

# **INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES**

**Ing. Jorge Mangosio**

## INDICE

### **1. Introducción**

### **2. Fundamentos de Accidentología**

2.1 Análisis de Accidentes

2.2 Fuentes y causas de accidentes

2.3 El análisis ergonómico

2.4 El error humano

2.5 La Investigación de Accidentes

### **3. Metodologías de Investigación de Accidentes**

3.1 Métodos basados de ergonomía de sistemas

3.2 Métodos basados en análisis de cadenas causales

### **4. Análisis Sistémico de Accidentes y Fallas Sistémicas**

### **5. Riesgo**

### **6. Bibliografía**

### **1. Introducción**

En este texto se presentan los fundamentos de la Accidentología como disciplina científica.

Primeramente se da una introducción al estudio del análisis de accidentes, como

elemento de sistematización estadística.

Luego se introducen fundamentos del de la accidentología científica, en particular el análisis ergonómico y el error humano.

Posteriormente se estudia la metodología de cadenas causales, más conocida en la terminología de la seguridad como árbol de causas, y sus relaciones con las fallas de los sistemas sociotécnicos.

Finalmente, se presenta una introducción al análisis de riesgos de sistemas

## **2. Fundamentos de Accidentología**

### **2.1 Accidentología**

La accidentología es el estudio científico de los accidentes. El estudio científico implica la aplicación de una metodología

La materia de estudio de esta especialidad son los accidentes, que son hechos no planeado ni controlados. Salvo en los estudios de protección, no hay experimentación, sino datos a posteriori de los hechos.

Su campo es interdisciplinario, y muchos investigadores provienen de áreas de las ciencias sociales y la psicología.

En Argentina, el tema está manejado prácticamente por profesionales de la ingeniería

Por otra parte, el hecho que las Aseguradoras de Riesgo del Trabajo, deban investigar los accidentes, ha fomentado esta actividad en el país, pero su enfoque es a través de listas de chequeo. Las listas de chequeo, un invento americano, son la reducción del método científico a su mínima expresión

El mismo hecho que en epistemología se hable continuamente del método científico como una panacea, como si con ello se pudiese evitar él tener que pensar, sugiere que el anhelo de pensar poco está muy arraigado en el género humano.

Se distinguen en accidentología del trabajo dos métodos principales: a) el análisis de accidente, método para uso estadístico, prácticamente una lista de chequeo y b) las investigaciones de accidentes, con uso de todos los recursos de la investigación científica.

Entre las metodologías se distinguen algunas fundamentales:

- a) Las metodologías basadas en cadenas causales
- b) Las metodologías basadas en el análisis por cambios
- c) Las metodologías basadas en el análisis de sistemas sociotécnicos

En ese informe se verán las metodologías basada en cadenas causales y se presenta un estudio comparativo.

### **2.2 El Análisis de Accidentes**

Se entiende por análisis “ a la distinción o separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos” (Diccionario Manual de la Real Academia). Dado un hecho, que es el accidente, se buscarán todas sus partes o

componentes.

## **Fuentes y Causas de Accidentes**

Se toma por principio que los accidentes no suceden porque sí, sino que tienen diferentes causas definidas.

Fuentes de accidentes es cualquier actividad humana. En ella se encontrarán tres factores elementales de los accidentes: el hombre, el material y la máquina.

Por ejemplo, en el esmerilado de una pieza un hombre sufre una lesión en los ojos; los tres factores elementales aquí presentes son: el hombre, la pieza y la amoladora.

Se estudiarán dos tipos de normas para el análisis de accidentes: la correspondiente a la OIT, que es la norma adoptada por nuestro país, y la norma americana ANSI Z 16.2.

### Normas de la Organización Internacional del Trabajo y Normas Americanas

Las normas de la OIT clasifican los accidentes de acuerdo con cuatro factores:

- ◆ Forma del accidente
- ◆ Agente material
- ◆ Naturaleza de la lesión
- ◆ Ubicación de la lesión

Estos cuatro factores permiten analizar a los accidentes y extraer conclusiones.

La forma del accidente se refiere a las características del acontecimiento que ha tenido como resultado directo la lesión, es decir, la manera en que el objeto o sustancia en cuestión ha entrado en contacto con la persona afectada.

El agente material clasifica los accidentes de trabajo ya sea según el agente material relacionado con la lesión o según el agente material relacionado con el accidente.

- a) Cuando esta clasificación se utiliza para designar un agente material relacionado con la lesión, las rúbricas elegidas para los fines de clasificación deberán referirse al agente material que ha ocasionado directamente la lesión, sin tener en cuenta la influencia que este agente haya podido ejercer en la fase inicial del acontecimiento ya clasificado según la forma del accidente.
- b) Cuando esta clasificación se utiliza para designar al agente material relacionado con el accidente, las rúbricas elegidas para los fines de clasificación deberán referirse al agente material que por razón de su naturaleza peligrosa ha contribuido a precipitar el acontecimiento ya clasificado según la forma del accidente. Esta es la forma adoptada en la RS MTSS-SRT 15/96

La naturaleza de la lesión clasifica lesiones provocadas por accidentes de trabajo o los accidentes en el trayecto, exceptuando la enfermedad profesional.

La ubicación de la lesión. Indicar la parte del cuerpo donde se encuentra la lesión. Antes de clasificar como lesiones múltiples, debe tratarse de identificar la lesión más grave.

La norma Americana ANSI Z 16.2 provee un método de computar hechos básicos relacionados con lesiones experimentadas en el trabajo y con los accidentes que producen esas lesiones; este procedimiento no intenta ser aplicado al análisis o compilación de hechos relacionados con accidentes que no resultan en lesión.

Se define al accidente como un evento que resulta en daño físico a una persona.

El daño físico involucra lesión traumática y enfermedad, así como otros efectos adversos, ya sean mentales, neurológicos o sistémicos resultantes de una exposición o circunstancia.

Se reconoce que la ocurrencia de una lesión frecuentemente es la culminación de una secuencia de eventos relacionados y que una variedad de condiciones o circunstancias pueden contribuir a la ocurrencia de un simple accidente; pero la inclusión de hechos subsidiarios o relacionados complicaría el procedimiento estadístico hasta hacerlo impracticable.

El procedimiento registra un solo hecho pertinente acerca de cada accidente en cada una de las categorías de análisis.

Como se ve, el análisis de accidentes desde este punto de vista es limitado, y la misma norma especifica que no intenta idear un método óptimo de investigar accidentes.

Por eso el procedimiento más completo se llamará investigación del accidente y se verá más adelante.

Las categorías son las siguientes:

1. Naturaleza de la lesión
2. Parte del cuerpo afectado
3. Fuente de la lesión
4. Tipo de accidente
5. Condición insegura
6. Agente del accidente
7. Parte del agente
8. Acto inseguro

#### Categorías analíticas. Definiciones y reglas para la selección.

1. Naturaleza de la lesión

Identifica la lesión en términos de sus características físicas principales.

Como regla básica principal, nombrar la lesión básica antes de su secuela.

Cuando una lesión es obviamente más severa que otra, seleccionar a la misma; en el caso de haber varias de igual importancia, clasificar como lesiones múltiples.

2. Parte del cuerpo afectado

Indica la parte del cuerpo afectada por la lesión previamente identificada.

3. Fuente de la lesión

Identifica el objeto, sustancia, exposición, movimiento corporal que directamente produce o influye la lesión previamente identificada.

#### 4. Tipo de accidente

Identifica el evento que directamente resultó en lesión.

#### 5. Condición insegura

Identifica la condición física insegura o circunstancia que permite u ocasiona la ocurrencia de este tipo de accidente.

#### 6. Agente del accidente

Identifica el objeto, sustancia o lugar en el cual existía la condición peligrosa.

#### 7. Parte del agente

Identifica la parte particular del agente del accidente alrededor de la cual existe la condición peligrosa.

#### 8. Acto inseguro

Identifica la violación de un procedimiento seguro que directamente permite u ocasiona la ocurrencia del tipo de accidente ya mencionado.

Para un análisis de accidente, de acuerdo con la norma ANSI Z 16.2, es conveniente usar una serie de preguntas.

<u>Factor</u>	<u>Preguntas</u>
a) Naturaleza de la lesión	¿Cuál es la lesión?
b) Parte del cuerpo afectado	¿Qué parte del cuerpo fue afectada por la lesión nombrada en a)?
c) Fuente de la lesión	¿Qué objeto o sustancia infligió la lesión nombrada en a)?
d) Tipo de accidente	¿Cómo entró en contacto la persona lesionada con el objeto o sustancia nombrado en c)?
e) Condición insegura	¿Qué condición peligrosa (física o ambiental) o circunstancia causó o permitió la ocurrencia del evento nombrado en d)?
f) Agente del accidente	¿De qué objeto o sustancia es una característica la condición insegura físico o ambiental nombrada en d)?
g) Parte del agente	¿A qué parte específica del objeto o sustancia nombrado en f) se aplicó la condición insegura nombrada en e)?
h) Acto inseguro	¿Qué acto inseguro causó o permitió la ocurrencia del evento nombrado en d)?



## 2.3 El análisis ergonómico

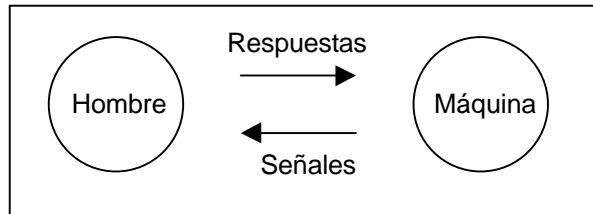
### Sistema Hombre – Máquina

Se considera sistema a un conjunto de elementos que tienen por objeto cumplir una función.

Sistema puede ser un conjunto de hombres (grupo humano), un conjunto de máquinas y hombres (sistema sociotécnico), una maquinaria, etc.

Es de interés, en este caso, el estudio de los sistemas hombre – máquina.

Estos sistemas pueden ser representados



La máquina suministra señales que indican su comportamiento y el hombre las interpreta y da las respuestas.

Los sistemas Hombre – Máquina actuales intercambian básicamente información.

Montmollin, introduce el concepto de sistemas Hombres – Máquinas, constituidos por un conjunto de Hombres y Máquinas que interactúan.

Fundamentalmente, un sistema Hombres - Máquinas es un conjunto de puestos de trabajo.

Es conveniente introducir un perfeccionamiento e esta concepción e introducir la idea del Sistema Hombre(s) – Máquina(s) abiertos, es decir, que intercambian materia, energía e información con el medio.

Esto permite considerar un sistema Hombre – Máquina, su vinculación con el medio industrial interno y externo del establecimiento y los disfuncionamientos que aporta dicho medio, fundamentalmente como:

- a) Deficiencias en las condiciones de trabajo (ruido, calor, contaminantes, etc.)
- b) Perturbaciones al funcionamiento de la maquinaria (hardware) como variaciones de tensión eléctrica, humedad, contaminación, etc.

### Funcionamiento de los sistemas Hombre(s) - Máquina(s)

Las funciones de un sistema dependen de una estructura causal. Parte de la estructura causal de un sistema industrial está relacionado con el flujo de materia y energía. Otra parte de las conexiones causales dependen del flujo de información que interconecta el equipo físico y que quita grados de libertad de

sistema de acuerdo al propósito de la operación.

Las restricciones a los estados del sistema a ser introducidos por la red de control dependen del propósito inmediato y del modo de operación y servirán para mantener un estado del sistema, cambiarlo, o coordinar o sincronizar estados de varios subsistemas y obtener nuevas reconfiguraciones del sistema. El intercambio fundamental en los sistemas H-M es la información.

### Análisis de Interfaces de Sistemas

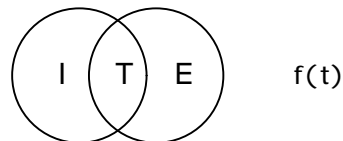
Se ha dicho que entre las interfaces de un sistema hay intercambio de materia, energía e información.

De acuerdo con la teoría de Leplat, un accidente es un síntoma de disfuncionamiento de un sistema. En las interfaces entre sistemas o subsistemas es donde se producen la mayor cantidad de accidentes, por lo tanto resulta conveniente hacer un estudio de las distintas interfaces en el ámbito organizativo, sea departamental, grupo de trabajo o individual.

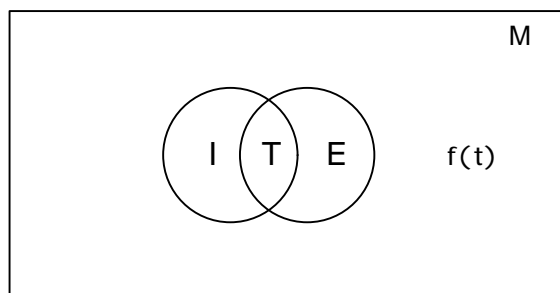
Para realizar un trabajo es necesario, por lo menos, un trabajador y un determinado equipo (útiles, materias primas, máquinas, etc.)



