

Diseño, Simulación, Optimización y Seguridad de Procesos (DSOySP)

~~2024~~2025

Profesor: Dr. Nicolás J. Scenna
Profesor: Dr. Néstor Rodríguez
JTP: Dr. Juan I. Manassaldi
Aux Constanza Morbidoni

1

**Recordemos los conceptos básicos
que se desarrollan en la
asignatura**

Ingeniería de Procesos

- **Diseño de Procesos: (Síntesis, Simulación y Optimización de Procesos)**
- **Operación de Procesos**

Análisis de Riesgos (AR)

- **Diseño Seguro de Procesos**
- **Operación segura de los Procesos**

2

***DSOySP (análisis de riesgos y operabilidad de procesos).
EL MATERIAL SE ALOJA EN EL SITIO WEB DE LA ASIGNATURA.***

DISEÑO, SIMULACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y SEGURIDAD DE PROCESOS.

***Parte I: Tecnología, Ingeniería Química e introducción
a la Ingeniería de Procesos.***

***Parte II: Ingeniería de Procesos, el Problema de
Diseño de Procesos. Características generales***

3

***DSOySP (análisis de riesgos y operabilidad de procesos).
EL MATERIAL SE ALOJA EN EL SITIO WEB DE LA ASIGNATURA.***

***DISEÑO, SIMULACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y
SEGURIDAD DE PROCESOS.***

***Parte III: Análisis de Riesgos. Identificación y Evaluación
de Consecuencias.***

***Parte IV: Ciclo Falla – Reparación – Falla. Relaciones
Probabilísticas. Confiabilidad y Disponibilidad de
Procesos.***

4

**INTRODUCIREMOS PROGRESIVAMENTE LOS
CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA
COMPRENDER EL DISEÑO Y LA OPERACIÓN
SEGURA DE PROCESOS QUÍMICOS.**

*Posteriormente, nos centraremos en las
metodologías para el análisis del riesgo y su fin
último, el Gerenciamiento del Riesgo Tecnológico*

5

5

Qué Abarca la Ingeniería de la Confiabilidad (Reliability Engineering)..?. En algunos países es una carrera de grado, o una especialización de posgrado

**Confiabilidad y Disponibilidad de Sistemas.
Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo,
basado en Riesgo**

La Higiene y Seguridad en los ámbitos de trabajo,

**EVALUACIÓN DEL RIESGO TECNOLÓGICO,
Ambiental, financiero.. etc**

**GERENCIAMIENTO Y COMUNICACIÓN DEL RIESGO,
generación de políticas públicas y normativas**

6

6

**El Análisis de Riesgos es la herramienta fundamental
para el diseño y operación segura de los procesos**

-Y para el Gerenciamiento de la seguridad de los procesos,

Para fundamentar las políticas públicas con el objetivo de:

**-Minimizar el riesgo para los trabajadores y sobre el entorno
circundante. Especial interés tienen los accidentes
catastróficos.**

**-Tender a lograr la sustentabilidad (contempla el riesgo
ambiental), y la sostenibilidad de las actividades
industriales....**

7

EN QUE NOS CONCENTRAREMOS EN ESTA CLASE?

**CUESTIONES FUNDAMENTALES DE LA ASIGNATURA: ¿QUE ES
EL DISEÑO SEGURO Y EL ANÁLISIS DE RIESGOS -AR-
Y CUAL ES LA UTILIDAD ?**

**¿Porqué se deben Aplicar Métodos de Análisis
de Riesgos AR?**

**¿Cuál es la Relación del AR con la Ingeniería de
Procesos -o sea, la relación del AR con el diseño,
síntesis, simulación, optimización y la
operabilidad de los procesos?.**

-8

8

ASPECTOS/CONCEPTOS RELEVANTES

- **Peligro. Tipos, Como los identificamos? (métodos apropiados, por ejemplo HAZID, HAZOP..etc)**
- **Fallas y Eventos Accidentales**
- **Frecuencia de las fallas y Magnitud de las Consecuencias**
- **Riesgo, Definición y formas de Cálculo. Simuladores**
- **Diseño Seguro. Diseño de las SALVAGUARDAS**
(MITIGAN LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS ACCIDENTALES O LA SEVERIDAD DE SUS CONSECUENCIAS)

9

Algunas definiciones

- **Nos interesa Relacionar el Diseño Seguro con la actividad de Diseño de Procesos.**
- **El Diseño Seguro de Procesos comprende dos enfoques, EL DISEÑO INHERENTEMENTE SEGURO, Y EL DISEÑO BASADO EN RIESGO.**
- **A medida que avancemos será posible comprender que NO existe diseño totalmente SEGURO, que en general debemos asegurar una COTA, esto es, QUE EL RIESGO SEA MENOR QUE UN VALOR FIJADO PREVIAMENTE; valor TOLERABLE o "ACCEPTABLE" (GERENCIAMIENTO DEL RIESGO..)**

10

Gerenciamiento del Riesgo

- **Es el fin último del AR. En otras palabras, una de las Herramientas Fundamentales para realizar el Gerenciamiento del Riesgo es el Análisis de Riesgos AR.**
- **Existe Normativa que describe criterios para los valores umbrales permitidos o aceptados para el nivel de Riesgo de un emprendimiento o planta industrial, actividad de transporte, comercialización, etc...**
- **También para la selección de las herramientas (procedimientos y los criterios) para realizar un AR.**

11

FUNDAMENTAL: COMPRENDER LAS PROBLEMATICAS ACERCA DE LAS TERMINOLOGIAS Y CONCEPTOS UTILIZADOS

**Peligro,–HAZARD–
incidentes, accidentes**

Riesgo (Definición técnica conceptual, vs Coloquial) –RISK–

Tolerabilidad del Riesgo.

