPO Y HERRAMIENTAS

##### Mantenimiento Inadecuado

##### Mantenimiento Mantenimiento

##### preventivo

##### correctivo

Determinación	Comunicación de necesidades
Mantenimiento y lubricación	Programación de trabajos
Ensamble y ajuste	Examen de unidades
Limpieza y superficies	Reemplazo de partes

##### Equipo y Herramientas Inadecuados

Determinación inadecuada o insuficiente de necesidades y de riesgos  
Falta de consideración de factores humanos y ergonómicos  
Estándares y especificaciones inadecuados  
Disponibilidad insuficiente  
Falta de reparación o ajuste  
Reemplazo inadecuado

##### Desgaste Excesivo

Planeación de uso inadecuada  
Extensión indebida de la vida de uso  
Falta de inspección  
Carga de trabajo excesiva  
Mantenimiento inadecuado  
Uso por personal no calificado o sin entrenamiento  
Uso para propósitos incorrectos

##### Abuso y Mal Uso

##### Permitido por el Supervisor      No Permitido

Intencional	Intencional
No intencional	No intencional

#### PROCEDIMIENTOS DE OPERACION

##### Procedimientos Inadecuados

Desarrollo inadecuado de estándares y procedimientos  
Falta de o pobre comunicación de procedimientos e instrucciones  
Falta de mantenimiento y actualización de procedimientos.

### **3.- CAUSA DE RAIZA O FUNDAMENTALES**

Como se observa, las causas inmediatas, Actos y Condiciones inseguros, son solo los síntomas de la enfermedad y no basta con atacar a estos para cortar de raíz las cuales que provocan los accidentes e incidentes. Por otro lado, las causas básicas, integradas por una serie de factores personales y trabajo, tienen su origen en las causas de raíz, las cuales tienen que ser identificadas y eliminadas a fin de estar en condiciones de erradicar definitivamente la ocurrencia de accidentes e incidentes.

Las causas de raíz son fallas administrativas gerenciales que se derivan de fallas de control administrativo. Los controles administrativos a los que nos referimos son los siguientes:

- ❑ Programas.
- ❑ Estándares y procedimientos.
- ❑ Comunicación.
- ❑ Compromiso e implementación.

Algunos ejemplos de falla de control administrativo.

#### PROGRAMAS

Planeación inadecuada del trabajo  
Asignación inadecuada del trabajo  
Jornadas de trabajo inadecuadas  
Prácticas de planeación y programación inadecuados  
Falta de programas de mantenimiento preventivo / correctivo.

#### ESTANDARES Y PROCEDIMIENTOS

Estándares de supervisión inadecuados  
Estándares de contratación inadecuados  
Estándares de capacitación inadecuados  
Estándares de ingeniería y diseño inadecuados  
Estándares inadecuados de compras  
Prácticas inadecuadas de trabajo  
Estándares inadecuados de Orden y Limpieza  
Estándares insuficientes de protección al ambiente.

#### COMUNICACION

Estándares y prácticas de comunicación insuficientes o incorrectas.  
Falta de comunicación de cambios

## COMPROMISO E IMPLEMENTACION

Falta de una Política de Seguridad en la empresa  
Falta de compromiso y/o congruencia con la Política de Seguridad  
Falta de un Programa adecuado de Prevención de Pérdidas  
Falta de programas de motivación.

### 2.3 FACTORES PARA DEFINICIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES

De acuerdo a su definición, un **accidente** es un suceso involuntario no deseado o falla operacional, que ocasionada una lesión, un daño a las instalaciones o equipo, una perdida material o un impacto adverso sobre el ambiente. Un incidente, en cambio es una falla operacional o suceso involuntario no deseado, que pudo ocasionar una lesión, un daño a las instalaciones o equipo, una perdida material o un impacto adverso sobre el ambiente.

La única diferencia entre estos dos conceptos es la gravedad potencial. Mientras que en el accidente los efectos de gravedad se manifiestan físicamente sobre personas, instalaciones, materiales o el ambiente, ocasionando daños y lesiones, en el incidente, estos efectos no ocurren realmente, pero existe el potencial de que ocurran bajo otras circunstancias.

Ejemplo: Un trabajador camina por una zona en la que hay personal trabajando en un nivel superior; súbitamente a uno de estos trabajadores se le cae una llave que golpea el piso un segundo antes de que el trabajador pase por dicho lugar. No ocurre nada y el suceso puede ser clasificado como un **incidente**. Bajo circunstancia distintas, el trabajador pasa por la zona en el momento en que la llave cae, golpeándolo gravemente en la cabeza. Se trata entonces de un accidente grave.

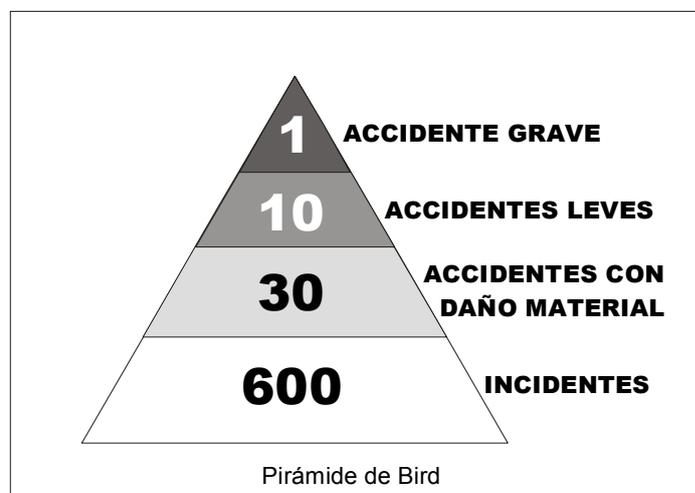
### 2.4 VISIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

#### ALCANCE DEL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

A fin de que el proceso de investigación de accidentes e incidentes satisfaga su propósito de erradicar la ocurrencia de lesiones y daños en el ambiente laboral, es fundamental que se enfoque a la atención de todos los accidentes e incidentes que ocurren en el centro de trabajo.

Dado que la gravedad es circunstancial, cualquier caso que pueda ocurrir o volver a ocurrir, cuyas causas de raíz no hayan sido identificadas y controladas, puede conducir a que ocurra un accidente de gravedad indeterminada, el caso puede presentarse como un incidente sin lesión o daño, como un accidente con daños materiales, o como un accidente con lesiones severas en el personal.

Acerca de la relación estadística entre los accidentes y los incidentes, decimos que por 1 accidente grave que ocurre en la organización, han ocurrido alrededor de 10 accidentes leves, a su vez, han ocurrido 30 casos de accidentes con daño material y hasta 600 incidentes casi accidentes, sin lesiones sin daños.



Esta relación estadística se da aproximadamente en todas las organizaciones, de manera que si una empresa se están investigando, con mayor o menor profundidad, los accidentes graves y algunos accidentes leves y con daño material, probablemente los mas aparatosos, es muy probable que estén ocurriendo muchos otros casos los cuales, debido a que circunstancialmente fueron de gravedad menos o que dicha ocasión no causaron daños, al no reportarse y analizarse para determinar sus causas, estas volverán a presentarse una y otra vez, bajo diversas situaciones, con el potencial de ocasionar, entonces lesiones graves y daños severos.

## **COSTOS DE LOS ACCIDENTES**

Un análisis de los costos de daño a la propiedad producidos por accidentes en todo el mundo han concluido de que los costos de daños a equipo, herramientas, materiales y productos, así como la interrupción de operaciones que provocan, asciende de 5 a 50 veces el costo de gastos médicos y de prima de riesgo de lesiones ocupacionales.

Otros costos no asegurados suman de 1 a 3 veces el costo asegurado del accidente.

El modelo mostrado revela que al igual que la parte que sobresale de la superficie del océano del iceberg, los costos aparentes de los accidentes son solo una pequeña parte de los costos reales, los que pueden ser medidos y controlados mediante las técnicas de investigación de accidentes e incidentes.

Estos enfoques de la visión general del proceso de investigación de los accidentes e incidentes demuestran que estar preocupados solo por los accidentes incapacitantes o por los que producen lesión es estar rotundamente equivocados con respecto al verdadero impacto de los accidentes e incidentes dentro de la organización, reforzando la necesidad de todos los accidentes e incidentes deben ser reportados, investigados y sus causas de raíz, debidamente controladas.



## 2.5 TERMINOLOGÍA

**Accidente**

Falla operacional o suceso involuntario no deseado que ocasiona una lesión, un daño a las instalaciones o equipo, una pérdida material o un impacto adverso sobre el ambiente.

### **Acto inseguro**

Falla de desempeño laboral que ocasiona que la persona u otras personas se expongan a un riesgo potencial sin un control previsto.

Administración. Proceso gerencial que consta de cuatro pasos:

Planeación, organización, liderazgo y control, por medio de las cuales se permite aplicar eficientemente los recursos de una empresa para alcanzar los objetivos. La falla en alguno de los pasos de la administración o particularmente, en la fase de sus controles:

- 1) Programas.
- 2) Estándares y procedimientos.
- 3) Comunicación.
- 4) Compromiso e implementación, da lugar a fallas administrativas gerenciales que son consideradas causas de raíz de accidentes e incidentes.

### **Ambiente de trabajo**

Ambiente comprendido alrededor del lugar físico donde se desempeña el trabajo, incluyendo sus equipos, materiales usados y procesados y las operaciones desarrolladas por el personal para el desempeño de su trabajo.