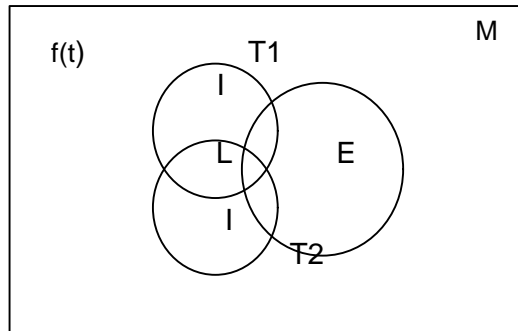
Cuando comienza un trabajo se inicia la relación entre el individuo y los equipos. Esta interrelación es la tarea; es la interface entre el trabajador y los equipos. Esta tarea se desarrolla en etapas, relacionadas con el tiempo  $f(t)$ .



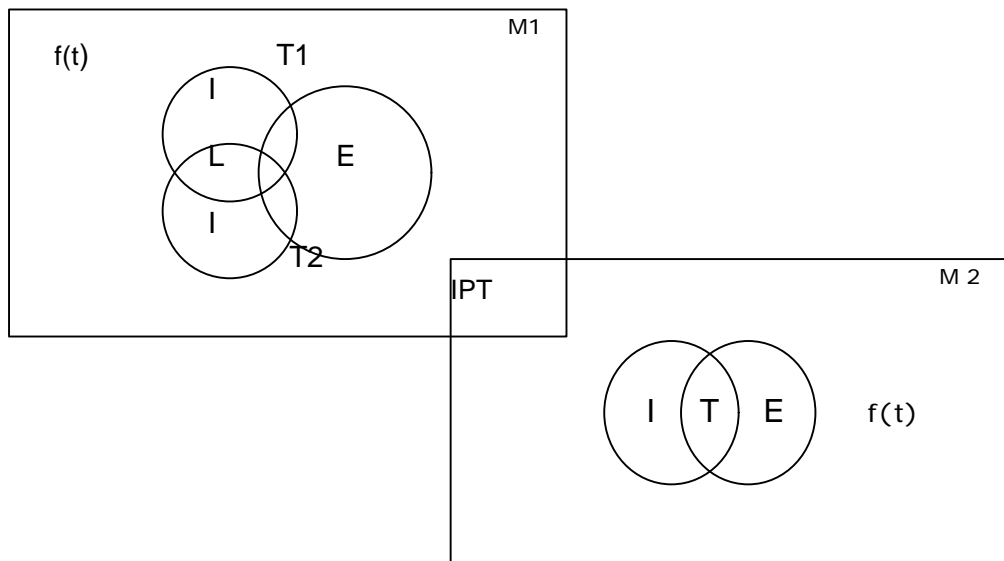
A su vez, esta tarea se desarrolla en un medio ambiente  $M$  de determinadas características. Este constituye el puesto de trabajo.



Esta tarea puede realizarse mediante dos o más trabajadores; se tendrá una interfase de relación L.

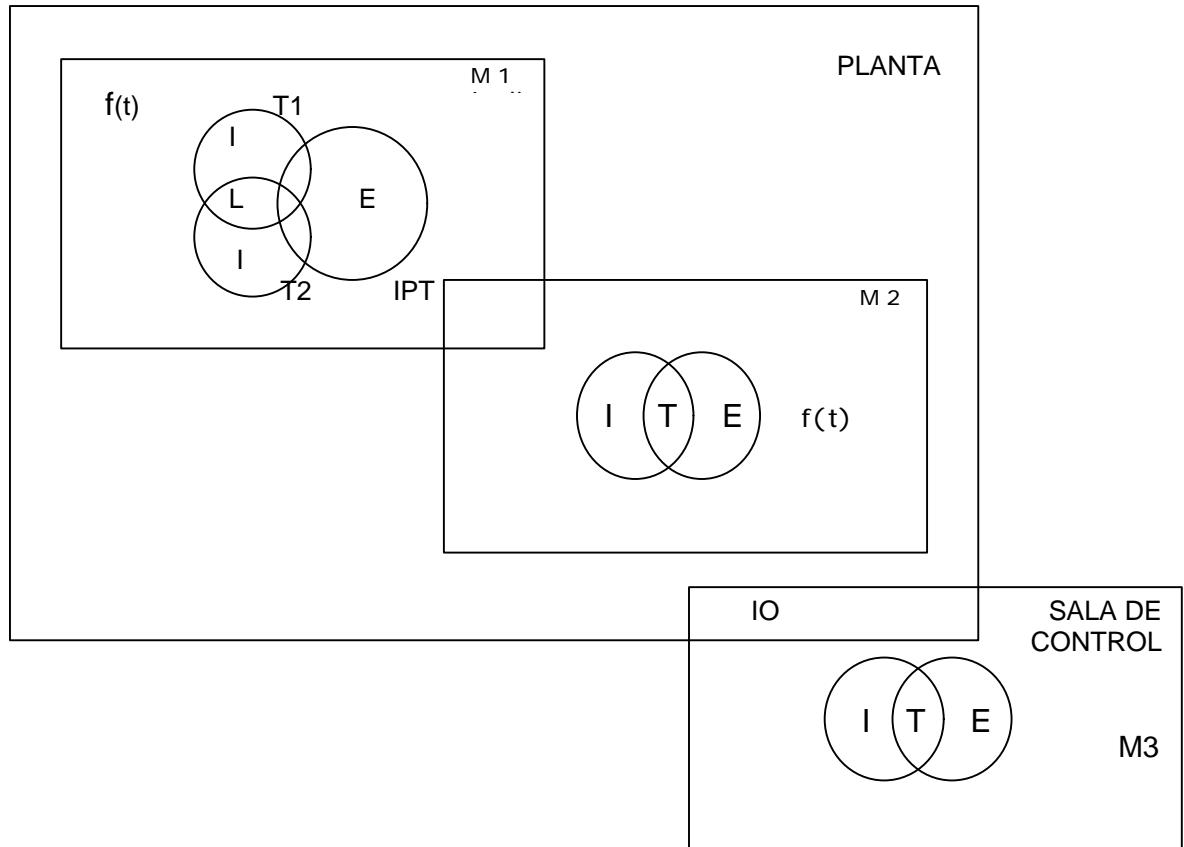


Pero un puesto de trabajo no es totalmente independiente, dado que puede ser influenciado por otros puestos de trabajo. Es decir, hay una interfase entre puestos de trabajo IPT.



Estos puestos de trabajo pueden estar influenciados por otros puestos de trabajo, no necesariamente en la proximidad, sino mediante una interacción organizativa. Un ejemplo podrían ser obreros que realizan trabajos de reparación en un componente (lugar de trabajo LT1) y tienen una interacción de tipo organizativo IO

con la sala de control (lugar de trabajo LT2).



Concluyendo, un estudio de interfaces o interrelaciones del trabajo tendrá que estudiar los siguientes puntos:

T: Tareas

M: Medio Ambiente

L: Relación entre los trabajadores en el puesto de trabajo

IPT: Interacciones por proximidad entre distintos puestos de trabajo

IO: Interacción organizativa entre puestos de trabajo

Finalmente, y de acuerdo a lo indicado anteriormente, es conveniente usar el concepto de sistema abierto y estudiar las influencias del medio sobre los trabajadores y el equipo.

El estudio de interfaces entre subsistemas puede hacerse en el ámbito organizativo; sea, por ejemplo, el caso de un departamento de mantenimiento que interactúa a su vez con los departamentos de operaciones y seguridad industrial.

Para una mejor ilustración del caso, se puede representar la situación mediante diagramas de Venn. Sea, por ejemplo:

A = Departamento de Operaciones  
 B = Departamento Mantenimiento  
 C = Departamento Seguridad

INTERFASE	INTERACCION
A ∩ B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pedido de Reparación</li> <li>2. Planeamiento de la operación</li> <li>3. Bloqueo de Equipos</li> <li>4. Reparación</li> <li>5. Desbloqueo</li> <li>6. Puesta en marcha</li> </ol>
A ∩ C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeamiento</li> <li>2. Supervisión</li> </ol>
B ∩ C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeamiento</li> <li>2. Supervisión</li> </ol>
A ∩ B ∩ C	Interacción en el lugar de reparación

## 2.4 El error humano

El estudio del error humano es de fundamental importancia en accidentología. Se estima que el error humano es la causa del 80 al 90 por ciento de los accidentes. Una distinción fundamental debe hacerse entre el error humano y las limitaciones del ser humano. Las limitaciones humanas se refieren a todas las ocasiones donde las capacidades mentales y físicas son inferiores a las requeridas por una tarea.

La clasificación de los errores humanos que se usa en esta investigación de ha tomado de Reason

La idea fundamental es que las acciones planeadas pueden fallar en sus objetivos por tres razones:

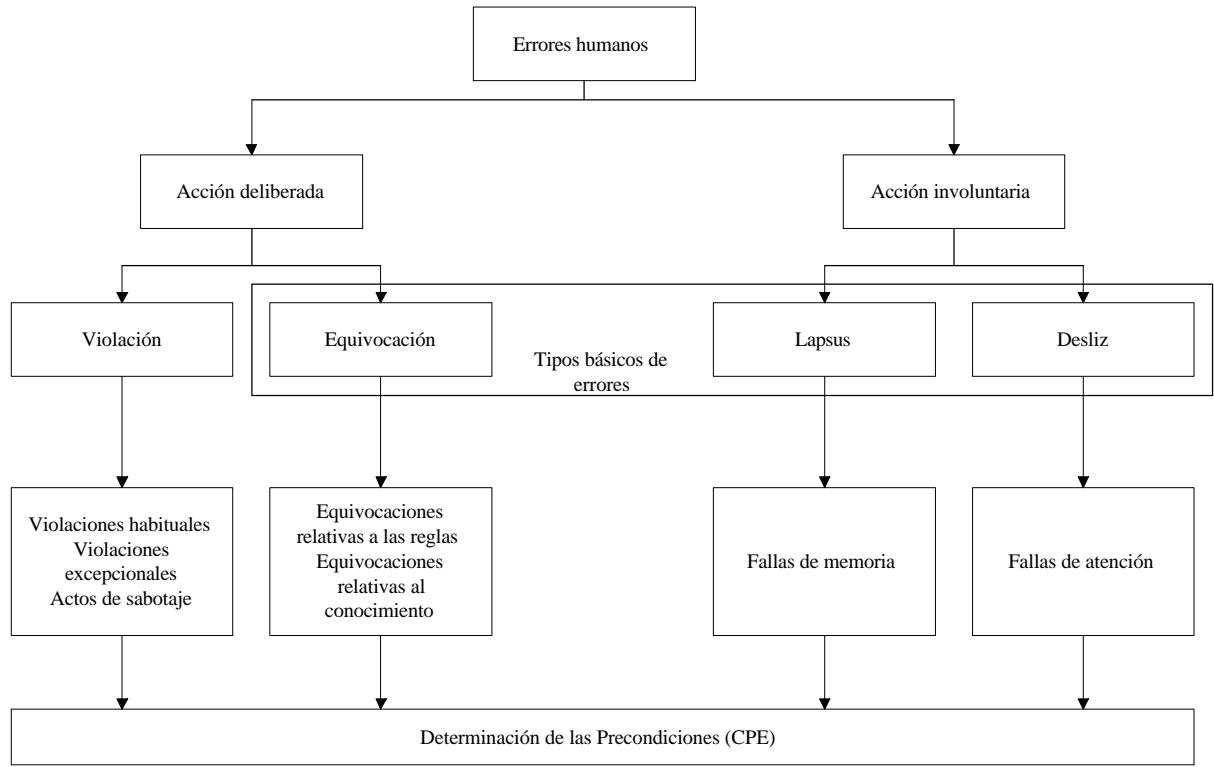
- 1) Las acciones no se realizan como fueron planeadas: el desliz (que está relacionado con la atención) y el lapsus (que está relacionado con la memoria)
- 2) El plan en sí mismo era inadecuado (equivocación, en sus dos categorías, relacionadas con el conocimiento y relacionadas con las reglas)
- 3) Desviaciones del plan original (violaciones)

A continuación se presenta una tabla aclaratoria de estos conceptos.