Diversos Tipos de Riesgo: Tecnológico, Riesgo Ambiental, Riesgo y Resiliencia al Cambio Climático.

Riesgo Financiero, Riesgo Biológico, Riesgo demográfico, Climático ETC... ETC....

12

**FUNDAMENTAL: COMPRENDER LAS PROBLEMATICAS ACERCA DE LAS
TERMINOLOGIAS Y CONCEPTOS UTILIZADOS**

En el contexto del análisis de seguridad,

UN PELIGRO es una fuente potencial de daño, ya sea una condición, una situación o una acción (Ejemplos: un cable suelto conductor de electricidad, una escalera defectuosa, un producto químico corrosivo sobre el piso... un tanque de almacenamiento con sustancias peligrosas

TODO peligro puede desencadenar potencialmente:

UN EVENTO INCIDENTAL –(evento que podría haber causado daño, pero no lo hizo),

o un **UN EVENTO ACCIDENTAL** (ha causado daño).

EL RIESGO es una valoración del daño que potencialmente pueda provocar el evento accidental, combinando la frecuencia de ocurrencia con la severidad de las consecuencias asociadas.

13

13

Incidente vs Accidente:

INCIDENTE:

evento que podría haber causado daño, pero no lo causó, o causa daño muy leve o que solo requiere primeros auxilios.

Ejemplos: tropezar con un cable y no caerse, rozarse con un objeto afilado sin sufrir cortes, un pequeño derrame de un producto químico que se limpia rápidamente y no provoca consecuencias de significancia..

ACCIDENTE:

Incidente que resulta en daño o lesión.

Ejemplos: caerse de la escalera y fracturarse una pierna, sufrir quemaduras por un producto químico corrosivo, electrocutarse al tocar un cable suelto, muerte por quemaduras ante un incendio.

LOS ACCIDENTES SON EVENTOS NO DESEADOS QUE TIENEN CONSECUENCIAS NEGATIVAS PARA LA SALUD, LA SEGURIDAD O LA PROPIEDAD.

14

14

**FUNDAMENTAL: COMPRENDER LAS PROBLEMATICAS ACERCA DE LAS
TERMINOLOGIAS Y CONCEPTOS UTILIZADOS**

■ **En sí mismo, el peligro no causa daño, pero representa la posibilidad de que ocurra.**

■ **Ejemplos:** la probabilidad de electrocutarse al tocar un cable suelto, la probabilidad de caerse de una escalera defectuosa, la probabilidad de dañarse con un producto químico corrosivo.

■ **El Riesgo, en cambio, es la cuantificación del evento accidental, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia combinada con la severidad de ese daño.**

■ **El riesgo se puede evaluar y controlar mediante medidas de seguridad.**

15

15

En resumen

■ ***El peligro es la causa potencial de daño.***

■ ***Un incidente es un evento que podría haber causado daño pero no lo hizo, o bien causó daño leve.***

■ ***Un accidente es un incidente que resulta en daño.***

■ ***El riesgo es la combinación (producto) entre la frecuencia en que ocurre el daño y la magnitud de su severidad.***

16

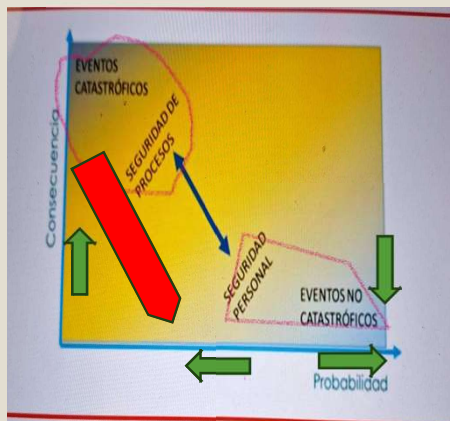
16

LOS INCIDENTES SON IMPORTANTES PORQUE SON SEÑALES DE ADVERTENCIA QUE INDICAN QUE EXISTEN PELIGROS Y RIESGOS QUE DEBEN SER ABORDADOS...

En general la frecuencia de ocurrencia de los eventos accidentales, siguen una proporción inversa.

Esto es, a mayor frecuencia las consecuencias en general son menores.

Esto implica que deben supervisarse TODAS las situaciones, aun las mas insignificantes (incidentes), a los efectos de bloquear/prevenir, minimizar su evolución hacia eventos catastróficos....



17

**ANALISIS DE RIEGO.
INSISTIMOS CON LAS DEFINICIONES ELEMENTALES**

Peligro (HAZARD) –que no es igual a riesgo-

Se refiere a las condiciones físicas o químicas inherentes de las cosas, esto es, a un material, a una condición o a una actividad que tiene la potencialidad de provocar daño a la población, a las instalaciones o propiedad y/o al medio ambiente en general.

Vulnerabilidad - Consecuencias

Es una medida del daño que un determinado peligro (que es potencial) puede generar (SI SE CONCRETA EN UN EVENTO ACCIDENTAL).

18

EL AMBIENTE, EL ENTORNO, LA CULTURA ORGANIZACIONAL... YA NOS BRINDA INFORMACIÓN...SOBRE LOS PELIGROS.. QUE SE DEN LOS INCIDENTES O SU "EVOLUCION" A ACCIDENTES, DEPENDE DE CUESTIONES ALEATORIAS, Y DE LA EFICIENCIA DE NUESTRO SISTEMA DE GERENCIAMIENTO DEL RIESGO...