### **Ambiente**

El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

### **Causas básicas**

Causas que conducen a la aparición de las causas inmediatas de accidentes e incidentes. Por medio de la identificación de las causas básicas se determinan los factores personales y los factores de trabajo que intervienen en la comisión de actos inseguros y/o en la aparición de condiciones inseguras.

## **Causas de raíz**

Causas fundamentales de los accidentes e incidentes de las que se derivan las causas básicas e inmediatas y que generalmente son fallas en el desempeño administrativo gerencial manifestadas en falta de controles administrativos relativos a Programas, Estándares y Procedimientos, Comunicación y Compromiso e Implementación.

## **Condición insegura**

condición de falla de un componente de un sistema con el potencial de provocar por sí mismo o en combinación con un acto inseguro, un accidente.

## **Daño material**

Deterioro o averías en equipos, instalaciones, procesos, materiales y productos, así como los defectos directos e indirectos de la suspensión de operaciones y el deterioro de la imagen de la Empresa como consecuencia de la ocurrencia de un accidente o falla operacional.

## **Días perdidos**

Tiempo medido en días que dura la incapacidad para trabajar de una persona como consecuencia de una lesión incapacitante o una enfermedad ocupacional, ya sea estos consecutivos o no. El número de días perdidos no incluye el día del accidente en el que ocurrió la lesión o el día en que se manifestó la enfermedad ocupacional.

Los días durante los cuales el accidentado se presente a desarrollar un trabajo considerado dentro de la empresa debido a una lesión, no se cuentan como días perdidos por un accidente incapacitante.

## **Enfermedad ocupacional**

Toda condición o efecto adverso sobre la salud del personal, como resultado de una exposición continuada o repetida a agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo y como consecuencia del trabajo desempeñado.

## **Factor personal de peligrosidad**

Causas básicas de accidentes e incidentes. Son los factores que llevan a cometer actos inseguros. Pueden ser de tres tipos, por medio de los cuales es posible su identificación:

- a) No sabe.
- b) No puede.
- c) No quiere.

## **Factor de trabajo**

Causas básicas de accidentes e incidentes. Son los factores que conducen a cometer actos inseguros o la aparición de condiciones inseguras (falta de supervisión, error de diseño, error de comprar, falta de mantenimiento, equipo o herramienta inadecuado, procedimiento de operación inadecuado, desgaste o fatiga del material, etc.).

## **Forma de investigación de accidentes e incidentes**

Formato que se utiliza para el análisis e investigación de accidentes e incidentes y diseñado de manera que tal facilita la detección de sus causas inmediatas, básicas y de raíz, para la determinación eficiente de medidas preventivas y correctivas a fin de evitar su repetición. Por medio de este formato se registra y se informa de los sucesos, y se utiliza para realizar análisis estadísticos y de tendencias.

## **Impacto al ambiente**

Efectos adversos sobre el ambiente provocados por una emisión de contaminantes que rebasa los límites de la propiedad de la planta o penetra en el subsuelo. Se consideran significativos cuando producen efectos reversibles que pueden ser evaluados y graves, cuando provocan efectos irreversibles o rebasan los límites establecidos por la legislación en la materia.

## **Impacto sobre la comunidad**

Efectos adversos sobre las personas que habitan o están presentes en los alrededores de la empresa, derivados de la emisión de contaminantes o de la descarga de energía que rebasan los límites de la propiedad de la planta. Se consideran significativos si causan disconformidad y molestia entre pobladores y son graves o severos si causan efectos sobre salud, ya sea leves o graves, reversibles o irreversibles o muertes.

## **Incapacidad permanentes**

Lesión que provocan una incapacidad física en alguno de sus miembros, órganos o sentidos de manera parcial o total, como consecuencia de un accidente o una enfermedad ocupacional de acuerdo a un criterio médico profesional.

## **Incapacidad**

Condición en la cual se determina que como consecuencia de un accidente o una enfermedad ocupacional, una persona es incapaz de desempeñar un trabajo dentro de la empresa.

### **Incidente**

Falla operacional o suceso involuntario no deseado que pudo haber ocasionado una lesión, un daño a las instalaciones o equipo, una pérdida material o un impacto adverso sobre el ambiente.

### **Investigación de accidentes e incidentes**

Proceso en el que se describe y analiza un evento de riesgo a fin de determinar sus causas inmediatas, básicas y de raíz a fin de determinar acciones preventivas o correctivas de la misma que eviten su repetición en el futuro.

### **Lesión (ocupacional)**

Cualquier daño inmediato y agudo a la salud del personal como resultado de un accidente durante el desempeño del trabajo, o bien debido a la exposición aguda a agentes presentes en el ambiente de trabajo en un solo acontecimiento.

**Nota:** Las lesiones ocurridas durante el traslado del y al centro de trabajo se clasifican como lesiones por “accidente en trayecto”, con un tratamiento distinto. Las lesiones que son resultado de una picadura de animal o insecto y otros casos especiales, podrían clasificarse como lesión ocupacional dependiendo de la circunstancia en que ocurran.

### **Lesión de tratamiento médico**

Lesión ocasionada por un accidente que requiere para su curación de un tratamiento mayor que de primeros auxilios, administrado por un profesional médico y que no incapacita a la persona a desempeñar algún trabajo dentro de la empresa.

### **Lesión grave o incapacitante**

Lesión ocasionada por un accidente que incapacita para trabajar de acuerdo a un criterio médico profesional durante el siguiente turno completo al día en que ocurrió el accidente, o si el accidentado ha sido enviado a hospitalización para observación por 48 horas o más.

### **Lesión leve**

Lesión ocasionada por un accidente que requiere de un tratamiento simple de primeros auxilios y que ordinariamente no requiere de la atención de un profesional médico, y no incapacita a la persona a desempeñar sus labores dentro de la empresa.

### **Material**

Es todo elemento, compuesto o mezcla, ya sea materia prima, subproducto, producto y desecho o residuo que se utiliza en las operaciones y los procesos o que resulte de estos en el ambiente de trabajo.

### **Medico profesional**

Médico calificado en medicina del trabajo y conocimientos legales en la materia capaz de diagnosticar y tratar lesiones originadas por accidentes laborales y enfermedades ocupacionales.

### **Trabajo considerado o restringido.**

Labores que son desempeñadas por una persona que sufrió un accidente con lesión o una enfermedad profesional, que son distintas a las labores regulares de su puesto de trabajo, las cuales le son asignadas de acuerdo a su capacidad y experiencia ya sea para permitir que la persona continúe trabajando mientras se restablece de lesiones no incapacitantes o para favorecer su reintegración al trabajo después de una incapacidad, el trabajo considerado que transcurre en esta condición no se computariza como días perdidos por accidente o enfermedad ocupacional.

# **CAPITULO 3**

## **INICIO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 FORMATO PARA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES**

Una investigación que permita analizar con suficiente profundidad los hechos, a fin de garantizar la detección de las causas inmediatas, básicas de raíz y con el propósito de sacar conclusiones y planes de acción que permitan efectivamente la recurrencia de los accidentes e incidentes, requiere de un formato que lleve de la mano al grupo de

investigación y le facilite la labor de análisis para llegar exitosamente y le facilite la labor de análisis para llegar exitosamente a su propósito.

El formato esta dividido en las siguientes partes:

1. Clasificación.
2. Registro de datos generales.
3. Descripción de las lesiones y daños.
4. Descripción de los hechos.
5. Análisis de causas.
6. Recomendaciones y planes de acción y seguimiento.

El formato de investigación de accidentes e incidentes será utilizado para el análisis de causas y determinación de medidas de control efectivas para evitar su repetición para el control de riesgos de su empresa.

### **3.2 CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES**

Considerando siempre que la gravedad de los accidentes de trabajo es circunstancial y que no es posible garantizar un control sobre ella, los accidentes con lesión, con daños materiales y los incidentes se clasifican de la siguiente manera:

#### **ACCIDENTE GRAVE**

Accidente o falla operacional que provoca una lesión que incapacita al accidentado a trabajar, de acuerdo a un criterio medico profesional, durante el turno completo siguiente al día en que ocurrió el accidente.

#### **ACCIDENTE SERIO O DE TRATAMIENTO MEDICO**

Accidente o falla operacional que provoca una lesión que requiere para su curación de un tratamiento mayor que el de prime que el de primeros auxilios, que debería ser administrado por un profesional medico y que no incapacita a la persona a desempeñar algún tipo de trabajo dentro de la empresa.

Ejemplos: quemaduras de segundo y tercer grado, heridas con sutura, tratamiento de terapia fisica requerido, contusiones o luxaciones, cuerpo extraño incrustado en ojos, infecciones de lesiones leves etc.

## **ACCIDENTE LEVE**

Accidente o falla operacional que provoca una lesión que requiere de un tratamiento simple de primeros auxilios y que ordinariamente no requiere de la atención de un profesional médico. Esta lección no incapacita al accidentado a desempeñar sus labores ordinarias dentro de la empresa.

Ejemplos: heridas con aplicación simple de antisépticos, quemaduras de primer grado, lesiones con simple aplicación de venda elástica etc.

## **ACCIDENTE CON DAÑO MATERIAL**

Accidente o falla operacional que puede provocar o no una lesión, pero que provoca el deterioro o la avería de equipos, instalaciones, procesos materiales o productos, así como de manera directa e indirecta, la suspensión de operaciones.

## **INCIDENTE**

Accidente o falla operacional que no provoca lesión ni daños materiales, pero circunstancialmente tiene el potencial para provocarlo. En ocasiones se le conoce como near miss.

Un incidente que provoque lesiones al personal o daños en la empresa, pero que se clasifique como significativo o grave por su impacto real o potencial sobre el ambiente o en la comunidad, o que rebase los límites establecidos, debe ser considerado como un evento prioritario, que requiere de notificación inmediata y de atención específica de la empresa.