Categoría de error	Subcategoría	Descripción	Causa	Condición predisponente
Desliz	Ninguna	Plan de acción satisfactorio pero acción desviada de la intención de alguna mane-ra involuntaria	Falla de atención: intromisión, omisión, inversión, órdenes mal impartidas, acción a destiempo	Condición psicológica: Captura de la atención-distracción o preocupación por cosas ajenas a la tarea inmediata y, por lo tanto, falta de capacidad de atención para controlar el progreso de las acciones en curso.
Lapsus			Falla de memoria: omisión /repetición de ítems planeados, pérdida de lugar, olvido de intenciones	Condición circunstancial: (y) Cambio de naturaleza de la tarea (ii) Cambio del entorno en el cual se realiza la tarea
Equivocación	Equivocaciones relativas a las reglas	Mala aplicación de una buena regla	Inadvertencia de señales que indican la necesidad de otro enfoque	Situación relativamente infrecuente, atípica pero no necesariamente anormal
		Aplicación de una mala regla		Entrenamiento inadecuado Procedimientos ambiguos o imprecisos
	Equivocaciones relativas al conocimiento	No hay solución preparada - nueva situación abordada elaborando la respuesta a partir de una nueva base	Capacidad para idear la solución segura comprometida por el apremio del tiempo, fuerte emoción e inminencia del peligro	Situación nueva  Esta situación pone en evidencia limitaciones de la memoria reciente, atención y conocimiento del sistema
Violación	Habitual	Desviación habitual de una práctica regulada	Natural tendencia humana a seguir el camino del menor esfuerzo	Ambiente de relativa indiferencia (es decir, raras veces hay castigo o premio por buen comportamiento)
	Excepcional	Transgresiones no habituales, aparentemente dictadas por circunstancias locales	Causas surgidas de la gran variedad de condiciones locales	No se consideran tareas o circunstancias particulares ni se planifica en previsión de ellas

Nota: Hay un tipo de violación, llamada “deliberada”, que puede asignarse a la categoría general de sabotaje.  
Esta queda excluida en la mayoría de los escenarios de investigación de accidentes.

**Tabla 2.1 Clasificación de los Errores Humanos**



**Figura 2.1. Taxonomía de los Errores Humanos**

### Condiciones que provocan errores

Existen condiciones que favorecen el error (o las violaciones) que están en la base de los actos inseguros

Las Condiciones que Provocan Errores (o Violaciones) (CPE) presentes desde antes de la iniciación del acto inseguro dan en la tabla 2.2 La tabla 2.3 de una lista de condiciones que originan violaciones (sin orden de calificación).

**Tabla 2.2 Condiciones que Provocan Errores  
(en orden decreciente de importancia)**

Categoría	Contexto
Desconocimiento	Situación potencialmente peligrosa o importante, que es nueva o infrecuente. Condición en la cual una persona tiene que pensar y tomar decisiones críticas por sí sola, con escasa o nula experiencia previa
Escasez de tiempo	Escasez de tiempo disponible para la detección o corrección de errores. El apremio de tiempo es un generador de errores sumamente poderoso, y deteriora la calidad de la decisión.



Señales ruidosas (confusas)	Baja relación señal/ruido en las comunicaciones entre grupos que trabajan separadamente.
Deficiente interfaz sistema/personal	El equipo no transmite al usuario información vital-espacial o funcional- o tiene controles que chocan con las expectativas de aquél.
Desinteligencia entre diseñador y usuario	El sistema o equipo está en conflicto con la visión del mundo que tiene el usuario y que imaginó el diseñador. Frecuentemente se ignoran las ideas del usuario porque no concuerdan con las del diseñador.
Irreversibilidad	Sistema o equipo intolerante, que no admite la corrección de los errores detectados.
Sobrecarga de información	Situación en la cual el usuario recibe información importante simultáneamente, por más de un conducto.
Desaprendizaje de la técnica	Necesidad de descartar una técnica y aplicar una nueva que requiere una filosofía opuesta o acción inversa.
Transferencia de conocimientos	Necesidad de transferir conocimientos/entrenamiento de tarea a tarea sin pérdida.
Mala percepción del riesgo	Discrepancia entre el riesgo real y su percepción
Retroalimentación deficiente	Sistema, situación o equipo que da al usuario retroalimentación incompleta, ambigua o tardía en cuanto a los efectos de acciones previas.
Inexperiencia	Entrenamiento o experiencia insuficiente, inicialmente al menos para las exigencias del trabajo.
Instrucciones o procedimientos deficientes	Insuficiente información sobre el trabajo suministrada por la interacción personal con el supervisor o por procedimientos escritos.
Control inadecuado	Escaso o nulo control o prueba independiente del trabajo hecho.

---

Consumo vicioso	Consumo de alcohol o drogas que afectan la ejecución del trabajo.
Inadaptación educacional	Discrepancia entre el nivel de realización educacional del individuo y las exigencias del trabajo.
Cultura machista/incentivos peligrosos	Incentivos para usar otros procedimientos más peligrosos.
Capacidades físicas excedidas	Ciertos aspectos del trabajo exceden las capacidades físicas normales.
Ambiente hostil	Un ambiente deficiente u hostil, por debajo del 75% de lo normal para la salud, o severidad amenazante para la vida.
Desánimo	Grupos de trabajo en los cuales el ánimo es bajo y hay pérdida de confianza en la estructura de supervisión y gerencia.
Monotonía y tedio	Inactividad prolongada o ciclo muy repetitivo de tareas de escasa exigencia mental.
Ciclos de sueño alterados	Trastorno de los ciclos de sueño normales.
Imposición externa del ritmo de tareas	Imposición externa, inadvertida, del ritmo de tareas, por ejemplo, por presión de un supervisor.

---

**Tabla 2. 3 Condiciones que Favorecen Violaciones**

1. Cultura de seguridad deficiente
2. Conflicto entre el personal y la gerencia
3. Desánimo
4. Supervisión y control deficientes
5. Normas inadecuadas
6. Mala percepción del riesgo
7. Percepción de indiferencia de la gerencia
8. Falta de estima por el trabajo
9. Falsa sensación de seguridad
10. Baja autoestima
11. Sensación de desamparo, de descuido por parte de la gerencia
12. Sensación de estar fuera del alcance de las reglas
13. Normas confusas
14. Cultura del “se puede”
15. Exceso de presión o de dedicación al trabajo

## 2.5 La Investigación de Accidentes

Se entiende por investigación de accidentes a la acción de indagar y buscar con el propósito de descubrir relaciones causas-efecto.

Una investigación no está limitada a la aplicación de una norma de tipo estadístico sino que trata de encontrar todos los factores del accidente con el objeto de prevenir hechos similares, delimitar responsabilidades, evaluar la naturaleza y magnitud del hecho, e informar a las autoridades y al público.

La labor del investigador o investigadores concluirá en un informe a ser elevado a aquella autoridad que ordenó la investigación.

Los pasos a seguir en un proceso de investigación son los siguientes:

- a) recolección de información
- b) análisis de los datos
- c) conclusiones
- d) recomendaciones

Este proceso es obvio y cada uno de ellos puede constituir un capítulo del informe de la investigación.

Etapas de la investigación

- a) Recolección de información

El primer paso de un proceso de investigación es obtener información sobre lo ocurrido.

Se debe llegar al lugar del hecho lo antes posible a fin de evaluar la magnitud de los daños, asegurar el lugar y ubicar testigos circunstanciales.

Los pasos a realizar en esta etapa son los siguientes:

- Asegurar el lugar mediante vigilancia, a fin de poder conservar las evidencias, e impedir su desaparición, ya sea intencional o fortuita.
- Buscar evidencias transitorias, tales como manchas de agua, huellas, derrames de líquido, etc.
- Tomar fotografías, hacer mapas y diagramas.

En lo posible las fotografías deberán ser tomadas por un fotógrafo profesional,

teniendo en cuenta la posibilidad de ubicar el lugar donde fueron tomadas. Esto se logra mediante anotaciones sobre la fotografía o mejor aún, haciendo entrar en la misma algún punto de referencia. Esto es de vital importancia en el caso de evidencias transitorias; es común fotografiar indicaciones de instrumentos. La señalización en mapas permite ubicar la zona del accidente y el uso de diagramas sirve para indicar la zona afectada, localizar la posición de los lesionados, etc.

El objeto de estas técnicas es ayudar al investigador a formarse una imagen visual de lo ocurrido.

- Recolectar objetos físicos.

En el lugar donde ocurrió un accidente quedan por lo general, objetos tales como trozos provenientes de roturas o proyectados. Además, en ciertos casos es necesario tomar muestras de materiales para determinar características físicas y químicas de los mismos (por ejemplo: material de estructuras para ser analizado, muestras de aceite, de combustible, etc.)

- Entrevistas con testigos.

La información recolectada a través de entrevistas con testigos constituye la parte más importante de la etapa de recolección de información.

Primeramente se tomarán las referencias del individuo como nombre, edad, cargo, etc.

Posteriormente se debe pedir al mismo una descripción de los hechos y recién entonces hacer las preguntas pertinentes. Es importante no tratar de inducir respuestas en concordancia con la idea del investigador.

#### b) Análisis de los datos

A partir de los primeros datos recolectados se formularán hipótesis que conducirán a la búsqueda de datos para su conformación o rechazo. Este proceso de formulación de hipótesis y búsqueda de datos es ayudado mediante técnicas analíticas.

La recolección indiscriminada de datos así como la formulación de hipótesis no basadas en datos son de poca utilidad.

Se verán dos técnicas analíticas en particular: el análisis secuencial y el análisis por cambios.

Dentro de las teorías causales sobre el origen de los accidentes se encuentran la Teoría Secuencial y la Teoría Multifactorial.

La Teoría Secuencial propuesta originalmente por por Kepner y Tregoe.

sostiene que los accidentes se originan debido a una encadenación de hechos, constituyendo lo que se denomina una cadena causal. La Teoría Multifactorial sostiene que la concurrencia simultánea de los factores origina el accidente. Esto es un caso de causalidad conjuntiva.

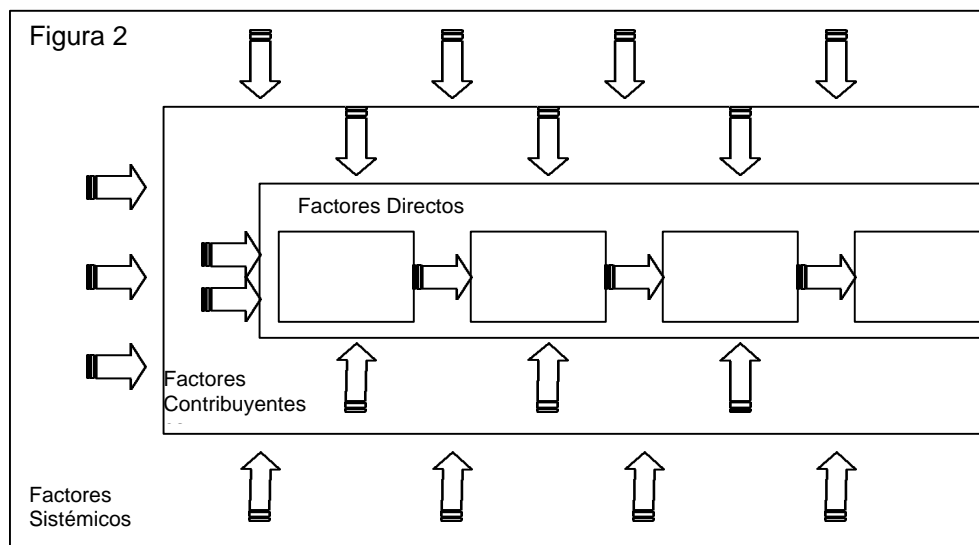
Ambas teorías no son contradictorias sino que se complementan como se podrá ver al hacer un análisis secuencial de un accidente.

## El análisis secuencial

El uso de diagramas secuenciales es muy útil para organizar una investigación, confirmando o negando la validez de los datos recogidos.

Esta técnica puede ser muy útil en la investigación de accidentes automovilísticos.

Los factores causales de un accidente pueden ser clasificados como: directos, contribuyentes o sistémicos



Generalmente un accidente no es el resultado de una sola secuencia de eventos, sino de varias secuencias en forma simultánea.

Existen dos formas de hacer un análisis secuencial:

a) Mediante secuencias de transferencia de energía.

Este tipo de estudio no sólo revela lo ocurrido, sino que también descubre que barreras o controles fallaron o no fueron incluidos como medida de prevención.

b) Mediante secuencias de eventos y factores causales.

Consiste en graficar en forma secuencial eventos y factores causales directos, contribuyentes y sistémicos.

Este tipo de análisis incluye a las secuencias de transferencias de energía.

Los criterios generalmente adoptados para graficar secuencias son los siguientes:

- Colocar los eventos en cadenas de izquierda a derecha.
- Colocar los eventos encadenados en serie o en cadenas en paralelo para representar secuencias simples o secuencias simultáneas.
- La parte central del diagrama debe reservarse para los eventos que conducen directamente al accidente.
- Los eventos supuestos por el investigador deben distinguirse de los demás por algún tipo de notación.
- Los eventos que no tengan un orden secuencial deben dejarse en suspenso hasta la finalización del diagrama.