19

**PELIGROS / "CAUSAS O FALLAS" →
→ EVENTOS ACCIDENTALES →
CONSECUENCIAS/DAÑO SOBRE EL ENTORNO**

- TODO SISTEMA (NOS INTERESAN LOS PROCESOS PELIGROSOS) PUEDE FALLAR, ENTENDIENDO ESTO COMO "LA IMPOSIBILIDAD DE CUMPLIR PARCIAL O TOTALMENTE CON LOS OBJETIVOS DE DISEÑO".
- TODA FALLA TIENE CAUSAS Y EVENTUALES CONSECUENCIAS.
- CUALES SON LAS CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS?? (eventos accidentales tales como incendios, explosiones, liberación de tóxicos...) que impactan:
- **SOBRE LA PRODUCCION: (PARADA PARCIAL O TOTAL DE PLANTA)**

20

PELIGROS / “CAUSAS O FALLAS” →
 → EVENTOS ACCIDENTALES →
 CONSECUENCIAS/DAÑO SOBRE EL ENTORNO

- CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS??
- **SOBRE LOS BIENES: INFRAESTRUCTURA DESTRUIDA - EQUIPAMIENTOS, EDIFICIOS, DEPOSITOS....DE LA PLANTA-, Y DE LOS ALREDEDORES....**
- **DAÑO A LOS TRABAJADORES O LA POBLACION EN GENERAL**
- **SOBRE EL MEDIO AMBIENTE,**
- **SOBRE LA IMAGEN DE LA EMPRESA,**
- **OTROS....**

21

Relaciones entre el Análisis de Riesgos y el DISEÑO Y LA OPERABILIDAD DE LOS PROCESOS.

- **MENCIONAMOS QUE TODA FALLA TIENE SUS CAUSAS.**
- **ESTAS PUEDEN SER INHERENTES A YERROS EN EL DISEÑO (EN CUALQUIER ETAPA: CONCEPTUAL, ING BÁSICA, DE DETALLE, EN EL MONTAJE DE LA PLANTA, DEFECTOS EN LOS EQUIPOS..)**
- **O DURANTE SU OPERACIÓN.**

TIPOS DE FALLAS (OPERACIONES):

ERROR HUMANO, DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS ERRONEOS, O BIEN EJECUCIÓN ERRONEA DE UN PROCEDIMIENTO, FALTA DE MANTENIMIENTO, OTROS...

FALLAS EN LOS INSTRUMENTOS: EN SISTEMAS DE CONTROL, EN LOS SERVICIOS –AGUA DE ENFRIAMIENTO, VAPOR, AIRE O INERTES PARA LOS INSTRUMENTOS, OTROS....

POR CAUSAS “NATURALES”, ANEGAMIENTO, RAYOS, TERREMOTOS, HURACANES,

OTROS

22

DENTRO DE ESTE CONTEXTO, ENFATIZAMOS QUE EL NUEVO ENFOQUE EN LA INGENIERÍA DE PROCESOS ES INTEGRAL:

- **La Ingeniería Sistémica de Procesos (Process System Engineering) es un enfoque moderno que comprende la:**
- **Síntesis** : métodos para lograr la estructura óptima (flowsheet-diagrama de flujo) de un proceso **SEGURO**
- **Simulación.** Dados el diagrama de flujo (equipos, condiciones de operación), emular el comportamiento del proceso y resolver los balances de materia y energía.
- **Optimización.** De todas las alternativas posibles, hallar la óptima, definiendo la función objetivo, **CONSIDERANDO EL RIESGO..**

23

DENTRO DE ESTE CONTEXTO, ENFATIZAMOS QUE EL NUEVO ENFOQUE EN LA INGENIERÍA DE PROCESOS ES INTEGRAL:

- **-DISEÑO SEGURO DE PROCESOS (LAYOUT, SALVAGUARDAS..., ETC)**

OPERACIÓN SEGURA DE PROCESOS

-PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS SEGUROS

- SUPERVISIÓN DE PROCESOS.

DIAGNOSIS DE FALLAS EN TIEMPO REAL

24

- En todo AR, se debe **EN PRIMER LUGAR**, **Identificar los peligros existentes**, ya que **no puede evaluarse aquello que no ha sido detectado (HAZID, HAZOP, Otros..)**
- En los procesos industriales siempre existen situaciones peligrosas, con la probabilidad de manifestarse/desencadenar eventos accidentales concretos....
- Desde el punto de vista del diseño y la operación de procesos en forma segura, tiene importancia **LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS ACCIDENTALES Y LAS CONSECUENCIAS SOBRE EL ENTORNO.....**

25

25

REPRESENTACION/MODELADO. PELIGRO DETECTADO: ALMACENAMIENTO EN UN TANQUE DE UNA SUSTANCIA PELIGROSA (INFLAMABLE)

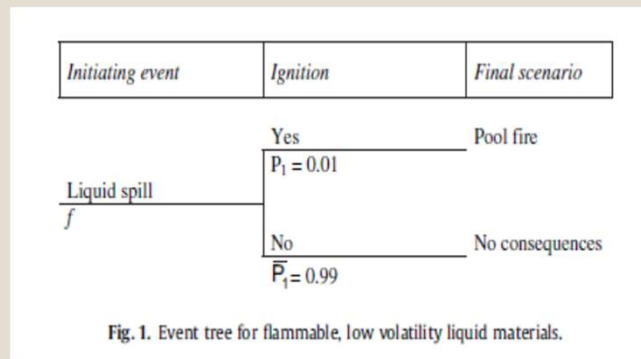
Supongamos **UN EVENTO DE PÉRDIDA DE CONTENIDO (FUGA) EN UN TANQUE (LOC -loss of containment-)** de una sustancia inflamable (que puede ser pura, mezcla multicomponente..., en estado líquido a una presión atmosférica.. o a alta presión... Lo cual impactará en el caudal de fuga, fase, temperatura... etc..