### **3.3 RESPUESTA A ACCIDENTES E INCIDENTES**

Es fundamental que se establezca una Política de la Alta Dirección acerca de la obligación de todo el personal a reportar todos los accidentes e incidentes, por leves que sean o por leves que parezcan. Esta política debe ser reforzada constantemente a fin de mantener vigente su existencia, como una práctica de alta prioridad, en la inteligencia de que de ninguna otra forma se podrá reducir la incidencia de accidentes en la empresa, ni se podrá ganar la valiosa experiencia para Seguridad futura, que lamentablemente estos sucesos proporciona.

## **COMUNICACIÓN**

El primer paso ante la ocurrencia de un accidente o incidente, es asegurar una respuesta oportuna en su comunicación. Un accidente o incidente debe ser reportado inmediatamente al jefe inmediato del área, (al ingeniero o al cabo), en el momento en que ocurre.

## **RESPUESTA**

En cuanto es notificado, el supervisor o los compañeros de trabajo calificado, responderán bajo el criterio de una situación de emergencia, a fin de evaluar las características del suceso y la magnitud del lesionado o lesionados y de los daños (por leves que sean).

En caso de haber lesionados, se procederá de inmediato a las labores de rescate, primeros auxilios y traslado a atención medica que sea requerida simultáneamente, se procederá a:

- a) Atacar los efectos de riesgo fuera de control del suceso
  
- b) Controlar accidentes potenciales secundarios
  
- c) Controlar los procesos afectados de la planta, a fin de minimizar los daños

Una vez controlada la situación de emergencia, se procederá de inmediato a iniciar el proceso de investigación.

El jefe inmediato , por la naturaleza y responsabilidad inherentes a su puesto, cuenta con el conocimiento detallado del trabajo y de las condiciones bajo las cuales se desarrolla este, por lo que es la persona mas apropiada para iniciar el proceso de investigación de los accidentes e incidentes que ocurren en su área.

Aceptar esta responsabilidad como parte de sus funciones combinado esto con el compromiso de tiempo y esfuerzo que esta función requiere, es fundamental para que el programa implementado por la empresa para prevención de riesgo por medio de la investigación de accidentes e incidentes prospere.

### **3.4 ASEGURAMIENTO DEL LUGAR DEL SUCESO**

Para iniciar el proceso de investigación del accidente / incidente, el jefe inmediato (ya sea el ingeniero o cabo de oficios) deberá presentarse al lugar del suceso para:

- a) Preservar todas las fuentes de evidencia en la escena del suceso
- b) Recolectar toda la información pertinente del evento, incluyendo al identificación de o de los lesionados su puesto de trabajo, el registro de la naturaleza de la lesión, las partes del cuerpo afectadas, el tipo de accidente ocurrido, el agente causante de la(s) lesión(es) y la determinación visual de los daños y de las áreas de la planta afectadas.
- c) Identificar, registrar e interrogar a los testigos.
- d) Determinar las actividades que se desarrollaban inmediatamente antes del suceso y obtener la descripción del suceso, así como registrar los eventos posteriores al mismo.
- e) Determinar las causas inmediatas (condiciones y actos inseguros) que intervinieron en el suceso.

Es importante que el jefe inmediato preste toda la atención posible a preservar toda la evidencia del suceso para evitar su alteración o su remoción de la escena, para su estudio posterior, de ser necesario, por un grupo de investigación.

### **3.5 NOTIFICACIÓN DEL ACCIDENTE E INCIDENTE**

Una comunicación rápida y precisa de un caso de accidente e incidentes es crítica.

Todos los casos de accidentes con lesión leve o grave, por igual, con danos materiales (por leves que parezcan) y de incidente (por insignificante que sea), deben ser notificados de inmediato.

Una vez preservada la evidencia y recabada la información básica, se notificara de inmediato del suceso y se originara un reporte preliminar del accidente7incidente, que deberá presentar de inmediato a su jefe superior y del Departamento de seguridad industrial dentro de las 24 horas siguientes del suceso.

El jefe inmediato responsable del área del suceso, dependiendo de la gravedad real o potencial del caso, determinara la notificación del suceso a la Dirección y autoridades corporativas de la empresa.

La empresa debe establecer un Procedimiento de Notificación de accidentes e incidentes, para la notificación inmediata a la alta dirección de todos los casos donde exista:

- Lesión grave al personal
- Daños materiales de consideración
- Daños significativos reales o potenciales al ambiente
- Impacto a la comunidad
- Cobertura de los medios de información

Este procedimiento debe contener un listado con teléfonos de oficina, trunki y domicilio particular, de los personal asignados para recibir día o noche la notificación d un accidente o incidente.

### **3.6 ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Una vez conocido el suceso e iniciado un reporte preliminar con la información básica del accidente, así como de las causas inmediatas que lo originaron, el jefe inmediato, determinara si es necesario integrar un equipo de investigación a fin de proceder de inmediato a la investigación definitiva del accidente / incidente para determinar las causas de raíz.

Durante el curso de la investigación puede ser esencial simular, si es posible y seguro reproducir los eventos que llevaron al accidente / incidente.

Esta practica puede ayudar a dar una imagen visual de las circunstancias que prevalecían inmediatamente antes del suceso. Esto deberá hacerse cuando no sea posible obtener información de alguna otra manera, cuando sea fundamental para la determinación de acciones correctivas y cuando sea absolutamente necesario para verificar los hechos. Se debe usar el sentido común y la experiencia de la organización y del personal para decidir si se hace una reconstrucción del escenario del accidente / incidente.

Una buena investigación requiere que se revisen cuidadosamente las herramientas, equipos y materiales que estaban siendo utilizados antes del evento, revisar los record de operación y de mantenimiento, programas de operación, reportes de capacitación del personal y cualquier otra documentación que pueda ayudar a identificar las causas básicas-factores personal y de trabajo del accidente / incidente.

A través de la investigación se deberán aplicar el Mecanismo del accidente, así como diversas técnicas para ayudar a determinar las fallas de control administrativo, que constituirán las causa de raíz del evento,

Nota: el proceso de investigación debe ser tan corto como se posible.

### **3.7 EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN**

Dependiendo del tipo de accidente se requerirá de la integración de un equipo multidisciplinario de investigación, en el que participaran todas las personas que puedan aportar datos y experiencia para determinación efectiva de las causas de los accidente / incidente.

Generalmente el jefe de área donde ocurrió el accidente / incidente es la persona mas adecuada para dirigir el proceso de investigación. Sin embargo el Jefe del Depto. de Seguridad Industrial puede ser el coordinador del proceso de investigación (sin delegar a la línea de su responsabilidad al respecto).

No se puede esperarse que el jefe de seguridad industrial proporcione suficiente asesoría técnica sobre todas las operaciones y actividades relacionadas con el caso, o que reemplace al jefe de área de esta función; sin embargo debido a su especialidad y experiencia en casos similares y a que en su campo domina las técnicas aplicadas para a menudo pueda ayudar al equipo de investigación a determinar las causas de los accidentes / incidentes.

Usualmente un grupo de investigación estará compuesto por personal de:

- Supervisor del área donde ocurrió el suceso.
- Depto de seguridad Industrial.
- Depto. servicios patrimonial (Área de riesgos)
- Mantenimiento.
- Depto. técnico (opcional).
- Especialistas en diversas disciplinas dependiendo de las características del suceso (opcional).

El equipo de investigación se debe reunir inmediatamente a fin de mantener en lo posible la evidencia fresca, así como la memoria de los testigos.

Asimismo debe mantener la continuidad de su trabajo de investigación de datos revisando la cronología del accidente / incidente, aplicando técnicas de construcción de diagramas de bloques, de análisis de probabilidad, árbol de fallas etc. y efectuando los análisis físicos y químicos que fueran necesarios para desentrañar el origen de los hechos y sus causas.

### **3.8 RECURSOS PARA LA INVESTIGACIÓN**

Los recursos que serán necesarios para una buena investigación serán muy variados dependiendo del caso. Los recursos mas usuales son los siguientes:

La mayoría de las veces solo se requiere de una cámara instantánea o digital (para tomar fotos instantáneas a la mayor brevedad posible después de ocurrido el suceso, por medio de la cual se puede preservar efectivamente el escenario y las evidencias físicas).

Es útil también el uso de una video cámara, como herramienta para capturar las evidencias antes de la investigación, o para registrar actividades de reconstrucción del evento.

En ocasiones extraordinarias serán necesarios otros recursos que ayuden a determinar los efectos de los accidentes o sus orígenes:

- Análisis químicos de materiales involucrados (para determinar por ejemplo, la presencia potencial de contaminantes o de incompatibles).
- Análisis metalograficos de partes de equipo dañadas.
- Radiografías de soldaduras y análisis de químicos penetrantes (para determinar la causa de fallas de paredes de equipos).
- Estudios analíticos del subsuelo (para determinar daños potenciales al ambiente debidos a derrames).
- Revisión especializada de componentes de equipos (válvulas, válvulas de alivio, discos de ruptura, instrumentos, etc.).

FORMA A.T.L.

## FORMATO A. T. L.

NUMERO (3)

(DEBE NUMERARLO EL DEPTO. DE REC.HUM.)