Los criterios de descripción de eventos son los siguientes:

- Describir en forma simple el hecho ocurrido, no estados, condiciones o circunstancias.
- Basarse solamente en hechos comprobados.
- Cuantificar los eventos en la medida de lo posible.
- La descripción debe hacerse de modo que provengan del evento precedente.
- En el caso que una condición combinada con un evento, produzca otro evento, es preferible usar para la misma algún símbolo distinto como un óvalo.

*Ejemplo de aplicación:* se analiza un accidente descrito en la revista Seguridad Industrial YPF.

El accidente se produjo cuando el trabajador se disponía a realizar una soldadura en un tambor de 200 litros.

Al comenzar la operación se produjo una explosión, desprendiéndose el fondo del tambor que golpeó al operario en la cara y atravesó el techo de fibrocemento del galpón.

El trabajador, que murió como consecuencia de las heridas, realizaba tareas de soldadura desde hacía seis años. El tambor no había sido inertizado ni se le habían retirado los tapones.

Construcción del diagrama secuencial: dado que el obrero tenía seis años de

experiencia en la función, se lo considera como causante directo del accidente, aunque como causas contribuyentes se consideran la falta de inertización y el hecho que no se destaparan los recipientes al llegar al taller.

Además, es probable, (por eso se incluye en un óvalo) que el sistema de supervisión y control no funcionara en forma aceptable.

La secuencia se desarrolla hasta que se produce la lesión en el trabajador y se continúa hasta que la tapa llega al techo para tener una secuencia meticulosa de las transferencias de energía.

Esta técnica analítica, que ha sido utilizada con éxito en la investigación de accidentes automovilísticos, puede ser utilizada provechosamente en la investigación de accidentes de trabajo.

En el caso analizado permite identificar factores sistémicos (supuesto como: falta de supervisión y control, factores indirectos como: falta de inertización y retiro de tapones, y factores directos, trabajador descuidado).

De este modo, la gerencia puede determinar dónde debe dirigir sus esfuerzos para prevenir hechos similares.

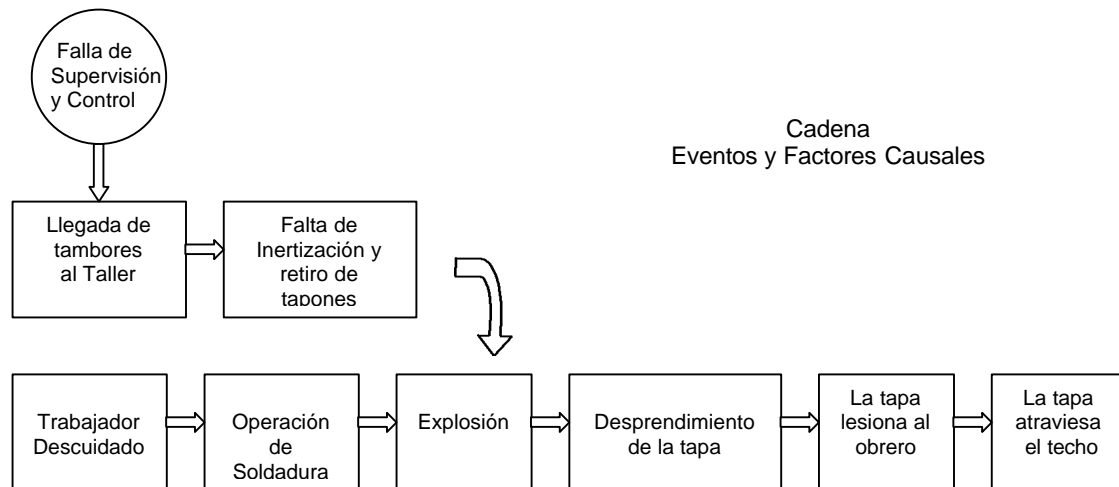


Figura 3



## El análisis por cambios

La experiencia indica que uno de los factores más importantes en la generación de accidentes son los cambios que se generan en un sistema, en un proceso o en una tarea.

Intuitivamente se dice, cuando ocurre un accidente: ¿qué pasó?, es decir, ¿qué cambios ocurrieron?

En toda investigación de accidentes debe establecerse un marco de referencia de condiciones en las que no ocurren accidentes y luego comparar con la situación accidental.

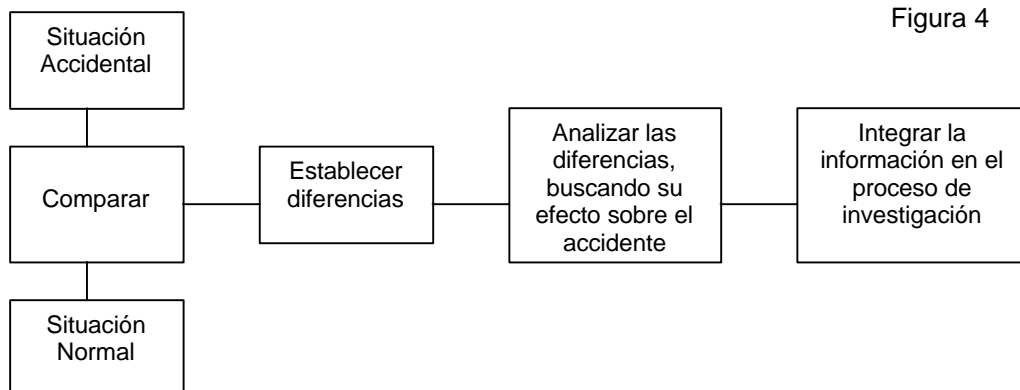
El proceso de análisis por cambios se ha derivado de una metodología de análisis de problemas ideado por Kepner y Tregoe.

Estos autores definen como problema a toda desviación de una norma o de algo establecido. En este caso, un accidente es un hecho que no debiera ocurrir y que no está planeado.

El proceso de análisis por cambio involucra seis pasos:

- 1) Considerar la situación accidental.
- 2) Establecer una situación similar pero sin accidentes.
- 3) Comparar las situaciones 1) y 2).
- 4) Establecer todas las diferencias, aunque parezcan irrelevantes.
- 5) Analizar las diferencias para encontrar relaciones entre ambas situaciones.
- 6) Integrar la información en el proceso investigado.

En la figura 3 se presentan en forma esquemática los seis pasos anteriores.



Ejemplo: se analizará el mismo caso.

Para realizar este tipo de análisis es conveniente utilizar una planificación estándar que se muestra en la figura 4.

Del exámen de la misma surge que los principales cambios son: la falta de cumplimiento de procedimientos correctos y la falta de controles de dirección, referidos a una situación “normal”, es decir, la situación en que se deberán realizar tareas.

Ambas técnicas analíticas son complementarias, ya que su aplicación simultánea permite detectar distintos aspectos característicos de un accidente.

Así, por ejemplo, en el caso precedente analizado, el análisis secuencial determinó como causante principal del accidente el error del trabajador, mientras que el análisis por cambios producidos en la ejecución de la tarea descrita, demuestra diferencias con respecto al procedimiento operativo habitual.

En síntesis, la aplicación de metodologías sistemáticas en el análisis de accidentes de trabajo, permite evaluar ciertas causales de los mismos que de otra forma podrían pasar inobservadas.

<b>Planillas de análisis por cambios</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>SITUACION PRESENTE</b>	<b>SITUACION ANTERIOR COMPARABLE</b>	<b>DIFERENCIAS</b>	<b>CAMBIOS</b>
¿Qué? Objeto Energía Defecto Dispositivo Protector	Falta de inertización Con tapones puestos	Inertizado  Sin tapones	Falta de inertización  Con tapones	No se cumple con procedimientos correctos
¿Dónde? En el objeto En el proceso Lugar	-----	-----	NO	NO
¿Cuándo? En tiempo En proceso	-----	-----	NO	NO
¿Quién? Operador Compañeros Supervisor Otros	-----	-----	NO	NO
Tarea Objeto Procedimiento Cualidad	Procedimiento cambiado	Procedimiento común	SI	Cambios en Procedimiento
Condición de Trabajo Medio Ambiente Sobretiempo En horario Relaciones	-----	-----	NO	NO
Evento Desencadenante	-----	-----	NO	NO
Controles de la Dirección Cadena de controles Análisis de peligros Monitoreo Revisión de riesgos	NO NO NO NO	SI SI SI SI	Falta de control Análisis de peligros Vigilancia Revisión de riesgos	Falta de controles de la Dirección

### Conclusión o síntesis

La síntesis es la recomposición de lo separado por el análisis, es decir la integración de los factores en un conjunto coherente.

La síntesis o conclusión es el resultado que engloba dentro de sí al cúmulo de apreciaciones que se hicieron a lo largo del proceso de investigación.

Es evidente que no hay una sola causa del accidente, sino un conjunto de causas.

La incorporación de causas probables en una conclusión es legítima, y no debe desdeñarse su uso.

### Recomendaciones

Son todos aquellos cambios que deben realizarse para evitar la repetición del accidente; deben ser medidas de orden práctico.

Si se llevan a cabo, el paso del tiempo constituirá la mejor prueba de su efectividad.

### 3. Metodologías de Investigación de Accidentes

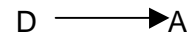
#### 3.1 Métodos basados en la Ergonomía del Sistema

Un disfuncionamiento es un hecho no habitual o una modificación ocurrida en una situación de trabajo.

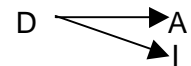
Este disfuncionamiento perturba la actividad del Sistema Hombre-Máquina y lo aparta temporaria o definitivamente de su objetivo pudiendo producirse incidentes o accidentes.

Pueden darse los siguientes casos (Leplat)

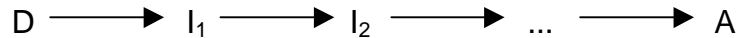
1) Un disfuncionamiento origina un accidente



2) Un disfuncionamiento origina accidentes e incidentes



3) Un disfuncionamiento origina incidentes que a su vez causan accidentes



Este tercer caso es el más común. Es importante relacionar estos conceptos con los de Wanner basados en la experiencia de la industria aeronáutica.

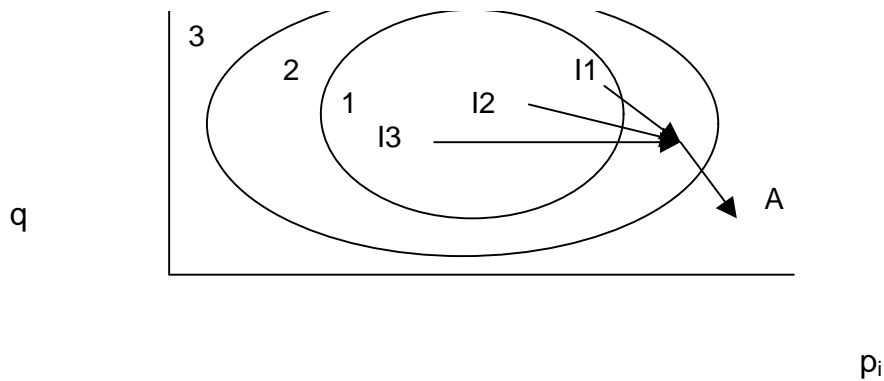
Wanner establece que un accidente ocurre cuando el punto de disfuncionamiento del sistema rebasa un límite de seguridad.

Un sistema tiene un número de parámetros, cada uno de los cuales debe estar dentro de límites determinados. O sea, el estado del sistema puede ser descrito de la siguiente manera:

$$q_i = \psi (p_1, p_2 \dots p_n)$$

sea, por ejemplo,  $p_1$  velocidad de rotación,  $p_2$  temperatura, etc.

Para cada uno de esos parámetros  $p_i$ , tendremos una zona 1 de funcionamiento normal, una zona 2 de funcionamiento anormal y una zona 3 de funcionamiento peligroso.



Esto ocurre para cada uno de los parámetros y se podría representar el funcionamiento del sistema mediante un punto en un espacio de  $n$  dimensiones; cuando el punto de funcionamiento sobrepasa uno de los límites, puede ocurrir un accidente.

Se puede hablar entonces de un dominio  $Q = \sum q_i$  de estado de funcionamiento normal, del cual se puede pasar a un dominio de funcionamiento anormal o a otro dominio de funcionamiento peligroso.

Los incidentes que pueden desestabilizar el sistema pueden clasificarse en las siguientes categorías.

- $I_1$  : Falla de operador
- $I_2$  : Perturbaciones del medio
- $I_3$  : Fallas de Componentes
- $I_4$  : Falla de operación de recuperación (Ver tareas secundarias)

### La Tarea

Se ha visto que la interacción entre el hombre y la máquina constituye la tarea. Las tareas son secuenciales y se componen de diversas operaciones  $i$ ; al cabo de cada una de ellas el sistema presenta un estado bien definida  $q_i$ .