La fuga (**CAUSAS**) podría ser debido a **derrame, escape por rotura (agujero en el tanque)**, o bien en el proceso de transferencia (rotura de cañerías), etc.

PARA REPRESENTAR EL CONJUNTO DE EVENTOS POSIBLES ASOCIADOS A UN PELIGRO DADO, SE RECURRE A "MODELOS" SIMILARES A LOS GRAFOS, LLAMADOS ÁRBOLES DE EVENTOS..

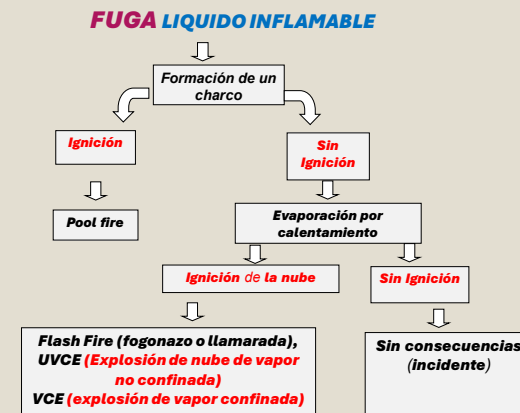
26

Cómo se Representa una situación peligrosa y sus posibles consecuencias /eventos accidentales?
Árbol de eventos. Fuga de una sustancia líquida, inflamable muy poco volátil a presión atmosférica



27

Árbol de eventos asociado a la fuga de un líquido inflamable, relativamente volátil, a presión atmosférica



28

Riesgo ¿lenguaje coloquial o técnico?

¿Qué es el riesgo (Risk)?
coloquialmente...

Contingencia o proximidad de un daño (RAE)

Posibilidad acerca que las consecuencias de un hecho sean adversas, de sufrir una pérdida o de ser víctima de la mala fortuna

Todo evento contingente que, de materializarse, puede impedir o comprometer el logro de los objetivos

PERO A NOSOTROS NOS INTERESA LA DEFINICION "TECNICA".....

29

EN EL CONTEXTO DE LA ING. DE LA CONFIABILIDAD, EL RIESGO SOBRE LAS PERSONAS -"RIESGO TECNOLÓGICO", INDIVIDUAL DE MUERTE-, ES POR DEFINICION:

Riesgo (muerte personas) = frecuencia x consecuencia

[fatalidades /año] = [eventos /año] [fatalidades / evento]
Fatalidades se refiere en este caso a muertes –como consecuencia del evento/escenario accidental analizado-

El valor obtenido se utiliza para la toma de decisiones.
Tener en cuenta que es función de la posición respecto de la fuente (ocurrencia del evento). Lo cual se relaciona con la definición de distancia segura...

30

Riesgo tecnológico

Se asocia a la operación de tecnologías en un sentido amplio, en nuestro caso procesos químicos y las actividades que se le relacionan o le son complementarias.

Hemos visto que la consecuencias de los eventos accidentales son cuantiosas y variadas, desde personas hasta el ambiente en general

Cuando las consecuencias se relacionan con la muerte, el riesgo tecnológico se convierte en una medida crítica, involucrando la probabilidad de pérdidas humanas debido a fallos o accidentes en sistemas tecnológicos.

31

31

Riesgo tecnológico. Cálculo

FRECUENCIA: representa una estimación de la probabilidad, es el número de veces que se espera que ocurra un evento accidental en un período de tiempo determinado (por ejemplo, por año).

Se mide generalmente en eventos accidentales por unidad de tiempo (ej.: eventos/año, $10^{-03} = 0,001$, uno en mil años)

CONSECUENCIA: muertes esperadas por evento. Puede expresarse como un número absoluto (muertes por evento) o como una magnitud relativa (por ejemplo, probabilidad de muerte por exposición en un punto dado). Si la probabilidad de muerte es 1, se espera que quien está expuesto muera con tal valor de probabilidad.

32

32

Riesgo tecnológico. Aclaraciones

Riesgo: el producto será en este caso,

$$10^{-03} \times 1 = 0,001 = 10 \exp(-03)$$

El producto, como vimos, brinda una estimación cuantitativa del riesgo, expresada en muertes por unidad de tiempo (muertes/año, en este caso 1 en mil).

En realidad, como veremos mas adelante, el valor obtenido debe interpretarse en un contexto técnico, normativo y social, lo cual no es sencillo. No solo porque estamos hablando de términos probabilísticos, sino porque existen los factores culturales, sociales...

Por ejemplo... existen distintas formas de percibir y convivir con el riesgo en la sociedad.

33

33

RIESGO TECNOLÓGICO

Ejemplo numérico:

Si en una planta química se tiene una probabilidad de fallo catastrófico de 0.01 eventos por año (1 evento cada 100 años) y puede causar en un punto dado del espacio circundante la muerte (con probabilidad 0.9), el riesgo es:

$$\text{Riesgo} = 0.01 \text{ eventos/año} \times 0,9 \text{ muertes/evento} = 0,009 \text{ muertes/año..... Aprox 1 en 100 años}$$

Esto significa que, en promedio, se espera 1 muerte por cada 100 años debido a esta planta funcionando tal como está. Dado que el riesgo resultante se expresa en muertes/año, el resultado nos permite "cuantificar" y comparar situaciones.

34

34

RIESGO TECNOLÓGICO

Un valor bajo (ej.: $0.000001 = 1 \times 10 \exp(-06)$) muertes/año indica un sistema relativamente seguro, mientras que un valor alto (ej.: 10 muertes/año) señala un sistema con muy alto riesgo, inadmisible, y que requiere medidas de mitigación.