### AVISO DE TRABAJADOR LESIONADO

Centro de Trabajo (1) \_\_\_\_\_ Clave (2) \_\_\_\_\_ Fecha (4) \_\_\_\_\_

Gerencia de Rama (5) \_\_\_\_\_ Departamento (6) \_\_\_\_\_ Clave (7) \_\_\_\_\_

Nombre (8) \_\_\_\_\_ Ficha (9) \_\_\_\_\_ Edad (10) \_\_\_\_\_ Sexo: (11) M  F

Categoría al Lesionarse (12) \_\_\_\_\_ Planta  Transitorio  Confianza  Sindicalizado  Salario (13) \_\_\_\_\_

Lesión ocurrida a las (14) \_\_\_\_\_ horas del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Jornada en que se Lesionó (15)  Doblete  T. Extra

Lugar y Sitio donde se encontraba cuando se lesionó (16) \_\_\_\_\_

Relato de la forma en que se lesionó (17) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

LLENA  
RLO  
JEFE  
INMED  
IATO  
EN EL  
LUGA  
R  
DONDE  
OCUR  
RIÓ  
LA  
LESIÓN

LLENA  
RLO  
SERVI  
CIO  
MÉDIC  
O  
DE  
URGE  
NCIAS

LLENA  
RLO  
DEPTO  
DE  
A.S.I.P.  
A.

LLENA  
RLO  
DEPTO  
DE  
REC.  
HUM.

### CALCULO DE INDICES DE GRAVEDAD Y DE FRECUENCIA

I.f índice de frecuencia valor estadístico que relaciona el numero de accidentes con perdida de tiempo que ocurre por cada millón de horas-hombre de exposición al riesgo.



Este es un programa de seguridad que se lleva a cabo mes tras mes, y estaba basado frecuentemente 1 diario, 2 semanal, 3 quincenal, 4 mensual, 5 semestral y 6 anual, aquí se observa como mes tras mes hasta cumplir el año y se observa el total y el avance.

Aquí se aplica varias actividades para la seguridad y no ocurran accidente e incidentes para esto se realiza varias actividades

- ✓ Capacitación en la aplicación de procedimiento de trabajo.
- ✓ Complementar ordenes de trabajo por escrito en todas las áreas.
- ✓ Verificar uso de equipo de protección y ropa de trabajo en función de las actividades.
- ✓ Aplicar la pausa de seguridad en cada actividad.
- ✓ Utilizar lista de control de observaciones de stop.
- ✓ Revisión de condición física de la herramienta
- ✓ Revisión de condiciones físicas de unidades de transporte, maniobras y accesorios de seguridad en las mismas.

# **CAPITULO 4**

## **RECOPIACIÓN Y MANTTO. DE LA INFORMACIÓN**

### **4.1 FUENTES DE EVIDENCIA**

Forma parte de la evidencia relacionada con accidentes / incidente, todas y cada una de las fuentes de información que prevalecían antes del suceso o que se generaron como consecuencia del mismo y que pueden aportar información sobre generación, desarrollo y culminación y sobre sus efectos y consecuencias. Se consideran evidencias lo siguiente:

1. Testimonio de las persona que estaban presentes durante el suceso, incluyendo el(los) accidentado(s).
2. Testimonio de las personas que conocieron de cambios y situaciones extraordinarias que pudieran tener relación con el suceso.
3. Las áreas de trabajo, equipos instalaciones, procesos, sistemas, materiales y productos localizados en la zona donde ocurrió el evento.
4. Todos los equipos, instalaciones, proceso, sistemas, materiales y productos que presentaron daños como consecuencia directa o indirecta del accidentes / incidente.
5. Todos los documentos que prueben los registros del proceso de producción involucrado y la presencia o no del personal, los procedimientos e instrucciones de trabajo, los registros de capacitación y adiestramiento y otros documentos que aporten datos sobre las condiciones que prevalecían antes y durante el evento.
6. Los hallazgos e interpretaciones de una eventual reconstrucción.
7. Todos lo elementos que a juicio de los investigadores, puedan tener relación.

#### **4.2 FRAGILIDAD DE LA EVIDENCIA**

La preservación de la evidencia es un paso esencial al inicio del proceso de investigación, ya que su alteración o eliminación pueda ocasionar que las causas que originaron el accidente / incidentes permanezcan ocultas a los ojos de los investigadores, o que su detección se torne difícil, en perjuicio de un proceso de investigación completo y en demérito del programa integral de prevención de riesgos de la empresa.

La evidencia en un caso de investigación de accidente / incidentes presenta un fragilidad considerable, dado su origen súbito y fuera de lo común.

Muchas evidencias suelen modificarse accidentalmente durante las labores de rescate y de control de la emergencia, ya que ante dichas circunstancias cualquier otra necesidad se torna secundaria.

Después de un accidente / incidentes la supervisión y los propios trabajadores tienden inmediatamente a retornar al estado original de las cosas para restaurar la producción y volver al estado normal del área y del proceso, olvidando en ocasiones la preservación apropiada de la evidencia. No es extraño que la evidencia sufra alguna modificación dolosa o que sea ocultada, cuando alguna persona, trabajador, supervisor, etc., piensa que dicha evidencia puede ser utilizada en su contra, culpándola de alguna manera de lo sucedido.

Por otro lado, la mente humana es en cierta forma traicionera. Después de un accidente los testigos comentan entre si y consciente o inconscientemente, empiezan a modificar su percepción acerca de lo ocurrido, ajustándola a lo que los demás perciben.

Dependiendo de la complejidad de los hechos, es común que los testigos empiecen a olvidar datos que pueden ser relevantes, si pasa tiempo sin que den testimonios.

De esta manera, es muy importante considerar que la evidencia relacionada con un accidente / incidentes es sumamente frágil y que es fundamental para el éxito de la investigación actuar pronto para preservarla de cualquier modificación, obtener los testimonios a la mayor brevedad posible y registrar el estado de las cosas de la manera mas fiel que se a posible.

#### **4.3 EVIDENCIAS DE PERSONAS**

Las evidencias aportadas por las personas están constituidas por las valiosas declaraciones y testimonios de quienes estaban presentes durante el suceso, incluyendo los accidentados, así como la que proporcionan quienes tuvieron conocimientos de cambios y situaciones extraordinarias que pudieran haber contribuido al desencadenamiento de eventos que culminaran con el accidente / incidente.

Durante el proceso de la entrevista como consecuencia de las declaraciones de los testigos principales, es posible que se identifiquen nuevos testigos que aporten o amplíen la información obtenida inicialmente, o que verifiquen lo declarado originalmente.

Esto ocurrirá también durante el proceso de la investigación, como consecuencia del descubrimiento de información que tenga que ser evaluada o explicada por las personas que estén involucradas.

El testimonio de estas personas, que durante el proceso de investigación se denominarán testigos, es vital para comprender el desarrollo del suceso, así como el ambiente que prevalecía antes de que ocurriera, cuyos datos facilitarán la tarea de evaluación de daños y determinación de causas.

La evidencia de los testigos será tomada mediante entrevistas, a la mayor brevedad posible cuando las personas no han olvidado ningún detalle o antes de que modifiquen, ya sea inconscientemente o dolosamente sus testimonios, debido a mecanismos mentales al reconstruir los hechos ellos mismos o con sus compañeros, o por posibles sentimientos de culpa.

#### **4.4 PROCESO DE LA ENTREVISTA**

Las declaraciones de los testigos debe ser tomada a través de entrevistas. Una buena entrevista por parte.

Primero el jefe inmediato y posteriormente de los miembros del grupo investigador, es esencial para obtener información veraz y completa.

El proceso de la entrevista da inicio inmediatamente depuse de que se identifican los testigos principales, así como a lo largo del proceso de investigación, para lograr una entrevista efectiva, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe procederse cuanto antes y a la mayor brevedad posible.
2. Seleccionar a los testigos por la importancia aparente de su testimonio para describir los hechos y la posibles causas.
3. La entrevista se puede hacer de preferencia en el lugar de los hechos y complementarse, si es necesario en un ambiente aislado que infunda confianza al testigo. Hay que evitar la entrevista en un lugar que el testigo pueda identificar como hostil.
4. Durante este proceso es muy importante recalcar las veces que sea necesario, que la entrevista se realice con el único propósito de entender que fue lo que sucedió a fin de determinar las causas de manera que no se vuelva a repetir.
5. En conveniente iniciar la entrevista tranquilamente, que den confianza al testigo, probablemente de la salud de sus compañeros lesionados.
6. El entrevistador debe seleccionar cuidadosamente sus preguntas, enfocándolas a la obtención de datos precisos.
7. Es importante determinar horas , tiempos, nombres, puestos y ocupaciones, lugares, posiciones y situaciones, lo cual va hacer fundamental para el desarrollo de la investigación.
8. Para concluir la entrevista debe dejarse abierta la puerta para nuevas entrevistas o para aclarar sus datos si fuera necesario.
9. Concluida la entrevista, el entrevistador no deberá deshacerse de su libreta de notas hasta que la investigación del accidente / incidente haya sido formalmente concluida.

#### **4.5 EVIDENCIA FÍSICA**

La evidencia física esta constituida por las propias áreas de trabajo, los equipos, instalaciones, procesos, sistemas, materiales y productos relacionados con el área y con los procesos donde ocurrió el suceso.

Además todos los equipos, instalaciones, proceso, sistemas, materiales y productos que presentaron daños como consecuencia directa o indirecta del accidente / incidente y con sus causas.

Las evidencias físicas deben preservarse cuidadosamente y registrarse por medio de fotografías, reportes de inspecciones y testimonios concretos y documentados, o bien por cualquier otro medio que garantice que se podrán analizar los detalles que sean necesarios durante el proceso de investigación.

#### **4.6 EVIDENCIA DE PAPEL**

La evidencia en papel son los documentos que aporten pruebas y datos de cualquier índole sobre las condiciones que prevalecían antes y durante el evento.