Cuando se termina una etapa y el sistema está en un estado  $q_i$ , se debe emitir una orden  $S_i$  para cambiar del estado  $q_i \rightarrow q_i + 1$ .

Esquemáticamente una tarea puede describirse

$$Q = Q_0 \text{ (estado inicial)} \rightarrow Q_1 \rightarrow Q_2 \rightarrow Q_f \text{ (fin de la tarea)}$$

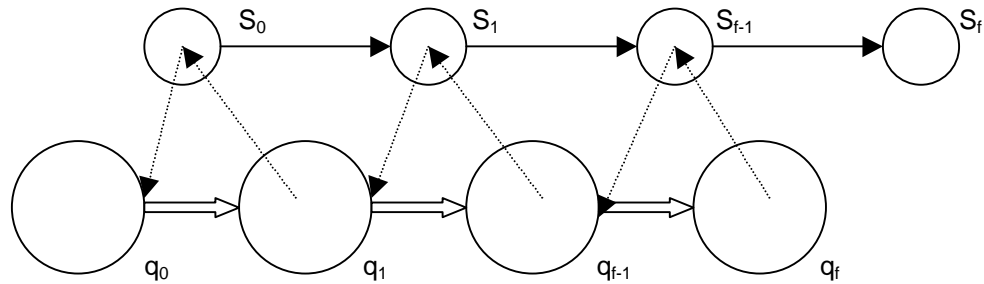
Quinot establece que para llevar a cabo una tarea son necesarios:

- a) la acción de los mecanismos  $S$  de control del Sistema (regulación automática, decisiones, etc.) y
- b) los cambios de estado  $q_i$  del sistema

Es decir, se tiene por un lado a la maquinaria vs el programa de producción.

Este programa incluye tomas de decisión, humanas u ordenes automáticas.

Ordenes (por decisión o programa)



Estados del sistema

Algunas transiciones

$q_i \longrightarrow q_i + 1$  (o  $S_i \longrightarrow S_i + 1$ ) permiten introducir opciones al sistema para llegar al objetivo.

El gráfico correspondiente no será lineal sino arborescente.

Puede poseer puntos de bifurcación como los esquemas siguientes, donde se han considerado solamente dos opciones, para  $q_i + 1$  o  $S_i + 1$

gráfico

Ejemplo

Descripción de la salida de un tren desde la estación  $E_0$ , a la hora  $h_1$  para llegar a la terminal T, parando 10 minutos en cada estación intermedia.

$Q_0$  : Estacionamiento en  $E_0$

$S_0$  : Orden de partida de  $E_0$ , a la hora 10

$q_1$  : Recorrido  $E_0 - E_1$

$S_1$  : Orden de detención cuando el tren llega a  $E_1$ , ( $h_1$ )

$q_2$  : Estacionamiento en  $E_1$

$S_2$  : Orden de partida de  $E_1$  a la hora  $h_1 + 10$  min

$S_f$  : Detención cuando el tren llega a T

$q_f$  : Estacionamiento en T

$S_f$  : Otra operación

Tareas normales

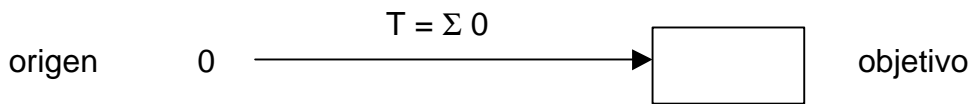
Un sistema se concibe para concretar un objetivo definido; la tarea para llevarlo a cabo es la tarea normal.

Esta tarea se compone de una secuencia de operaciones

$$T = \sum 0 = \sum (S_i, q_i)$$

Las tareas pueden estar perfectamente programadas, como ocurre en el trabajo en serie, o dejar cierto margen de decisión al trabajador, como en el mantenimiento.

Una tarea normal puede representarse simbólicamente por una línea que une el origen de la operación con el objetivo.



Esta línea resume el conjunto de secuencias para llegar al objetivo.

Perturbación de la tarea normal:

Tareas substitutas

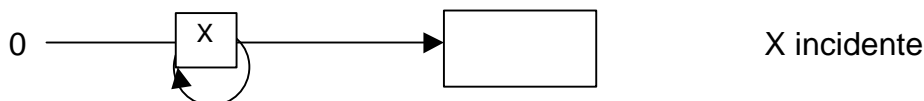
Los incidentes sobrevienen aún en las tareas más planificadas y en ese caso el trabajador debe idear tareas apropiadas, es decir otra secuencia de operaciones.

Cuando la secuencia principal T de una operación técnica deja lugar a una secuencia secundaria T<sub>1</sub> no programada, el sistema no está controlado en un sentido estricto y se está frente a una situación riesgosa.

Hay tres tipos de comportamiento en estos casos.

Tipo I:

Recuperación total del incidente. El trabajador interrumpe la tarea y busca resolver el incidente con los mismos medios y útiles que los asignados originalmente.

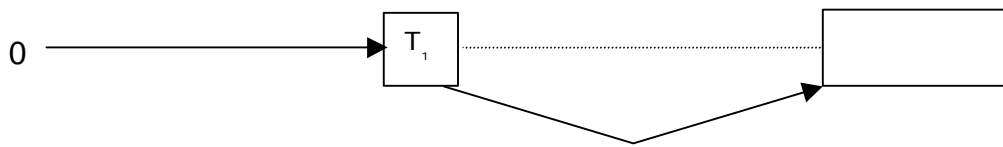


Tipo II:

En muchos casos, el trabajador reemplaza en el momento del incidente la tarea



programada por otra menos formalizada que debe idear para lograr el objetivo.



Esta tarea nueva  $T$ , compuesto de una secuencia de operaciones  $\Sigma_1$  ( $S_i, q_i$ ) que se denomina tarea substituta o vicaria.

Esta tarea substituta puede a su vez ser interrumpida por un nuevo incidente (incidente  $I_4$ ) que dé origen a otra tarea substituta  $T_2$ , y así sucesivamente.

En procesos automatizados es de gran importancia prever cuáles pueden ser esas eventuales tareas substitutas.

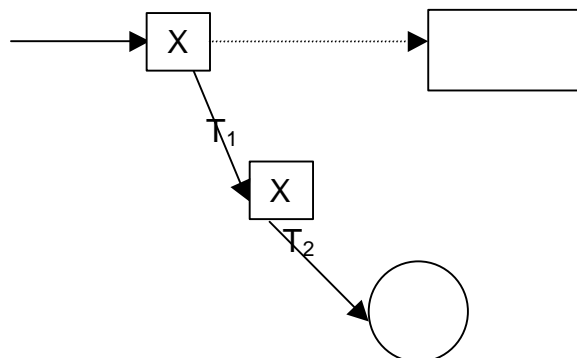
Tipo III:

En los casos anteriores y a pesar de la perturbación de la tarea normal, ha podido llegarse al objetivo; en cambio, hay situaciones en que se interrumpe la tarea sea porque el trabajador no puede idear una tarea substituta o porque se altera la integridad del Sistema Hombre-Máquina.

Esto constituye un accidente (daño o bienes a personas) y se designa con un círculo.

Es necesario, antes de proceder a la recuperación y retorno a la tarea normal, atender a los lesionados, reparar daños a las maquinarias y eventualmente revisar globalmente la tarea normal.

Los accidentes pueden ocurrir en el curso de la tarea normal, pero se los encuentra generalmente en las tareas substitutas.



### El análisis de seguridad en el trabajo

Se denomina análisis de seguridad en el trabajo (Job Safety Analysis) a una técnica que permite identificar las causas potenciales de los accidentes y

estudiar las medidas para eliminarlas en una tarea determinada.

En rigor, un análisis de seguridad en el trabajo es un análisis de la tarea.

Un análisis de seguridad en el trabajo tiene cuatro pasos:

1) Selección de la tarea

Debe analizarse prioritariamente aquellos trabajos en que haya mayor frecuencia y severidad de accidentes.

2) Delimitar las operaciones de la misma

El trabajo debe descomponerse en sus pasos sucesivos u operaciones; esto puede hacerse observando el desempeño de un empleado experimentando y registrando cada etapa con un estudio de métodos.

3) Identificar los peligros asociados a cada etapa

Esto puede hacerse mediante observación pero también a través de la experiencia obtenida de accidentes acaecidos previamente. Para cada etapa el analista debe preguntarse:

- Si el trabajador puede golpearse, o ser golpeado o ser golpeado por un objeto, si puede ser apretado, raspado, etc.
- Si corre el riesgo de caídas o esfuerzos excesivos.
- Si está expuesto a gases, humos, ácidos, etc.

4) Recomendar controles y procedimientos

Las reglas y procedimientos se formularán para evitar los peligros previamente identificados; a veces serán necesarios cambios en equipos y materiales mientras que otras veces se requerirán cambios en procedimientos.

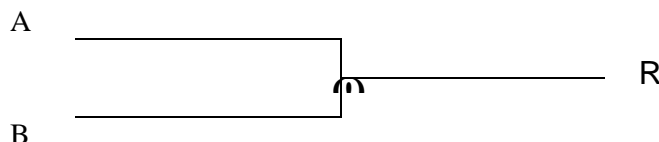
Los problemas se tratarán en forma específica evitando el “sea cuidadoso” o “tome precauciones”. A continuación se da un ejemplo de análisis del trabajo

Hay planillas tipo de gran utilidad para sistematizar el Análisis de Seguridad en el Trabajo.

### 3.2 Métodos basados en análisis de cadenas causales

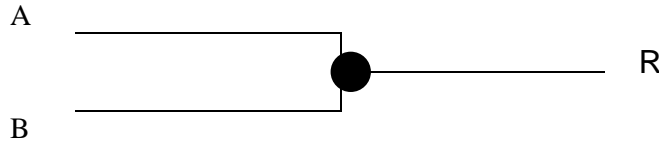
#### Introducción

En la cadenas causales pueden usarse dos tipos de compuertas lógicas, las compuertas “y” y las compuertas “o”. Las compuertas “y” se representan de la siguiente manera

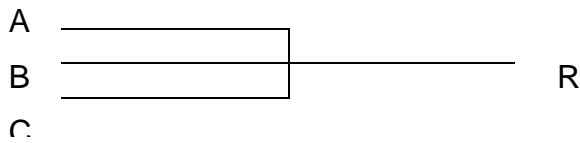


Como puede verse, las causas A y B solo conducen a R cuando ambas están presentes. Por lo tanto A y B son necesarios, pero no son condiciones suficientes. No pueden, por si mismas, causar R.

Una segunda posibilidad de combinar las causas A y B, es mediante una compuerta "O".

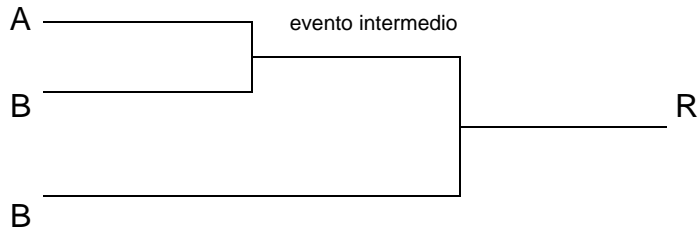
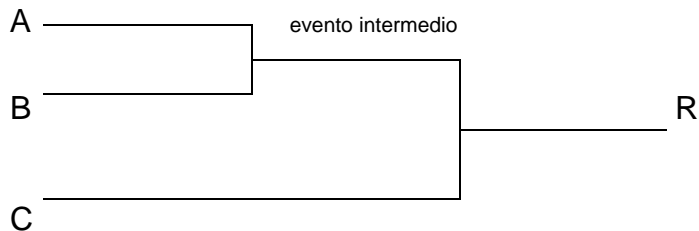


Las causa A y B llevan a R, cuando al menos una de ellas esté presente. Ambas son causas necesarias y suficientes. Este tipo de compuertas lógicas no se usa en análisis retrospectivos, como son los análisis de accidentes de trabajo, sí se usan en los análisis prospectivos (también llamados "árboles de eventos")

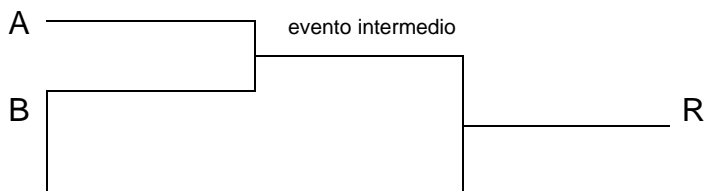


### Configuraciones

Hay tres tipos de eventos: los eventos iniciales, los eventos intermedios y los



o bien,



eventos repetitivos.

Los árboles de causas tienen diferentes características: la longitud, la forma y la complejidad difieren.