Esto nos permite comparar/GERENCIAR sistemas tecnológicos, priorizar inversiones en seguridad y cumplir con regulaciones (como las normas ISO o las directrices de seguridad industrial)

35

35

GERENCIAMIENTO DEL RIESGO. ANÁLISIS DE LOS INCONVENIENTES

La definición de riesgo involucra frecuencia/probabilidad y por lo tanto su resultado presenta incertidumbre.

Además de la frecuencia de ocurrencia del evento, en el cálculo de las consecuencias, también deben considerarse factores estocásticos (por ejemplo si existe difusión de tóxicos, la dirección, velocidad del viento y la estabilidad atmosférica en un determinado lugar y tiempo ... son variables estocásticas).

Que el valor de riesgo estimado sea un valor probabilístico, no necesariamente implica que no se pueda tomar decisiones en forma concreta, basados en criterios ingenieriles.

36

Riesgo tecnológico Perspectivas para entender el concepto

Perspectiva estadística/probabilística

Desde la estadística, el riesgo tecnológico es una expectativa matemática que combina probabilidad e impacto.

La frecuencia y las consecuencias se derivan de distribuciones de probabilidad. Por lo tanto, el resultado numérico representa un promedio esperado a largo plazo, no un valor exacto para un año específico.-

Un riesgo de 1 muerte/año no significa que ocurrirá exactamente 1 muerte cada año, sino que, en promedio, a lo largo de muchos años, el sistema causará ese nivel de mortalidad

37

37

Riesgo tecnológico Perspectivas para entender el concepto

El valor numérico para cuantificar el RIESGO, permite tomar decisiones basadas en datos, por ejemplo determinar si el riesgo es "aceptable" o "tolerable" o no..... según estándares regulatorios

Por ejemplo, como veremos más adelante, un riesgo menor a 10^{-6} muertes/año por persona es considerado "tolerable" en muchas legislaciones para las actividades industriales.

Sin embargo, dadas las distintas situaciones culturales, de percepción del riesgo, entre otras, es difícil establecer criterios ampliamente aceptados sin explicaciones y claridad en la divulgación de las políticas públicas y la toma de decisiones.

38

38

Riesgo tecnológico Perspectivas para entender el concepto

Perspectiva social/ética

Desde el punto de vista social, el riesgo tecnológico relacionado con muertes plantea cuestiones éticas y de percepción pública. Aunque un riesgo individual calculado sea relativamente bajo (ej.: 0.00001 muertes/año), la sociedad puede percibirlo como inaceptable si las muertes son provocadas por eventos catastróficos (como en un accidente nuclear que provoca daños simultáneos y distribuidos en un largo período de tiempo).

Algo similar sucede con los accidentes aéreos

La "aceptabilidad del riesgo" depende de factores culturales, la confianza en las instituciones y el tipo de tecnología. Por ejemplo, un valor numérico puede ser malinterpretado por el público si no se contextualiza. 1 muerte/año puede parecer trivial comparado con accidentes de tráfico, pero inaceptable si se trata de una tecnología nueva o controvertida.

39

39

Perspectiva regulatoria/legal

En contextos regulatorios, el riesgo tecnológico se utiliza para establecer límites de seguridad y responsabilidad legal. Las autoridades (como la OSHA en EE.UU. o la UE con sus directivas de seguridad) definen umbrales de riesgo aceptable. Un valor para la expectativa de Muertes/año o riesgo individual (probabilidad de muerte por persona expuesta).

Si el riesgo calculado excede estos límites, se exigen medidas correctivas. Por ejemplo, si el valor de riesgo estimado está por encima del umbral regulatorio (supongamos: 10^{-5} muertes/año) puede implicar sanciones, o la necesidad de rediseñar el sistema—

Se trata de garantizar que las empresas cumplan con estándares de seguridad para proteger a la población de riesgos inaceptables

40

40

LA INTERPRETACIÓN DEPENDE DEL CONTEXTO:

Un riesgo de 0.01 muertes/año puede ser menor que el riesgo de morir en un accidente de tráfico (en muchos países). Sin embargo, las normativas para este valor de riesgo –que es considerado alto-, requieren medidas de mitigación del riesgo drásticas.

Esto es interesante, ya que podríamos concluir que ciertos niveles de riesgos en las actividades voluntarias, -conducir, fumar, volar- ... serían aceptables socialmente, mientras que no serían aceptables para actividades tecnológicas en sectores sensibles como la aviación o la energía nuclear.... (pasteras, mineras, extracción de petróleo.... Etc etc)..

41

41

La perspectiva social nos impone considerar la percepción del riesgo, la aceptabilidad del mismo...

Si bien el cálculo del riesgo nos racionaliza la justificación de las inversiones en medidas adecuadas de seguridad (nuevas salvaguardas en el proceso por ejemplo) o a decidir si un proceso puede o no operar, también debemos tener en cuenta

La aversión o no al riesgo..

Las percepciones ante el riesgo, y por lo tanto la dificultad para la aceptabilidad/tolerabilidad social del riesgo... si es un riesgo voluntario o involuntario, entre otros factores..

Debe siempre comunicarse el Riesgo al cual sometemos a la población y el ambiente, PERO la comunicación del Riesgo es una especialidad, parte de la INGENIERIA SOCIAL..