Estos documentos pueden ser los registros del proceso de producción involucrado, los procedimientos e instrucciones de trabajo, los registros de asistencia del personal o los que prueben la presencia o no del personal antes y durante el evento, los registros de capacitación y adiestramiento que determinen las calificaciones y experiencia de las personas involucradas en los hechos, y cualquier otro documento que aporte información o pruebas necesarias para la determinación de las causas.

#### **4.7 EVIDENCIA DE POSICIÓN**

Forman parte de las evidencias de personas, físicas y de papel y están constituidas por el registro y testimonio acerca de la posición que se encontró después del suceso o que existían inmediatamente antes del evento, de válvulas, instrumentos, guardas y protecciones, etc.

Asimismo por las condiciones de operación, temperaturas, velocidades, presiones, alturas y otras situaciones del proceso y de las áreas de trabajo antes y durante el desarrollo del accidente.

#### **4.8 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información obtenida a través de las evidencias es la fuente mas importante de datos para llevar a cabo el proceso de investigación.

La información obtenida por cada uno de los investigadores debe ser:

- ✓ Recopilada.
- ✓ Clasificada.
- ✓ Valorada.

Por el grupo de investigación desde el inicio de su trabajo para determinación de las causas del accidente / incidente.

En el proceso de valorización no debe descartarse, ningún dato que por si mismo parezca irrelevante, ya que detrás de este puede esconderse una causa fundamental del suceso, la que podría descubrirse cuando por medio del análisis de datos se muestra la interrelación de las diversas causas para desencadenar el evento.

Todos lo datos deben ser considerados como valiosos, hasta que el proceso de investigación este concluido.

De esta manera toda la información derivada de las evidencias podrá estar disponible para su análisis.

#### **4.9 PROCESO DE RAZONAMIENTO EN LA INVESTIGACIÓN**

### LÓGICO SECUENCIAL

Es un proceso de razonamiento aplicado a la información obtenida, a fin de organizarla en una secuencia adecuada en la que han ocurrido los sucesos y las acciones de personas.

### LÓGICO CAUSA-EFECTO

Este proceso se aplica a acciones ordenadas secuencialmente para determinar si existen relaciones causales entre ellas y para verificar la relevancia de nuevos datos.

### LÓGICO DEDUCTIVO

Es un proceso de razonamiento (si, entonces), se aplica a:

Eventos que se deben haber ocurrido para provocar los efectos observados en la investigación.

Compresión de escenarios hipotéticos.

Se aplican las leyes naturales y principios científicos para intrapolar o extrapolar datos.

### LOIGICO NECESARIO / SUFICIENTE

Se aplica a acciones relacionadas entre si, para determinar que y solo que ha ocurrido para producir un efecto subsecuente.

EL RAZONAMIENTO LÓGICO ES ESENCIAL PARA TODO INVESTIGADOR Y PARA SUS REPORTES.

## PRINCIPIOS DE LOGICA

### **Principio de no contradicción**

Aun mismo tiempo y a un mismo respecto, es imposible para una sola proposición ser verdad y no ser verdad.

### **Principio de media excluida**

Una misma propuesta puede ser solo cierta o falsa.

### **Principio de identidad**

Si una propuesta es cierta, entonces es cierta.

# ***CAPITULO 5***

# ***ANALISIS DE DATOS***

## ANÁLISIS DE DATOS

Al revisar una gran cantidad de accidentes industriales, se han mencionado alrededor de veinte métodos de investigación de accidentes mayores sin embargo ninguno ha sido universalmente aceptado como el método óptimo de investigación.

Las investigaciones realizadas han fallado de manera general en la identificación de factores organizacionales y ambientales utilizando un análisis predictivo tradicional.

Esta falta de uniformidad de los especialistas para manejar un modelo de investigación universalmente aceptado hace que en cada empresa se adopte un solo modelo, el que resulte más acorde a sus condiciones y cultura, utilizando técnicas de análisis de datos que situacionalmente más se adopten a cada caso.

En el análisis de datos se describen una serie de técnicas de análisis que serán usadas para la investigación de las causas de los accidentes.

## 5.1 DIAGRAMA DE FACTORES CAUSALES Y PROCEDIMIENTOS PARA SU DESARROLLO

Los métodos de investigación de accidentes / incidente se han desarrollado de manera extensiva en la era industrial.

De manera que las tecnologías avanzan y los sistemas se tornan mas complejos, muchas disciplinas han investigado las fuentes de errores humanos, fallas de componentes y fallas administrativas que conducen a los accidentes.

Tanto ingenieros como economistas, sicólogos, abogados, sociólogos y directores de empresas han impulsado la disciplina de la investigación como un asunto de importancia prioritaria para la estabilidad de las empresas y las organizaciones.

El desarrollo de métodos de investigación ha reunido aspectos de administración de riesgos, soluciones de problemas y toma de decisiones, error humano, cultura organizacional de seguridad, sistemas de seguridad y otros asuntos relativos a la interacción entre el hombre la maquina y el ambiente.

La integración de disciplinas ha ayudado a ampliar la perspectiva y la habilidad de los grupos de investigación a examinar factores causales con mayor precisión.

Esta colaboración será esencial en el camino que resta aun para comprender los aspectos de interacción de causas de los accidentes.

La forma de detección de causas de accidentes / incidentes ha sido categorizada en cinco mayores áreas, de acuerdo a su historia, limitaciones y aplicaciones.

1. Concepto del Evento Simple.
2. Concepto de Cadena de Eventos.
3. Concepto de Factor – Evento.
4. Concepto de Árbol de Eventos.
5. Concepto Multilinear de Secuencias.

## 5.2 CONCEPTO DEL EVENTO SIMPLE

La forma mas básica de percibir una casualidad del accidente es el concepto de evento simple. El concepto se enfoca en la premisa de que los accidentes son causados por evento independiente.

Este modelo simple ejemplifica la búsqueda de “la causa” de lo que ha ocurrido, la búsqueda de un chivo expiatorio y su castigo resolvería el problema.

Este concepto, excesivamente vago e incierto, es sin embargo el mas ampliamente difundido en el mundo, así como el menos completo para tratar de entender un suceso ocurrido. El publico y los medios de comunicación en general, aplican este concepto cuando preguntan ¿ que ha causado el accidente ?.



### LIMITACIONES

El concepto de evento simple es sumamente limitado para facilitar ver el accidente como un proceso o una secuencia de eventos en el tiempo.

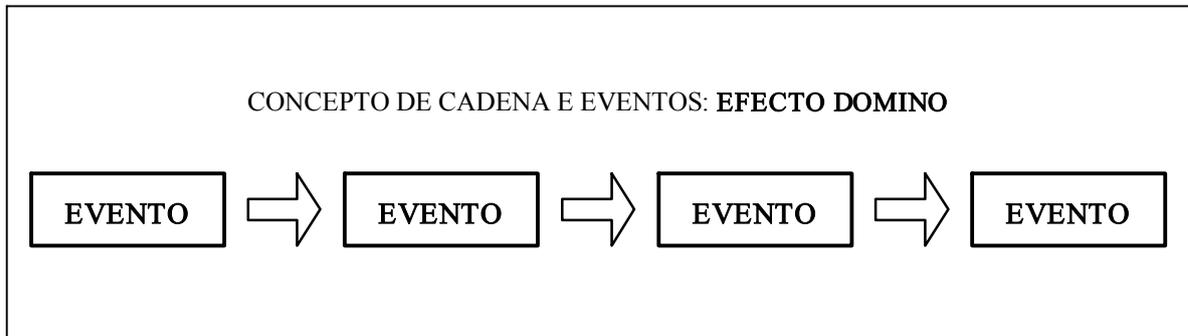
Los factores que pueden contribuir al accidente no pueden ser identificado o perseguidos de este manera, debido al hecho de que la causa real es obvia y visible. Cuándo se aplica este modelo, rara vez se determinan las causas que tienen que ver con su comportamiento humano.

### APLICACIÓN

La aplicación actual de este modelo es aparente en la forma como el publico y los medios de comunicación ven los accidentes. Este punto de vista es reforzado por hallazgos tales como cuando se dice que un accidente aéreo fue causado por error de piloto. Este razonamiento deja plenamente satisfecho al publico acerca de las causas del accidente.

### 5.3 CONCEPTO DE CADENA DE EVENTOS

El concepto de cadena de eventos o teoría de Efecto Domino, el concepto básico implica que los accidentes resultan de una secuencia de eventos que terminan en el accidente, una vez que la secuencia de la caída de las fichas de domino da inicio, cada nivel provoca la caída del siguiente, hasta que eventualmente el accidente ocurre. De esta manera la intervención en cualquier punto a lo largo de esta secuencia puede detener el proceso de generación del accidente y eliminar los resultados adversos.



De acuerdo a este modelo, un acto inseguro inicia la cadena que arranca de una condición insegura.

#### LIMITACIONES

Este concepto presenta la limitación de su progresión, siempre que se presenten interacciones diversas entre eventos, o causas contributivas, o bien aspectos de duración y tiempo de los eventos el modelo presentara limitaciones en la identificación de los factores causales.