La complejidad C está relacionada con la cantidad de compuertas “y” que tiene un árbol de eventos.

$$C = \frac{\text{n}^\circ \text{ de compuertas y}}{\text{total de eventos iniciantes o repetitivos}}$$

## **4. Análisis Sistémico de Accidentes y Fallas Sistémicas**

### **4.1. Introducción**

En este capítulo se estudiarán los componentes adicionales en una investigación de accidentes, es decir todos los elementos organizativos y de sistemas que influyen sobre el accidente.

La investigación de accidentes es, en primer lugar, una investigación sobre hechos acaecidos, carece de parte experimental, salvo en lo relativo a equipos (hardware) (por ejemplo en estudios de estructuras de automóviles, donde se prueba la resistencia mediante choques, los ensayos de equipos de protección personal, tales como resistencia a impactos en cascos, resistencia a la tracción de cinturones de seguridad, etc.)

Por otra parte, es común que sus resultados de una investigación sean influenciados por la organización; en efecto, sus resultados pueden afectar directa o indirectamente tanto a la organización como a sus miembros, por lo que se ejercen fuertes presiones para acomodar los resultados.

En este caso, como en los estudios de Elton Mayo, donde el investigador (u observado) por su sola presencia, influía en los resultados, también se da en las investigaciones de accidentes, pero de una manera distinta.

El observador es observado por los directivos y la organización, y estos influyen en los resultados de la investigación (por ejemplo, en los casos de accidentes aéreos)

Los componentes sistémicos de los accidentes han sido estudiados por Jop Groenenweg y otros como Leplat y Trist

Estos estudios se refieren a sistemas sociotécnicos, mas que a la organización en si misma.

Un sistema sociotécnico es un estudio de la organización, los equipos o máquinas (hardware) y la gente, que están interactuando durante el proceso de producción. Esto difiere de los sistemas hombre maquina, donde solo se consideran dos factores.

En los sistemas sociotécnicos se incluye la empresa o institución, con todas sus exigencias y metas, que hace interactuar muchos hombres y muchas máquinas en un ámbito para la producción (entendiendo la producción el cumplimiento de los objetivos de la empresa o institución, por lo cual también se puede incluir a la enseñanza, por ejemplo, como un sistema sociotécnico).

Para considerar ejemplos de distintos sistemas sociotécnicos, considérese las diferencias que hay en la organización, la gente y la maquinaria y equipos entre un buque de guerra y un buque de transporte de pasajeros.

Estos sistemas sociotécnicos, como todas las cosas, tienen fallos. Dichas fallas se denominan Fallas de Tipo General (Groeneneg) o mejor Fallas Sistémicas **FS**, que pueden ser fallas de la Empresa, fallas de la Gente y fallas de Maquinaria y equipos

### Fallas Sistémicas de la Empresa

Las fallas de Empresa o Institución son deficiencias de la estructura de la compañía o en la forma en que desarrolla sus actividades y para el caso en estudio están relacionadas con la cultura de seguridad que tenga la empresa.

Las empresas efectivas se caracterizan por su autoevaluación permanente y las correcciones. Esto está íntimamente vinculado con los temas de calidad.

Las fallas sistémicas relacionadas con la empresa o institución son:

Objetivos Incompatibles IG  
Fallas de la Organización OR  
Fallas de Comunicación CO  
Entrenamiento TR  
Procedimientos PR  
Mantenimiento MA

### **Fallas de la Gente**

Las fallas de la gente son errores que cometen las personas durante la interacción con la maquinaria y otras personas. Si bien son conocidos por todos que hay muchos accidentes provocados por errores de las personas, debe recalcar que el error es parte de la fatiga, por lo tanto, la conocida excusa de la falla humana, muchas veces es una falla de la organización.

La organización tiene una marcada preferencia en encontrar que las causas de los accidentes están relacionadas en primer lugar con las personas, y en segundo lugar con la maquinaria y equipo.-

Orden y Limpieza Insuficiente HK  
Condiciones que refuerzan el error EEC

### **Fallas de Maquinaria y equipos**

Las fallas de maquinarias y equipos son

Máquinas y Equipos HW  
Diseño DE  
Defensas DF

## **4.2. Fallas Sistémicas FS**

A continuación se describen las fallas sistémicas y las principales causas de su aparición

Las Fallas Sistémicas o Fallas de un Sistema Sociotécnico son las siguientes:

1. Condiciones que refuerzan el error (EEC)
2. Defensas inadecuadas (DF)
3. Procedimientos Inadecuados (PR)
4. Diseño inadecuado (DE)
5. Defectos de los equipos (HW)
6. Mantenimiento deficiente (MA)
7. Orden y limpieza deficientes (HK)
8. Entrenamiento Inadecuado (TR)
9. Falla de comunicación (CO)
10. Fallas Organizacionales (OR)
11. Objetivos Incompatibles (IG)

### **1. Condiciones que provocan errores EEC**

Se entiende por condiciones que provocan errores a condiciones relacionadas con el individuo o el lugar de trabajo, que pueden llevar a la ejecución de actos inseguros. Los actos inseguros son de dos tipos distintos: errores y violaciones. Los errores surgen de problemas de información y se dividen en tres categorías: a) deslices y lapsus, basados en las habilidades, b) equivocaciones relacionadas con las reglas, y c) equivocaciones basadas en la actividad cognitiva. Las violaciones se deben a problemas de motivación y, a su vez, se dividen en cuatro categorías: violaciones habituales (atajos, es decir, omisión de ciertas precauciones para ganar tiempo y evitar esfuerzos), violaciones por optimización (readaptación de procedimientos sobre la marcha), violaciones intencionales de los procedimientos y actos de sabotaje (ver el error humano)

### **Defensas inadecuadas (DF)**

Se entiende por defensa inadecuada una defensa que no cumple con alguna de las cuatro funciones básicas: detección/advertencia, recuperación, protección/contención y escape. Las fallas en una o más de esas funciones constituyen una Falla de Tipo Sistémica

Los problemas pueden clasificarse en relación con las funciones defensivas arriba enumeradas.

\* Percepción del Peligro Inadvertencia de los peligros probables asociados con el lugar de trabajo.

\* Detección y Advertencia. Los problemas comunes son las fallas de detección, falsas alarmas y fallas de información.

\* Recuperación. Los sistemas de recuperación pueden ser humanos o mecánicos. Los seres humanos son poco perspicaces para advertir sus errores de diagnóstico (el índice de detección es de 40% aproximadamente), pero relativamente buenos para descubrir deslices y lapsus (índice de detección de 75% aproximadamente). Los sistemas de recuperación por medios de ingeniería pueden fallar por infrecuencia de pruebas, o porque los problemas que se descubren no se corrigen con suficiente rapidez.

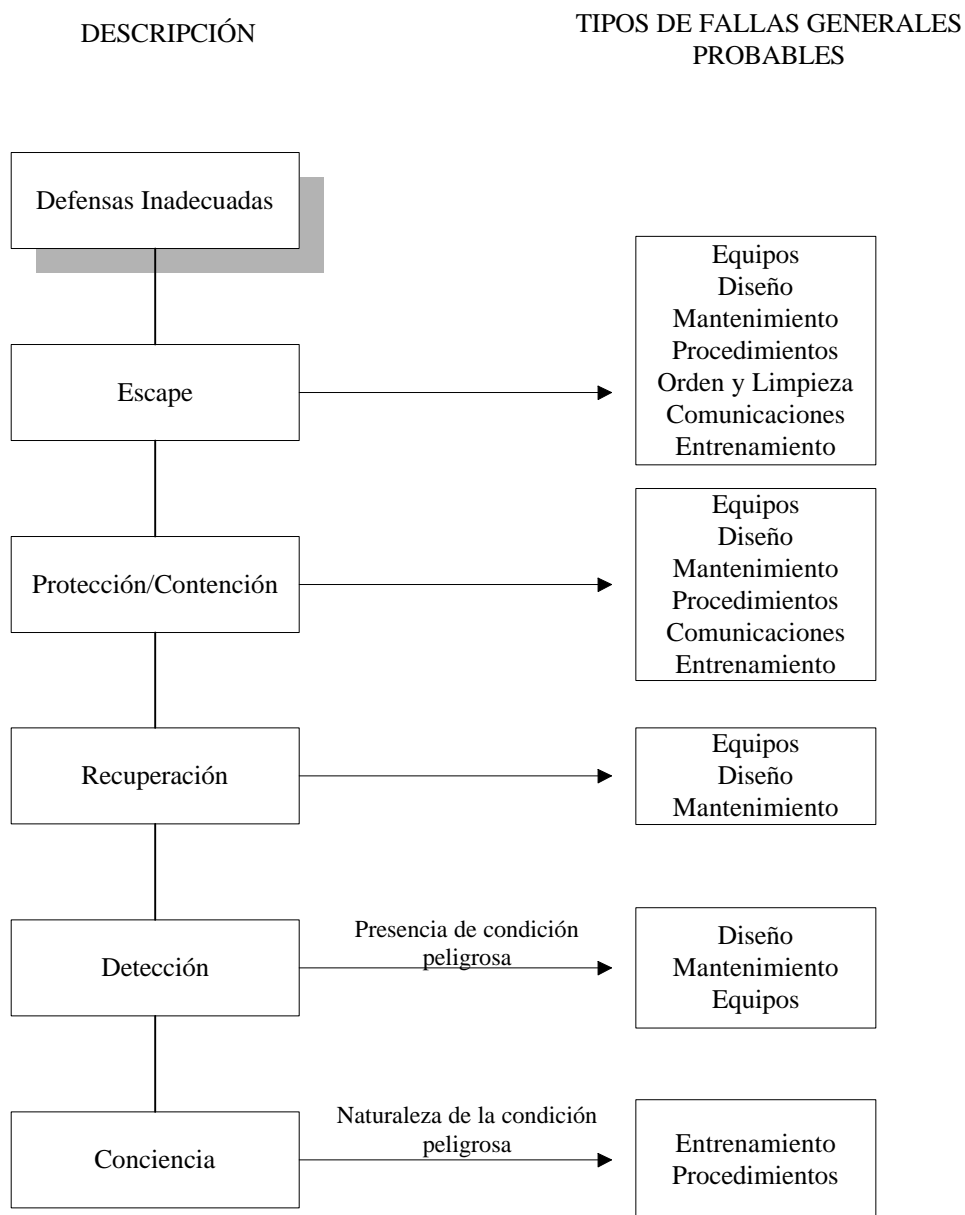
\* Protección y contención. Las violaciones que involucran la inhabilitación de barreras físicas o el prescindir de elementos de protección personal se halla entre los tipos más comunes de abandono de defensas.

\* Escape y evacuación. Una de las lecciones importantes de los Accidentes mayores es que los accidentes serios pueden tomar formas inesperadas. Los planes de escape que no contemplan todas las posibilidades pueden ser letales (caso Piper Alpha).

Todo incidente o accidente revela cómo las defensas pueden ser vulneradas.



## Defensas Inadecuadas



### **3. Procedimientos Inadecuados (PR)**

Los procedimientos comunican el conocimiento y la pericia necesaria para las tareas. Un procedimiento es deficiente cuando sus instrucciones son confusos o incorrectos, o por otras causas no son utilizables. Muchos actos inseguros tienen sus raíces en procedimientos deficientes.

Los procedimientos son necesarios porque muchas tareas son demasiado complicadas para que los empleados intuyan sus pasos individuales se hagan evidentes por sí solos; porque la información es mucha o porque hay rotación de personal.

Rara vez se tiene en cuenta que la existencia de procedimientos muchas veces es ignorada por el personal

### **4. Diseño inadecuado (DE)**

El diseño es una falla de tipo general cuando origina accidentes o conduce a ejecución de actos inseguros evitables.. Muchas fallas de diseño se deben a la distancia física y profesional que media entre el diseñador y el usuario final, y al hecho de que a menudo el diseñador tiene con respecto al elemento diseñado un “modelo mental” diferente del de la persona que ha de usarlo.

Las fallas de diseño se originan en tres grupos de causas: a) falta de conocimiento de los diseñadores, b) discrepancias entre los modelos mentales del diseñador y del usuario y c) excesiva carga mental para el usuario durante la operación y falta de consideración a los posibles errores humanos.

### **5. Defectos de los equipos (HW)**

La categoría de equipos comprende la calidad y la disponibilidad de herramientas y equipos. No incluye deficiencias del diseño.

Los problemas de los equipos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Antigüedad del equipo, que está relacionada con el número de desperfectos y la necesidad de mantenimiento correctivo.

- Standards de construcción. Puede haber problemas entre las especificaciones de los equipos y las necesidades operacionales de sus usuarios, debido a diferencias de opinión en cuanto a las especificaciones, compra de marcas baratas y errores en la compra de los equipos. Son señales de problemas en esta área la repetición de pedidos de un mismo equipo, los frecuentes reclamos a los fabricantes, la alta incidencia de desperfectos, una necesidad de tiempo de mantenimiento mayor que la esperada, el gran número de pedidos de repuestos y de equipos no usados o abandonados.