42

42

**Risk
Perception ??**



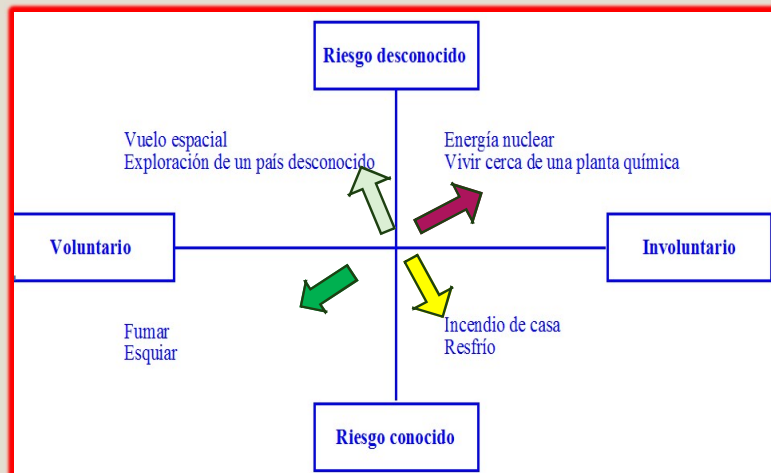
43

**Risk
Perception ??**



44

TOLERABILIDAD DEL RIESGO



45

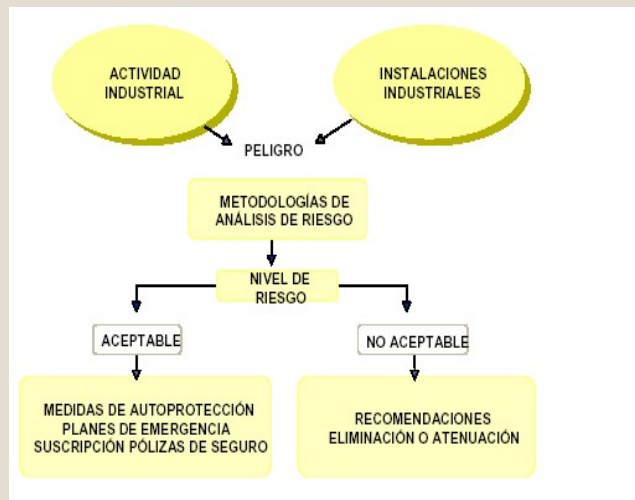
GERENCIAMIENTO DEL RIESGO

- **DESDE LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS A LA EVALUACIÓN DEL RIESGO.**
- **QUE HACEMOS CON LOS VALORES DE RIESGO OBTENIDO?**
- **TOMAR DECISIONES**

EXISTEN METODOS TECNICOS, PERO TAMBIEN NORMATIVA, Y DECISIONES QUE EMANAN DEL SECTOR PUBLICO (POLITICAS PUBLICAS) ANTE EL ESCRUTINIO SOCIAL

46

46



47

Recordemos

Existe una actividad segura (riesgo nulo)? (NO)

Existe el riesgo cero o nulo? (NO)

La verdadera contraposición está entre riesgoso y no riesgoso? (NO)

O bien decidir fijando criterios “racionales” entre riesgo tolerable o no tolerable / Aceptable o no aceptable ?

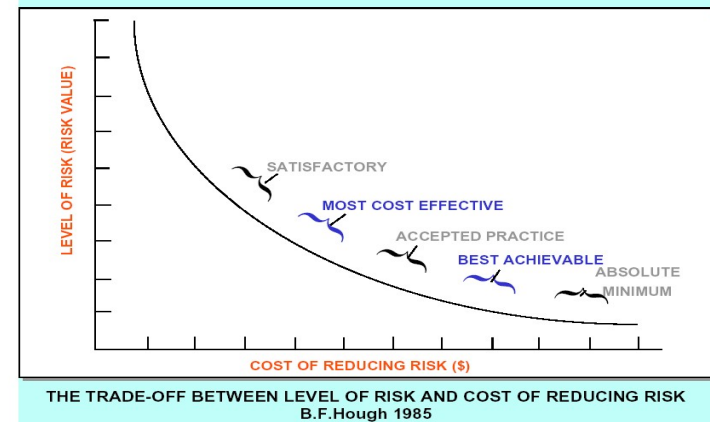
48

Una Perspectiva Económica. Análisis económico - Ingeniería de la confiabilidad

- ¿Para qué evaluamos el riesgo?
- Fijados valores o niveles de **"aceptabilidad" o tolerabilidad** bajo distintas circunstancias, podemos comparar el riesgo calculado con respecto a dichos niveles.
- Pero también podemos visualizar cómo impacta cada cambio en el proceso, en el nivel de riesgo calculado.
- O mejor dicho, cómo impacta en el costo (inversión de capital, etc.) una reducción del riesgo de un determinado nivel (por ejemplo, 30%).

49

Inversión y reducción esperada del Riesgo



50

Criterios de decisión

El punto de corte entre **"el gasto"** (la inversión) y su efecto en disminuir el riesgo puede ser un criterio...

Otro es introducir además una normativa que establezca ciertos mínimos al riesgo, independientemente del "balance" anterior

Nótese que el equilibrio entre la normativa y "la práctica económica" tiene consecuencias en la rentabilidad de las inversiones, y por ende la actividad económica, y en cualquier caso en la calidad de vida, etc.

51

Tendencia general sobre eventos accidentales

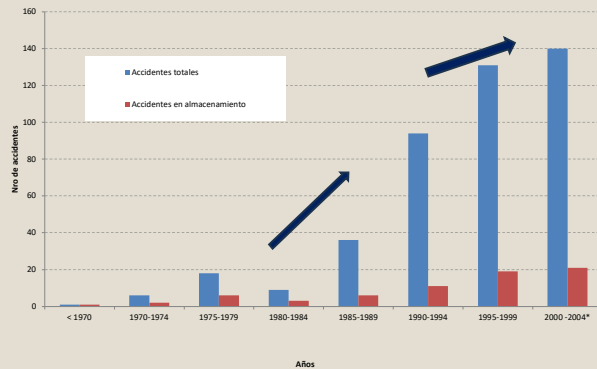
En general, la tasa de accidentes en la industria ha descendido a nivel global, pero las tendencias varían según el sector y la región.