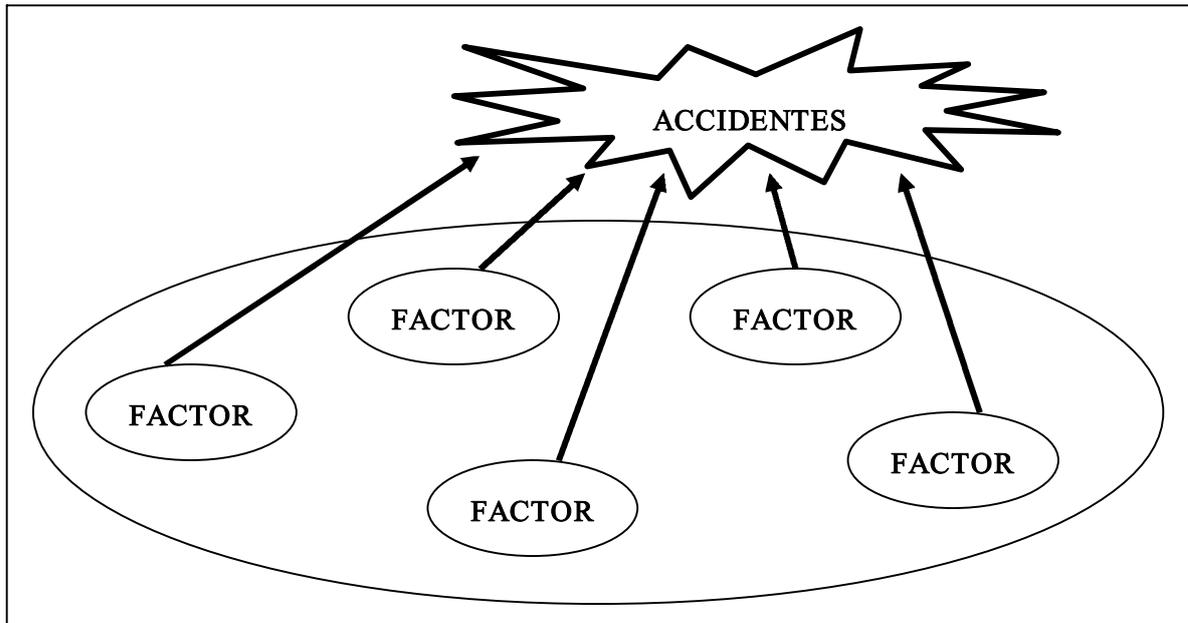
#### APLICACIONES

Actualmente este concepto prevalece en el campo legal, cuando se pretende la reconstrucción de las secuencias de eventos que dan lugar al accidente. Asimismo, dada sus características permiten llegar con sencillez a causas de raíz que descansan en fallas administrativas de la organización.

### 5.4 CONCEPTO DE FACTOR – EVENTO

En este modelo la idea prevaleciente es la de obtener datos y hechos a fin de aislar los factores que no dependen de las circunstancias.

Este modelo intenta buscar variables comunes a todos los accidentes. Para ello se utilizan comparaciones estadísticas para investigar los factores causales presentes en los accidentes.



### LIMITACIONES

El concepto de factor – evento está limitado por su dependencia en los datos que los investigadores del accidente reportan.

La obtención de datos relativos a los hechos, reemplaza cualquier intento de análisis. Este procedimiento carece de validación debido a que una investigación real está repleta a menudo de suposiciones acerca de las causas que influyen en el reporte de los hechos. Por otro lado, este método carece de disciplina y de estructura.

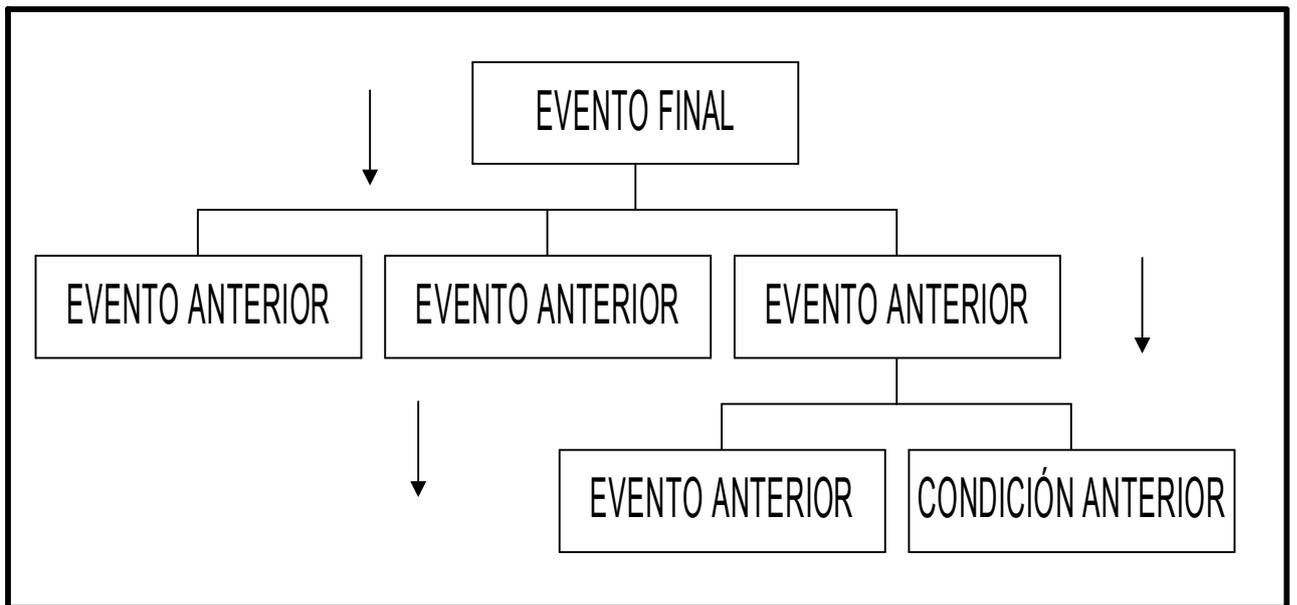
### APLICACIONES

Este concepto ha sido practicado en algunas dependencias gubernamentales, especialmente para la investigación de incendios por medio del llenado de una forma en la que se han identificado previamente ciertos factores contributivos y causales. Asimismo, este método que aplica el concepto solo hechos, es aceptado para la investigación de accidentes.

### 5.5 MODELO DE ARBOL DE EVENTOS

El desarrollo de árboles lógicos de eventos, que en forma general se muestra en la figura, ha sido aplicado en varios métodos formales de investigación de accidentes, que

integran varias técnicas analíticas en un formato de árbol lógico como parte integral del proceso.

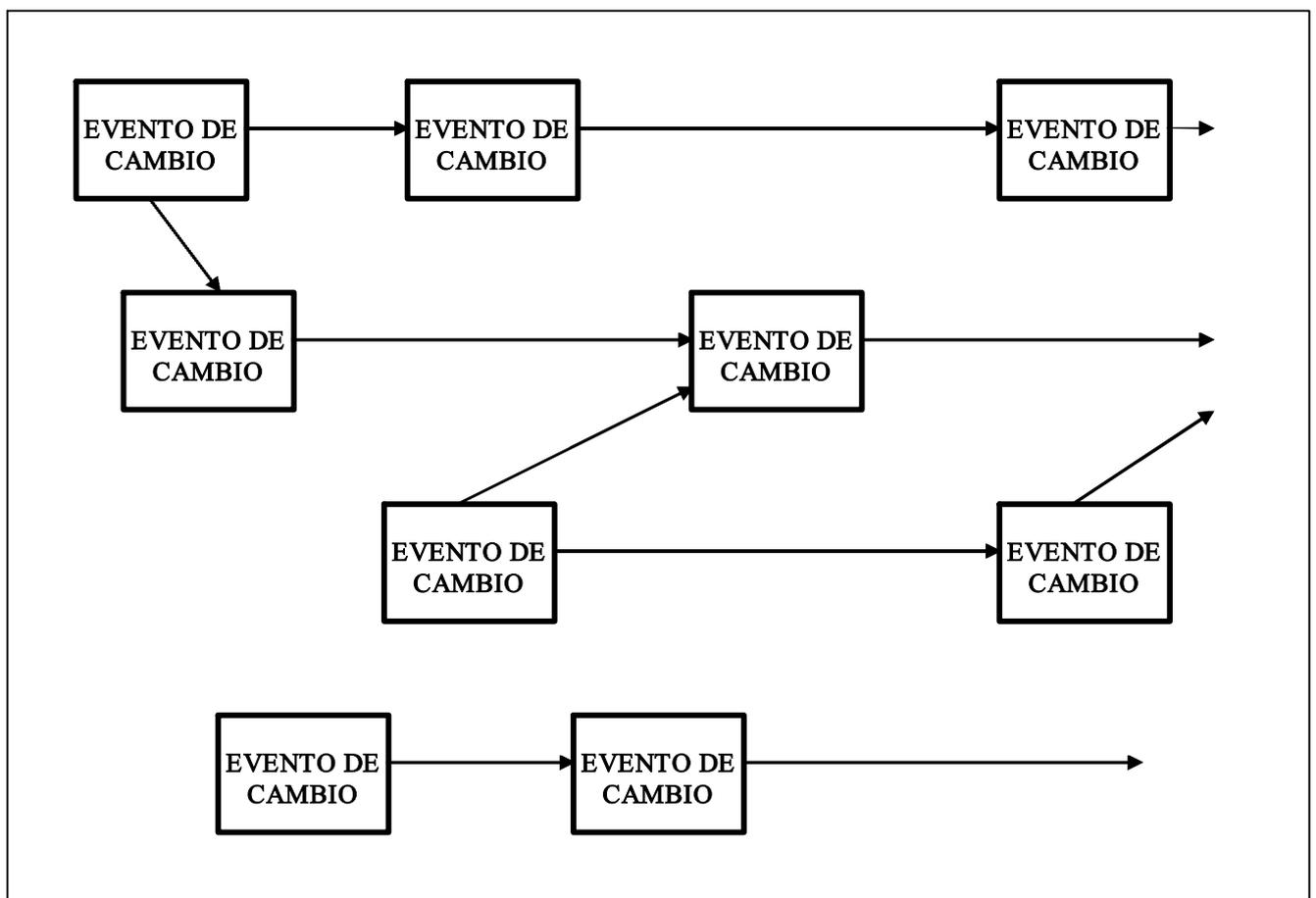


## 5.6 CONCEPTO MULTILINEAR DE SECUENCIAS

Es un sistema basado en el método Multilinear de secuencias para la investigación de accidentes, pretendiendo con ello subsanar las limitaciones de métodos anteriores.