-Disponibilidad. No se encuentran los equipos necesarios

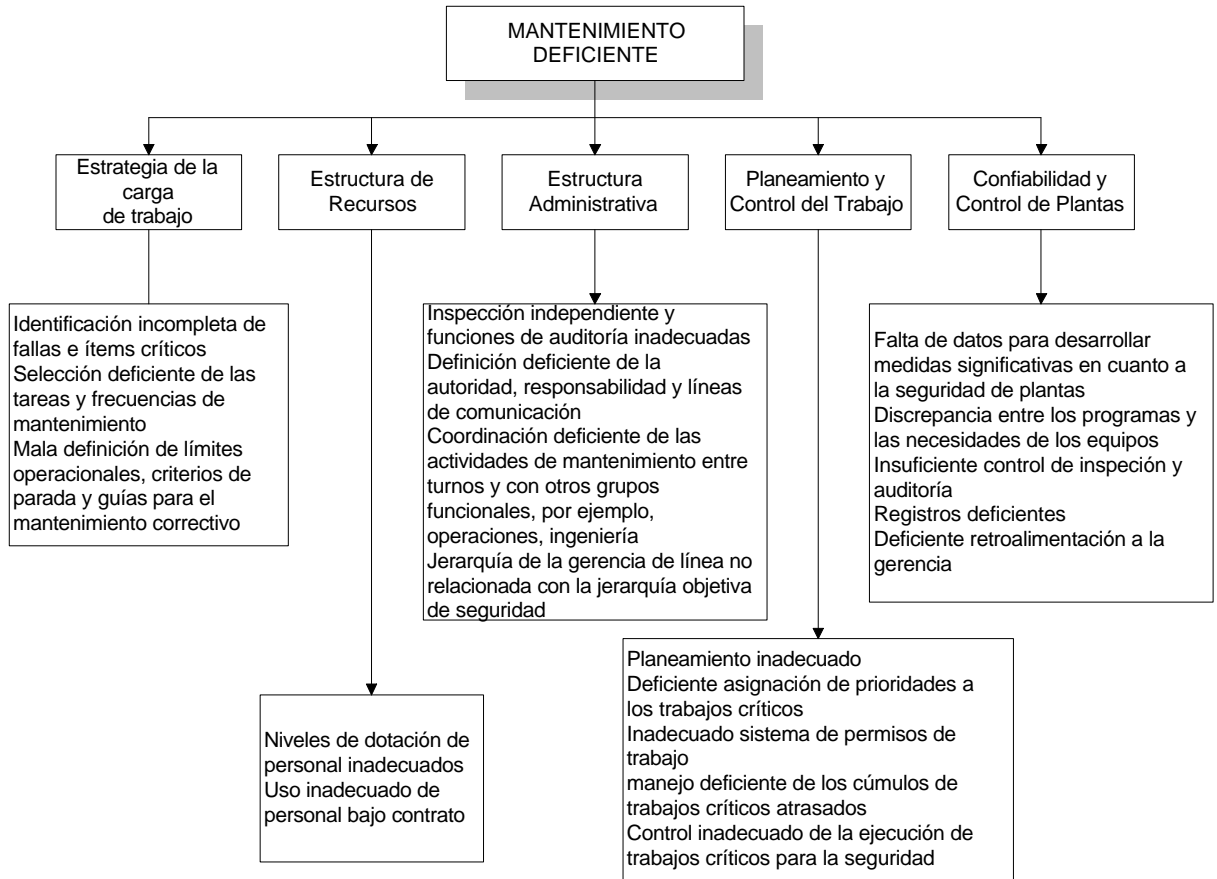
Los problemas de los equipos se cuentan entre los más fácilmente identificables y remediados de las Fallas Sistémicas. En su mayoría las acciones correctivas surgen directamente de una identificación precisa del problema subyacente. Por ejemplo, los problemas del ciclo de vida pueden solucionarse mediante el reemplazo, la reparación o el mantenimiento; los problemas de construcción pueden abordarse mejorando las especificaciones o comprando elementos de alta calidad; los problemas de disponibilidad pueden minimizarse mejorando los sistemas de pedido y registro y reforzando la vigilancia.

## **6. Mantenimiento deficiente (MA)**

Este Tipo general de Falla está más relacionado con la administración del mantenimiento que con la ejecución de tareas de mantenimiento (ésta corresponde a otros tipos de fallas). Muchos estudios revelan que las fallas de la administración del mantenimiento contribuyen a provocar accidentes en forma significativa. La administración del mantenimiento está relacionada con los costos operativos y una de las fallas que la gerencia trata de ocultar

La administración del mantenimiento puede fallar por falta de un programa adecuado, exclusión de equipos del programa y existencia de sistemas, planeamiento y ordenamiento cronológico deficientes.

Muchos problemas de mantenimiento surgen del conflicto entre los costos y la seguridad. En una situación ideal, los recursos de mantenimiento deberían estar determinados por los objetivos del mantenimiento. En la realidad, a menudo están limitados por factores de costo. Pero también hay otros factores no intencionales, por ejemplo, falta de coordinación de las actividades (particularmente con operaciones), falta de planeamiento, falta de supervisión y comunicación.



## **7. Orden y limpieza deficientes (HK)**

La deficiencia del orden y la limpieza constituyen un Tipo General de Falla cuando ha estado presente durante largo tiempo. Constituyen un síntoma de disfuncionamiento del sistema

La deficiencia en el orden y la limpieza no pueden quedar sin corrección durante largos períodos, a menos que sean fallas de la gerencia.

## **8. Entrenamiento Inadecuado (TR)**

Esta falla sistémica implica que el personal operativo no tiene conocimientos ni habilidades adecuadas a la tarea.

El entrenamiento es una responsabilidad de la organización, dado que la gente que carece de entrenamiento rara vez es consciente de ello. Debería pedir más entrenamiento o negarse a trabajar sin entrenamiento adecuado, pero ello es sumamente raro. Muchas veces la gerencia obstruye el entrenamiento del personal

## 9. Falla de comunicación

Las fallas de comunicación son un tipo de comprenden un Tipo General De Falla; se da éste cuando la información necesaria para el funcionamiento seguro y eficaz de la organización como un todo, o de alguna parte de ella, no llega a sus verdaderos destinatarios de manera clara, inequívoca o inteligible.

### Aspectos principales

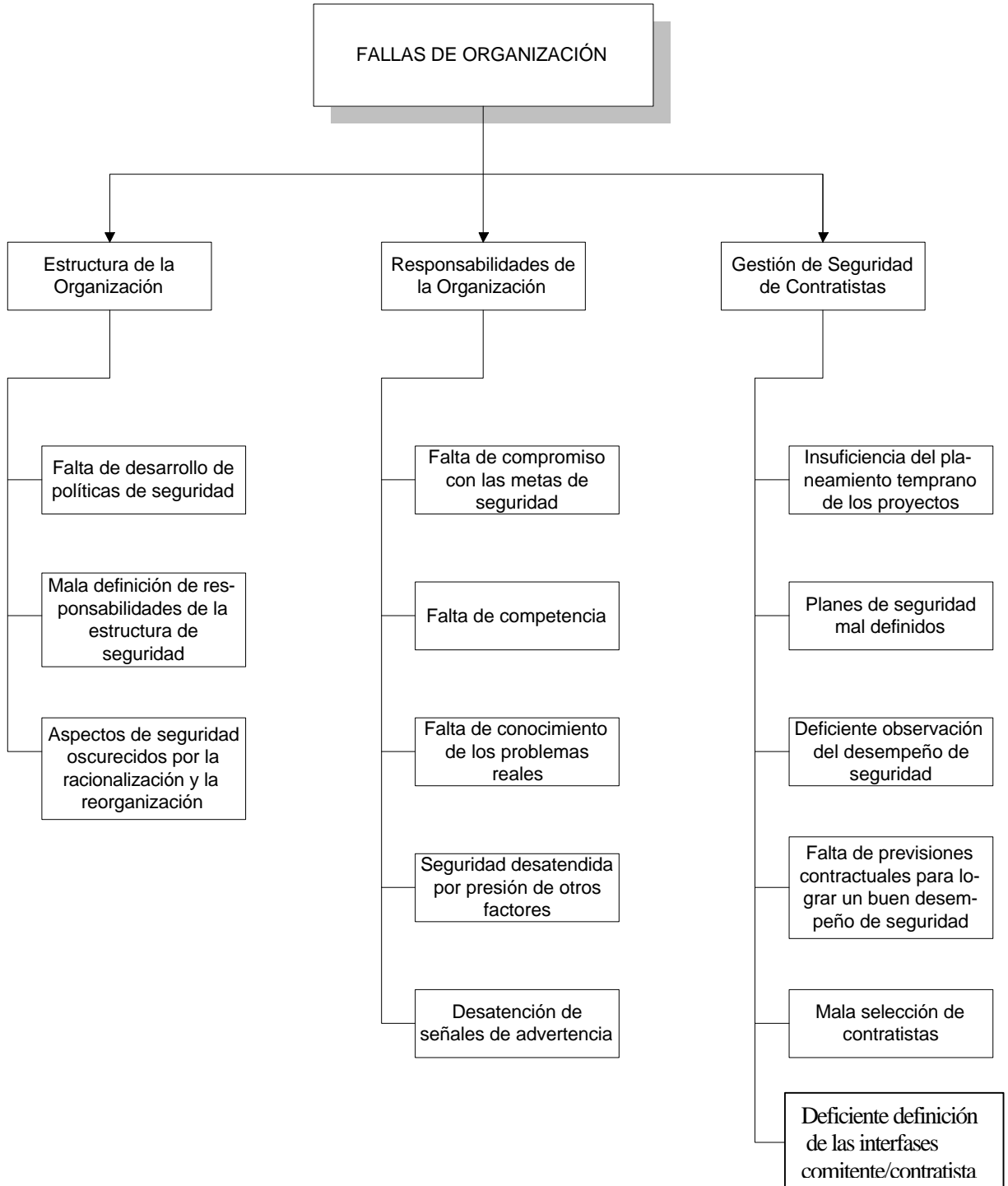
Las fallas de la comunicación organizacional se agrupan en tres categorías:

- *Fallas del sistema*, en las cuales los necesarios canales de comunicación no existen, no están en funciones o no se usan regularmente.
- *Fallas de mensaje*, en las cuales los canales existen pero no se transmite la información necesaria.
- *Fallas de recepción*, en las cuales lo canales existen y se transmite el mensaje preciso, pero el destinatario no lo interpreta bien o lo recibe demasiado tarde.

## 10. Fallas de organización

Las fallas de organización son deficiencias de la estructura de la compañía o de la forma en que desarrolla sus actividades, deficiencias que hacen confusas las responsabilidades en materia de seguridad y dan lugar a la omisión, mas comunmente al ocultamiento sistemático de la señales de advertencia.



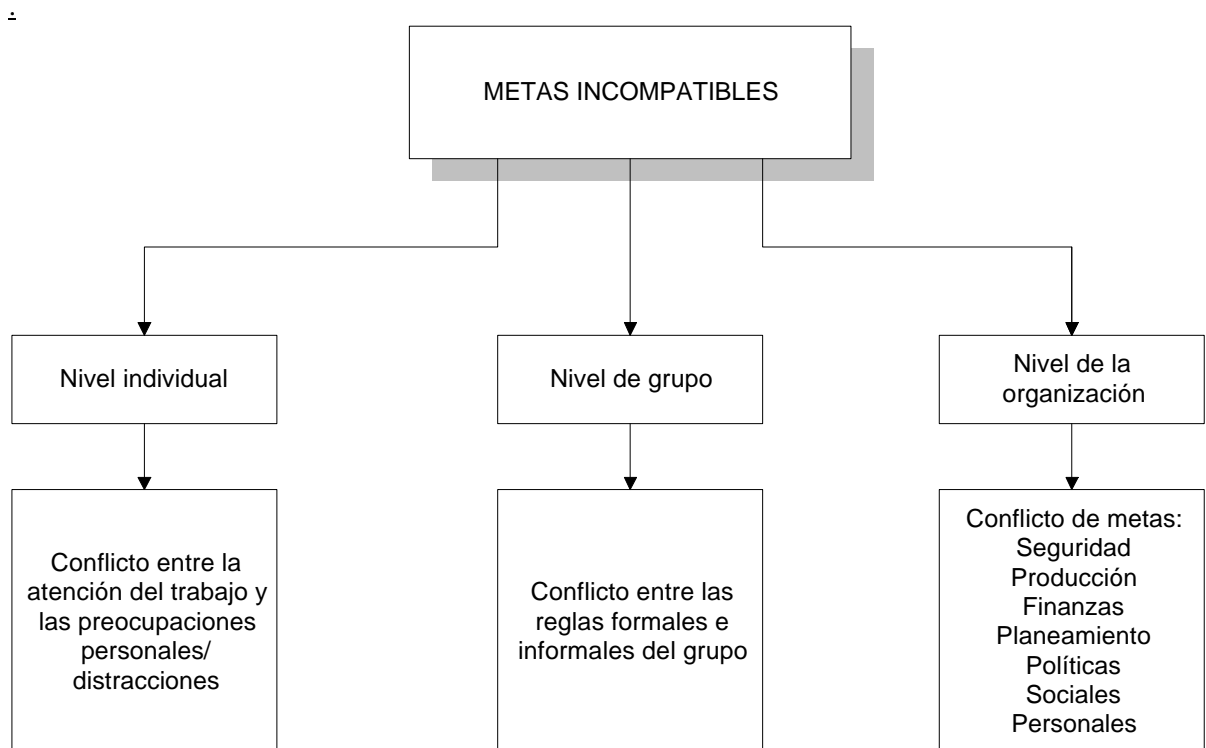


## 11. Conflicto de Objetivos

Este tipo general de Falla obedece al hecho de que las organizaciones y las personas actúan habitualmente en procura de varias metas a la vez, y que probablemente algunas de ellas son contradictorias. Un autor, Trist, indica que el precio de la factibilidad es la suboptimización de los objetivos. Por lo tanto siempre hay conflictos en una organización. Los conflictos de metas pueden generar fallas latentes y éstas, a su vez, combinarse con factores locales desencadenantes para causar más tarde un accidente.