A nivel mundial, se observa una disminución en la tasa de accidentes laborales, aunque con variaciones significativas entre países y sectores.

La mejora en la seguridad industrial se debe a la implementación de normativas más estrictas, la inversión en tecnología y equipos de seguridad, y una mayor concientización sobre la prevención de riesgos laborales (GERENCIAMIENTO DEL RIESGO PÚBLICO Y PRIVADO)

52

Existen numerosas fuentes de datos estadísticos de todo tipo de accidentes y sus causas
Ej : Almacenamiento y Manipulación de Diesel



53

Dentro de este contexto, nos preguntamos:
EL APLICAR METODOS DE ANALISIS DE RIESGOS ES UNA:

¿MOTIVACION o NECESIDAD?

¿Existe una cultura asentada acerca de la significancia del riesgo y como convivir con ello en nuestro entorno socio-tecno-económico ?

54

Llegados hasta aquí..
Qué límites le ponemos al Riesgo?

¿Riesgo alto?, ¿Riesgo Bajo?

¿Cuán alto es “alto riesgo”?

¿Cuán bajo es “bajo riesgo” ?

¿Dónde, cuándo, para quién?

¿Quién decide?



55

Diseño Seguro, Análisis de Riesgos

HEMOS INTRODUCIDO CONCEPTOS FUNDAMENTALES BASICOS PARA COMPRENDER EL SIGNIFICADO DE UN VALOR CUANTITATIVO DE RIESGO, SUS INTERPRETACIONES, Y SU UTILIDAD PARA EL GERENCIAMIENTO DEL RIESGO.

ENFATIZAREMOS LA RELACIÓN DEL ANALISIS DEL RIESGO CON EL DISEÑO, ESTO ES, CON DISEÑO SEGURO, O EL DISEÑO BASADO EN RIESGO

56

56

¿Riesgo alto?, ¿Riesgo Bajo?

- ¿Cuál es la percepción del riesgo?
- ¿Debe ser ocultado o se debe comunicar?
- ¿Se deben reducir los riesgos, ante una situación inaceptable, o prohibir la ejecución de dicha actividad?

57

¿Es la tolerancia al riesgo un término mejor que la aceptación del riesgo?

¿Tolerar un riesgo significa que no estamos contentos con la situación?

¿Y la aceptación significa que comprendemos que siempre convivimos con el situaciones de riesgo y necesitamos mantenernos alerta, revisando si nuestras medidas de control de riesgos siguen siendo apropiadas?

¿Aceptar es fatalista o derrotista?
¿Implica una aceptación pasiva?

58

Tolerabilidad del riesgo

• Riesgo Voluntario o Involuntario

• La tolerabilidad del riesgo ante una industria u otro emprendimiento, para el público es diferente que para los empleados, y para los propietarios, ya que para unos se trata de un riesgo voluntario, y para otros es involuntario.

• Por ejemplo, en el transporte de sustancias peligrosas la gente que habita próximo a la ruta, obviamente toma un riesgo involuntario cuando se transportan mercancías peligrosas.

El conductor de la cisterna no. ¿Y la compañía de transporte?

59

Límites de tolerabilidad

• Riesgos tolerados voluntariamente por el público (fumar, conducir un vehículo, etc.).

• Aceptados “por costumbre”, o con “cierta resignación”: “caída” de un rayo, huracanes, etc. ya que son factores naturales sobre los cuales “no tenemos control” o prácticamente tenemos muy poco.

60

TOLERABILIDAD DEL RIESGO

Algunas consideraciones:

En general no existen los recursos necesarios para eliminar todos los peligros al mismo tiempo.

Cualquier inversión en seguridad debe hacerse con la premisa de obtener el máximo beneficio social; esto es, aplicarlo a disminuir los riesgos en un orden cuya probabilidad de ocurrencia y/o las consecuencias sobre el entorno así lo justifiquen.

61

TOLERABILIDAD DEL RIESGO

Algunas consideraciones:

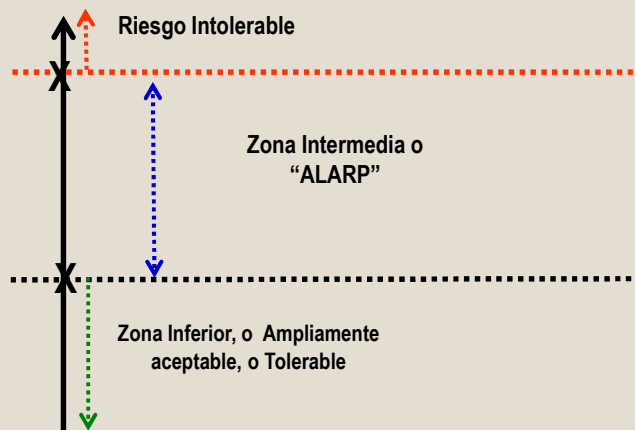
‡ **Sabemos que el riesgo cero no existe, es imposible eliminar el riesgo en su totalidad.**

‡ **Estamos en general dispuestos a aceptar valores de riesgo más altos en el caso de riesgos voluntarios o a los catastróficos.**

‡ **En cambio existe cierta “aversión” a los involuntarios.**

62

Nivel de Riesgo



63

El criterio ALARP

"The UK Health and Safety Executive" propuso que la frase "riesgo tolerable" sea interpretada mediante el criterio ALARP (as low as reasonably practicable).