El Análisis de Multilinear de Eventos es una técnica que incorpora la participación temporal de eventos múltiples, realizados por diversos actores ( agentes ) que métodos anteriores habían omitido considerar.

Adicionalmente algunos de estos eventos pueden ocurrir simultáneamente, por lo que el método proporciona una forma cronológica de comparación y validación de su participación en un suceso y permite descubrir posibles conexiones desconocidas con eventos, causas y factores contributivos.



El primer paso en la aplicación de este método es la identificación del inicio y del final de la secuencia del accidente.

Esta secuencia empieza cuando un flujo estable de eventos es interrumpido por una influencia externa, la posibilidad de un daño al sistema se incrementa. La identificación

de las desviaciones del flujo normal del proceso es necesaria para definir con precisión el inicio de la secuencia del accidente.

La identificación del fin de la secuencia, el final del evento dañino, permitirá establecer las fronteras para que el flujo completo de eventos pueda ser enmarcado. Entonces la secuencia completa puede ser dividida en eventos individuales y causas.

## 5.7 RESULTADOS ESPERADOS DEL ANÁLISIS DE DATOS

Se han establecidos varios criterios para determinar la aplicabilidad de cada uno de los métodos de análisis de datos, de acuerdo a la circunstancias.

Los criterios generales que es necesario tomar podrían resumirse en las siguientes preguntas:

**El método seleccionado es:**

1. Realista.
2. Comprensivo.
3. Consistente.
4. Visible.
5. Simple.
6. Fácil de aprender.

### **Realista**

El método debe producir resultados que representen la naturaleza secuencial, concurrente e interactiva de los procesos donde se va a aplicar.

### **Comprensivo**

El método debe poder abarcar desde el principio hasta el fin de la secuencia del accidente que pretende analizar, incluyendo los factores organizacionales, gerenciales, de supervisión, ambientales y humanos.

### **Sistemático**

El método debe consistir en una técnica lógica y disciplinada que permita el mutuo soporte de los miembros del grupo de investigación.

**Consistente**

El método debe ser estable, permanente y equilibrado y debe proveer de un forma de medió o prueba de la información disponible, de manera que reproduzca los mismos resultados independiente de quienes lo aplican y bajo que circunstancias.

**Visible**

El método debe descubrir y presentar los eventos y sus interacciones a lo largo de la secuencia del accidente, de manera que su representación sea de fácil comprensión, sin dejar lugar a interpretaciones o a suposiciones infundadas.

El proceso de investigación debe resultar relevante y creíble.

**Fácil de aprender**

Debido al hecho de que en un momento dado la mayoría de los miembros del grupo de investigación pueden no tener un entrenamiento formal en investigación de accidentes, el método debe ser relativamente sencillo para aprender y para implementar sin tener que pasar por un proceso extensivo de capacitación.

# ***CAPITULO 6***

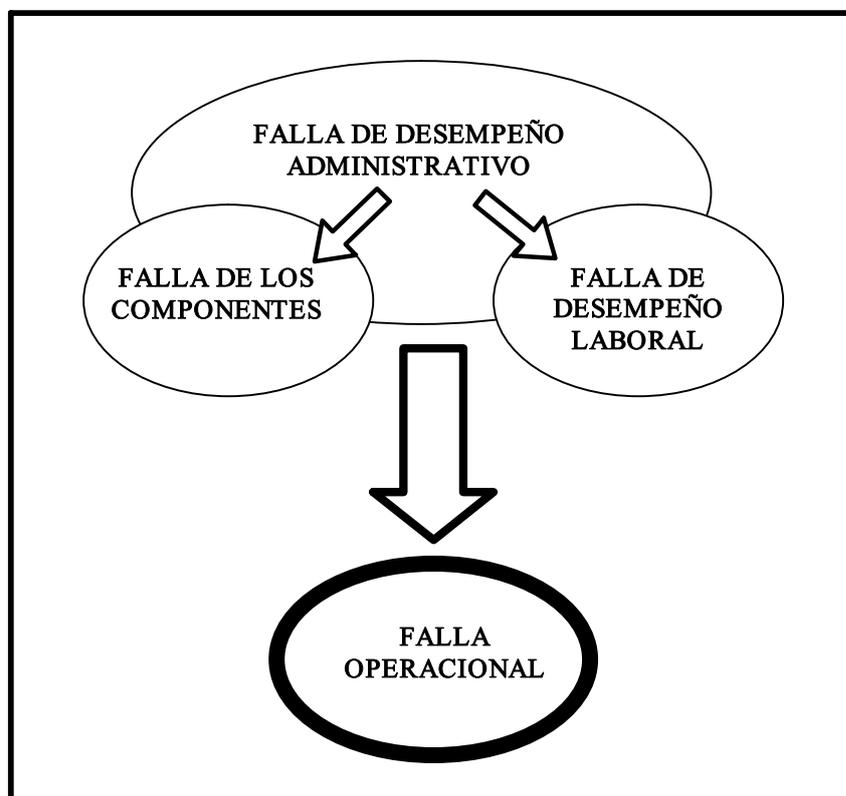
## ***IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE RIZ***

## 6.1 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ

El análisis para la determinación de las causas de raíz es el propósito fundamental de la investigación de accidentes / incidentes.

### METODO TRIÁDICO

De acuerdo con el Método Triádico de causas de los accidentes, que se aplica en su totalidad, las causas de raíz de una falla operacional corresponden a las fallas de desempeño administrativo, a través de la falta de control de Programas, Estándares, Procedimientos, Comunicación y Compromiso. Los errores de desempeño administrativo conducen a la aparición de factores personales y de trabajo, que llevan a la generación de fallas de los componentes (condiciones inseguras) y fallas de desempeño laboral (actos inseguros), directos causantes de la falla operacional, identificada con un accidente o incidente.



El método aplicado para investigación de accidentes / incidentes que se presenta anteriormente y subsecuentes, es indicado para la determinación de causa de raíz.

Existen métodos específicos que, independientemente del proceso de investigación que se siga facilitan la detección de causa de raíz.

## **6.2 ANÁLISIS DE CAUSA DE RAIZ**

El análisis de causa de raíz es un método que se incorpora al proceso para determinación de causas de accidentes.

El proceso involucra una secuencia paso a paso de métodos de investigación, este proceso secuencial conduce sistemáticamente al investigador a través de una serie de herramientas de análisis de manera que los refuerza en el hallazgo de la causa de raíz.

No obstante que la meta es encontrar la causa raíz, en este proceso se identifican también las causas contributivas.

La causa raíz se define como un factor causal que cuando se ha eliminado, se evitara la recurrencia de un problema.

Una causa contributiva puede no haber causado directamente la falla operacional, pero cuando se identifica requiere de una acción correctiva.

El proceso de análisis de causa de raíz, tiene como propósito documentar, organizar sistemáticamente y proceder lógicamente a través de una investigación. La meta no es solo identificar que ha pasado sino por que ha pasado.

### 6.3 MODELO DE CICLO CERRADO

Es un modelo que ilustra la relación entre la generación de un accidenté, el proceso de investigación y la subsecuente definición de medidas correctivas.