Los conflictos de objetivos pueden darse en tres niveles.

- *Conflictos de objetivos individuales:* La preocupación por problemas domésticos o de otra índole es causa errores
- *Conflictos de objetivos dentro del grupo de trabajo:* Los grupos de trabajo operan con dos conjuntos de normas: uno impuesto por la compañía y el otro generado informalmente por el grupo. Puede haber conflictos peligrosos entre las prácticas de seguridad formales e informales.
- *Conflictos de metas organizacionales:* Aunque a la larga las metas de seguridad y de productividad son compatibles, puede haber conflictos en el corto y mediano plazo. Los conflictos de metas en los más altos niveles de la organización son una de las principales causas de accidentes.



## 5. El Riesgo

### 5. 1. Concepto de Riesgo

La mera consulta de un diccionario sobre el significado de los vocablos usados comúnmente en seguridad, indica la ambigüedad de nuestro idioma sobre los distintos términos usados.

Según el Diccionario Manual de la Real Academia Española.

**Peligro** es: “Riesgo o contingencia inminente de que suceda algún mal. // Paraje, paso, obstáculo u ocasión que aumenta la inminencia de un daño”

**Riesgo** : “efecto de dañar”, definiendo a daño como “Causar deterioro, perjuicio, menoscabo, dolor o molestia”

**Detrimento** es: “Destrucción leve o parcial. //Pérdida, quebranto de salud o intereses”.

De esto se desprende que es necesario tener un léxico más preciso para usos en Seguridad.

En general la palabra riesgo se usa en seguridad más frecuentemente que peligro.

Se puede decir que peligro es algo eminente, que sucederá indefectiblemente si se hace o se deja de hacer tal o cual cosa.

Por ejemplo: Peligro - “No abrir la puerta con el tren en movimiento”

En cambio, Riesgo tiene un doble significado, como:

a) La probabilidad de que suceda algo: “Correr el riesgo de morir en la operación”

b) Consecuencia: riesgo de muerte.

Otro concepto más específico es el valor medio de la consecuencia, o sea la esperanza matemática de la consecuencia que también suele definirse como riesgo

$$X = E(x) = \sum p_i x_i$$

y el daño es ese valor medio multiplicado por el número total de eventos N que nos da la pérdida por la sociedad, organización o empresa.

Ejemplo :

$$D = E(x) \cdot N$$

Consideramos el caso de la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos, que entre 1943/1970 tuvo los siguientes casos de accidentes de todo tipo:

Cantidad de Muertes	Número de Accidentes (1943/1970)
1	247
2	13
3	3
4	2
5	1
- Total	<u>266</u>

El total de muertes es 295.

La esperanza matemática dará el valor medio de la consecuencia.

$$E(x) = \sum p_i \cdot x_i = \frac{f_i}{f_t} \cdot x_i$$

$$= \frac{247}{266} \times 1 + \frac{13}{266} \times 2 + \frac{3}{266} \times 3 + \frac{2}{266} \times 4 + \frac{1}{266} \times 5$$

$$= 1,1085 \frac{\text{muertos}}{\text{accidentes}}$$

El daño que sufría la organización, es decir, el número total de muertes.

$$D = N_T \times E(x) = 266 \times 1,1085 = 294,86$$

## 5.2. Clasificación de los riesgos

Los riesgos pueden ser clasificados de distintas maneras, una de las formas más comunes es la siguiente : a) con respecto a las personas; b) con respecto a la consecuencia; c) con respecto al origen.

### a) Con respecto a las personas

Se pueden considerar dos tipos de riesgo : el riesgo individual y el riesgo social.

El riesgo individual es el que afecta a una persona considerada en forma aislada.

A su vez el riesgo individual puede ser clasificado como voluntario o involuntario, aunque la línea divisoria no es siempre clara.

Riesgo voluntario es aquél que es posible aceptar o rechazar, como por ejemplo: fumar, viajar en moto, etc.; e involuntario en cambio es aquél que no es posible de evitar; por ejemplo: caídas accidentales, enfermedades. Desde el punto de vista laboral, se presupone que el trabajador está aceptando un riesgo inherente a su actividad, en cambio, no se supone lo mismo para el resto de la comunidad.

Por ejemplo: cuando se calculan riesgos individuales se considera que toda la población está expuesta; sin embargo para algunas actividades es preferible expresar el riesgo en función de la población realmente expuesta. Por ejemplo: los accidentes laborales: para ello existen diversos índices de riesgo que son considerados más adelante.

El riesgo social está relacionado con el número de individuos afectados por una clase de eventos, enfermedad, etc.

El riesgo social es el detrimento que sufre la sociedad como consecuencia de una enfermedad, tipo de accidente, etc. Expresado en número de distintos tipos de consecuencia.

$$D = E(X) N_T$$

## **b) Con respecto a las consecuencias**

Los distintos tipos de consecuencias pueden ser:

- a) muerte
- b) lesiones
- c) días de trabajo perdidos
- d) daños materiales a bienes (costo en \$)
- e) reducción de la esperanza de vida

Generalmente los riesgos se expresan sobre la base de la consecuencia.

## **c) Con respecto al origen**

Se puede distinguir entre riesgos naturales y riesgos inducidos por el hombre. Por ejemplo: la electrocución por rayos versus los accidentes automovilísticos.

## **5.3 .Tasas de Riesgo**

Toda tasa es una proporción. Se establece una relación entre el número de individuos afectados por muerte, lesión, días de trabajo perdidos o días de esperanza de vida perdida y la población total, durante un período de tiempo. O sea el número de individuos que padecieron el riesgo sobre el número total de individuos expuestos. También se puede hablar de costo de una clase de eventos, divididos el número total de eventos.

En las tasas de riesgo específicas se relaciona la consecuencia con un grupo particular, por ejemplo: el IFAM (Índice de Frecuencia de Accidentes Mortales) que da el número de muertes por 100 millones de horas-hombre, en una actividad industrial; la tasa de gravedad de accidentes, etc.

En la Tabla 5.1 se dan distintos tipos de tasas de riesgo.

**TABLA 5.1**

<b>TASAS DE RIESGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Riesgo individual = $\frac{\text{Muerte}}{\text{persona-año}}$	Es el riesgo de muerte de un individuo de una población dado, en un período de tiempo, generalmente anual. Por ejemplo: en la Argentina el riesgo individual de muerte por accidente en general (1977)  es $r_i = 4,325 \cdot 10^{-4} \frac{m}{p.a}$
IFAM = $\frac{\text{muerte}}{10^8 \text{ H-h}}$ Índice de frecuencia de accidentes mortales	Da el número de muertes por 100 millones de horas-hombre en una actividad industrial, o sea, el número de accidentes mortales de un grupo de 1000 personas durante toda su vida laboral.
Tasa de gravedad (TG) = $\frac{\text{N}^\circ \text{ de jornadas de trabajo perdido.}}{10^3 \text{ Horas-Hombre}}$	<u>Tasa de Gravedad</u> , de acuerdo con la Ley 19587
N° total de accidentes TI = $\frac{\text{N}^\circ \text{ promedio de trabajo en el año}}{10^3}$	Tasa de incidencia de acuerdo con la Ley 19587

#### **5.4 Actitud comunitaria hacia el riesgo**

Un factor muy importante a tener en cuenta es la magnitud del accidente, por ejemplo en número de muertos.

Si se comparan dos tipos de riesgo:

El primero se produce con una frecuencia de una vez al año y con una magnitud de 1 muerto por accidente.

$$\frac{1 \text{ accidente}}{\text{Año}} \times \frac{1 \text{ muerto}}{\text{Accidente}} = \frac{1 \text{ muerto}}{\text{Año}}$$

Comparado con otro riesgo:

$$\frac{1 \text{ accidente}}{10.000 \text{ año}} \times \frac{10.000 \text{ muertos}}{\text{Accidentes}} = \frac{1 \text{ muerto}}{\text{Año}}$$

El segundo caso tiene mayor impacto psicológico. En general el público acepta

más los pequeños accidentes, con gran efecto en la sociedad, que los grandes accidentes que tienen menor efecto en la sociedad. Por ejemplo, los accidentes de automóviles en comparación con los de aviación.

Estadísticas sobre este tema han sido presentadas por Rasmussen (1) y más recientemente por R.F. Griffith y L.S. Fryer (2).

Se ha podido hacer una relación entre el riesgo y la actitud de la sociedad hacia el mismo (ver Tabla 5.2).

La actitud comunitaria hacia el riesgo puede variar por muchos factores; a veces, una película del tipo cine catástrofe hace que el público reclame medidas de seguridad que antes no exigía.

Como concepto importante debe comprenderse que en la actitud de aceptación o de rechazo que tiene el público hacia un riesgo influye en la decisión a tomar: por ejemplo, emplazamiento de aeropuertos, instalaciones nucleares, fondos destinados a prevención de incendios, etc.

Finalmente, se dará mayor importancia a aquellos riesgos cuyos efectos sean más cercanos en el tiempo y en el espacio.

Así, un riesgo de contaminación que nos afecte en los próximos años implicará mayor preocupación que uno que pueda afectar a las próximas generaciones (ver Fig. 1)

**TABLA 5.2**

**Actitudes hacia el riesgo**

Riesgo de muerte por persona y por año	Actitud
$10^{-3}$	Este tipo de riesgo no es común. Es inaceptable para el público, y cuando aparece, la sociedad reclama que se tomen medidas
$10^{-4}$	Se está dispuesto a asignar recursos para reducir el riesgo; por ejemplo: controles de tránsito, bomberos etc.
$10^{-5}$	Todavía son reconocidos como riesgos; por ejemplo : riesgo de envenenamiento, ahogamiento, fuego, etc.
$10^{-6}$	No son prácticamente reconocidos como riesgos, se es consciente del riesgo, pero no se siente íntimamente que le pueda ocurrir a uno; por ejemplo: electrocución por rayo

**FIGURA 1**

**Importancia otorgada al riesgo en función de su proximidad en el tiempo.**

<b>ESPACIO</b>	<b>Mundo</b>	X	X		
		X	X	X	X
		X	X	X	X
		X	X X	X	X
	<b>Raza o Nación</b>	X X X	X	X X	X
		X	X X	X	X
		X X	X X	X X	X
		X X	X X	X	X
	<b>Ocupación Vecindario</b>	X X	X X X	X X	X
		X X X X	X X X X	X	X
		X X X X	X X X	X	X
		X X X	X X X	X X	X
	<b>Familia</b>	X X X X X	X X X	X X	X
		X X X X X	X X X X	X	X
		X X X X X	X X X	X X	X
		X X X X X	X X X	X	X
		<b>Días</b>	<b>Años</b>	<b>Tiempo de vida</b>	<b>Próximas Generaciones</b>
<b>TIEMPO</b>					

**6. Bibliografía**

Yates, J. F. (Editor) - Risk taking Behavior - John Wiley and Sons Ltd (1992)

Wagenaar, Hudson and Reason - Cognitive Failures and Accidents -Applied Cognitive Psychology, Vol 4, 273-294 (1990)

Lepalt, J; Cuny, X. Les Accident de Travail(1979) PUF

Montmoullin; Maurice de. - Les systèmes Hommes-Machines- PUF (1967)



Reason, J. T. – Human Error – New York- Cambridge University Press (1990)

Heinrich, H: J: - Industrial Accident Prevention- Mc.Graw Hill - 1931

Kepner y Tregoe – El directivo racional – Mc Graw Hill- 1969