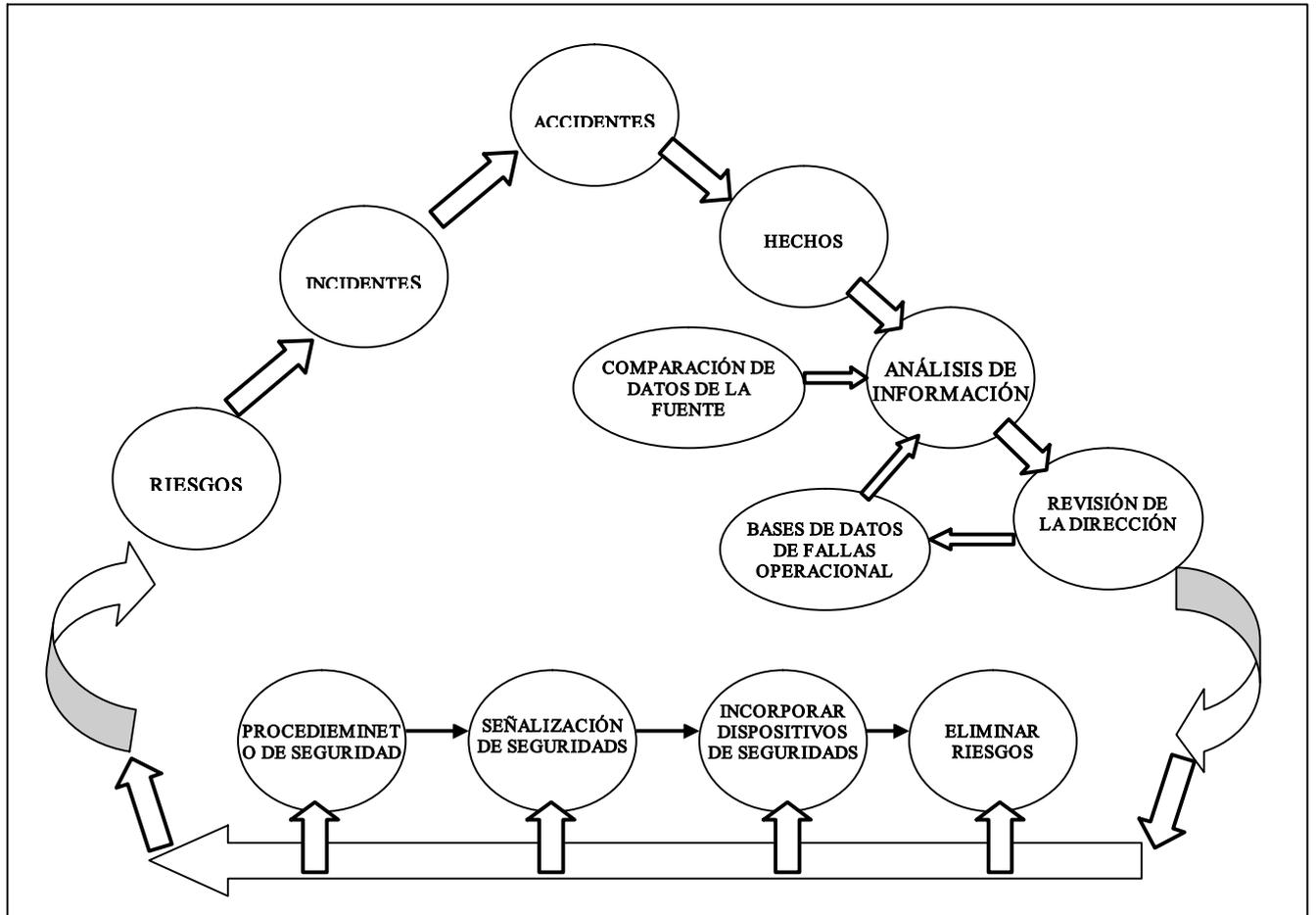
El modelo sugiere la importancia fundamental de la documentación, la investigación y la comprensión integral de los riesgos y de los incidentes, así como los propios accidentes. Gráficamente muestra el proceso de aprendizaje de accidentes / incidente a través de la investigación para identificar los factores causales.

Una vez que estos factores han sido identificados se pueden implementar medidas correctivas para reducir la probabilidad de que ocurran nuevamente.

El modelo demuestra la necesidad de investigar todos los accidentes e incidentes a fin de detener la transición probabilística de incidentes a accidentes graves y fatalidades. El modelo ilustra el camino que se sigue de la ocurrencia de un accidente a la investigación de sus causas, para finalmente implementar las medidas preventivas y correctivas, hasta que alguna otra debilidad en el programa de prevención identifique otro riesgo u ocurra otro accidente o incidente. El ciclo se repite a si mismo tanta veces como existan oportunidades de mejora en el Programa de Prevención que sean identificadas y atacadas.

El Programa de Prevención se convierte así en un proceso continuo para reducir eventos de riesgo.

FIGURA DEL MODELO DE CICLO CERRADO



## 6.4 RESPONSABILIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN

La habilidad de la organización para administrar exitosamente los riesgos de sus procesos depende de la manera en que el personal reconoce a la seguridad como una responsabilidad de la línea de la organización, la cual debe aceptar esta responsabilidad como una parte integral de su trabajo.

En la práctica, en la vida diaria, ante las presiones de la producción, en ocasiones es difícil seguir estos objetivos y las metas.

La Gerencia, la Supervisión e incluso los trabajadores de producción, Mantenimiento, etc., constantemente están tomando decisiones y determinando prioridades acerca de producción, calidad, costos, personal, seguridad en las operaciones, protección del ambiente etc., sin embargo, sin liderazgo efectivo y sin políticas y objetivos claramente definidos en todas las circunstancias, suele suceder que se toman decisiones enfocadas hacia la producción, pasando incluso por encima de la Seguridad y sobreviene el accidente.

Derivado de la fijación de objetivos concretos de Seguridad en la empresa, la Administración incluye aspectos para la medición del desempeño de la línea de la organización y para su conocimiento o corrección de desviaciones.

La investigación de accidentes e incidentes permite aprovechar el valor de las experiencias para que analizando y corrigiendo las causas de raíz que lo ocasionaron, se evite que vuelven a ocurrir nuevamente.

Mientras mas profundo se llegue en la investigación de accidentes e incidentes y mientras mas se preste atención a accidentes e incidentes menores, mayores resultados se logran en la prevención de situaciones de riesgo.

La investigación de todos los accidentes e incidentes de pérdida que ocurren en una empresa es una valiosa herramienta para la prevención integral de riesgo y constituye la columna vertebral de un programa de excelencia en Seguridad Industrial.

Esta herramienta bien enfocada proporciona a la administración información fundamental para la dirección efectiva del negocio.

Es responsabilidad de la administración garantizar la promoción de las actividades encaminadas a reportar todos los accidentes e incidentes que ocurran en la empresa como una actividad de alta prioridad y facilitar los recursos para una investigación adecuada de estos casos y para la solución de las Recomendaciones derivadas de la mismas.

# ***CAPITULO 7***

## ***EVALUACIÓN DE RESULTADOS***

## **7.1 TENDENCIAS DE RESULTADOS**

La información obtenida de la investigación de los casos de accidente e incidente ocurridos en la empresa es de sumo valor para la planeación del negocio, enfocado hacia la prevención de riesgos.

Esta información, cuando se compila y se analiza adecuada y oportunamente, proporciona datos importantes acerca de las tendencias que se advierten en la accidentabilidad de cada departamento de la empresa, lo que permitirá a la administración a través de simples estudios planear actividades tendientes a modificar actitudes y conductas, a desarrollar programas de capacitación y motivación, a modificar los programas de inspección y de observación planeada del trabajo y en resumen, a revisar su programa Integral de Seguridad.

## **7.2 ANÁLISIS DE TENDENCIAS**

El análisis de tendencias es una actividad administrativa que recae en el Departamento o Área y que constituye una fuente de información de la Gerencia para la planeación de la seguridad.

Se describe como la revisión sistemática y consiste de los datos derivados del proceso de investigación de los accidentes por medio de un análisis estadístico, con el propósito de medir tanto la forma como se mueven los resultados generales de accidentalidad en el área como el comportamiento de parámetros de control relativos al personal, a los equipos e instalaciones y a los sistemas administrativos y de supervisión acerca de la explosión a riesgos de accidente.

### 7.3 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Contando con datos suficientes, que hagan representativa la información, se deberán efectuar análisis estadísticos, se prepararan graficas que muestren tendencias en cada uno de los parámetros evaluados. Estas graficas de tendencias serán discutidas por la supervisión y la administración de la empresa a fin de definir posibles modificaciones al programa de prevención de riesgos, con el propósito de atacar las áreas que se muestran problemas, conductas inseguras o situaciones o situaciones específicas, para determinar y corregir posibles causas antes de que se traduzcan en casos de accidentes.

Regularmente se compararan los resultados en cuanto a numero de accidentes / graves, serios, leves y con daños materiales ) y de incidentes, con los análisis de tendencias elaboradas en un periodo de tiempo.

Esto se hacerse por lo menos de manera semestral, a fin de probar la eficacia de los análisis estadísticos y para corregir deficiencias oportunamente, en caso de que se encuentren.

## CONCLUSIONES

La prevención de accidentes, lesiones y enfermedades ocupacionales es responsabilidad de todos y cada uno de empleados y trabajadores de la Empresa. La habilidad de la organización para administrar exitosamente los riesgos de sus operaciones depende de la forma en la que el personal acepta a la Seguridad como una responsabilidad propia y como una parte integral de su trabajo.

De esta manera, los departamentos de Seguridad deben ser considerados como personal de soporte, asesoría e impulso y nunca de una manera tal que reemplace la responsabilidad de la supervisión o del propio personal en sus funciones de prevención.

El liderazgo administrativo y compromiso de la Dirección y de la alta gerencia en todos los niveles de la organización, y el involucramiento del personal, son la piedra angular para el logro de objetivos de Clase Mundial en Seguridad y prevención de riesgos, que conducirán a la Empresa invariablemente y de manera integral a un nivel de Excelencia en sus operaciones. El compromiso de la Dirección y el involucramiento del personal se complementan uno al otro, y al ser efectivamente implementados es posible lograr la sinergia que se requiere para que los programas de Seguridad y prevención de riesgos funcionen de acuerdo a sus propósitos.

El desempeño integral en la empresa, en todos los niveles de la organización, considera generalmente el logro de objetivos de producción, de eficiencia, de calidad, de costos y además de Seguridad. En una Empresa, el desempeño en Seguridad se considera por encima de cualquier otro objetivo, en la inteligencia de que el logro de los objetivos de prevención lleva indistintamente al logro de los objetivos de calidad y eficiencia, y consecuentemente, a los del propio puesto. La falta de la evaluación del desempeño en Seguridad en un puesto determinado permite que se logren objetivos de operación por encima de la Seguridad, significando logros que finalmente serán insostenibles y que llevarán irremisiblemente a la Empresa a una condición de incompetencia en el mercado del mundo siglo XXI.

## BIBLIOGRAFÍAS

DEPTO. DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

[HTTP://WWW.SUR.PEP.PEMEX.COM/SPRESIDENTES/](http://www.sur.pep.pemex.com/SPRESIDENTES/)

[HTTP://WWW.DCSSI.PEMEX.COM/SIOPA/INDEX.HTML](http://www.dcssi.pemex.com/siropa/index.html)