De esta forma es posible definir valores límites (superior e inferior) y zonas de tal forma que:

- **Área superior: aquella en que el riesgo se ubica por encima del límite superior. Se la considera área de riesgo "intolerable o inaceptable"**
- **Área inferior, Definida por aquella en que el valor del riesgo yace por debajo del límite inferior, y es considerada ampliamente o generalmente aceptable, en el contexto de la vida cotidiana.**
- **Entre límites: zona ALARP**

64

TOLERABILIDAD DEL RIESGO: ZONA INTERMEDIA (ALARP)

Los riesgos residuales deben mantenerse tan bajos como sea razonablemente posible/practicable.

Los riesgos se revisan periódicamente para garantizar que siguen cumpliendo los criterios ALARP.

Esto último implica un adecuado sistema de Gerenciamiento del Riesgo.. Mejora Continua

67

Riesgo individual. Valores adoptados en algunas prácticas internacionales

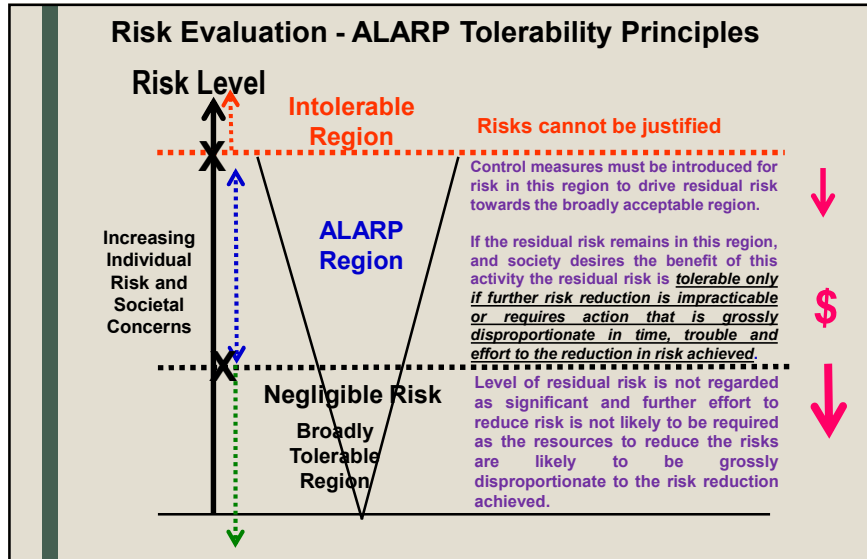
Límite superior zona ALARP

- **Empleados (voluntario)** 10^{-3}
- **Para el Público (involuntario)** 10^{-4}

• **Con respecto al *límite inferior*, o ampliamente aceptado (según distintos países):**

10^{-6} o 10^{-7}

68



TOLERABILIDAD DEL RIESGO: ZONA INTERMEDIA (ALARP)

Una de las interpretaciones: aquella en que los riesgos se corresponderían a las actividades que la gente en su práctica o vida cotidiana “está dispuesta a tolerar”.....considerando el equilibrio entre el beneficio individual y social, a fin de asegurar “las necesidades propias del sistema socio-económico”...

Aunque simultáneamente se confía o se sobreentiende que:

Las fuentes y el nivel del riesgo resultante se evalúan adecuadamente y los resultados se utilizan para establecer medidas de control; mediante un proceso de mejora continua (supervisado por autoridad competente.....) de tal forma de lograr finalmente que todos los riesgos residuales existentes se mantengan en la zona inferior, y/o bajen continuamente dentro de ella

Zona ALARP: Algunas consideraciones

- Debemos tomar medidas de control "para llevar" el riesgo residual hacia la región inferior tanto como sea posible o razonable.
- El riesgo residual que aun permanezca en zona ALARP es "tolerado", aunque es necesario además, demonstrar que tomar nuevas acciones para reducirlo implica un costo, tiempo u otra medida "del esfuerzo" que resultan "desproporcionadas" para la continuidad del emprendimiento.
- Especialmente tener en cuenta situaciones en las cercanías del borde superior de la zona ALARP
- Es un proceso de mejora Continua, y deben decidirse prioridades en la intervención.

69

Zona inferior: nivel de riesgo ampliamente aceptable.

Riesgos que se consideran en general, adecuadamente controlados, de valor residual no significativo, aunque no nulos...

Las medidas para reducir el riesgo dependerán de la asignación de recursos en el contexto del proceso de mejora continua ..
(o cuando la ley lo exija –normas vigentes-).

70

ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

Tan bajo como sea razonablemente alcanzable;

¿ Diferencias con ?

"As Low As *Practicable*"

71

Imagen riesgo total en una dada zona de interés
–se distinguen tres zonas, la "intolerable", la "tolerable" y la "intermedia"



28/08/2025

72

72

Conclusión

La evaluación del riesgo tecnológico, es una herramienta fundamental para evaluar la seguridad de sistemas tecnológicos.

Su resultado numérico, expresado en muertes por unidad de tiempo, permite comparar riesgos, diseñar sistemas más seguros, cumplir regulaciones y comunicar peligros.

Desde perspectivas técnicas, estadísticas, sociales y regulatorias, EL AR PERMITE TOMAR DECISIONES PARA EQUILIBRAR LOS BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA CON LA PROTECCIÓN DE LA VIDA HUMANA, SIENDO UNA GUÍA CLAVE EN LA GESTIÓN DE RIESGOS EN UN MUNDO CADA VEZ MÁS TECNOLÓGICO.

73

73

La estimación cuantitativa del Riesgo, desde el Gerenciamiento privado y desde la generación de políticas públicas

PERMITE:

DISEÑO Y MEJORA DE SISTEMAS: *Identifica puntos débiles en tecnologías para implementar medidas de seguridad (ej.: redundancias, sistemas de contención).-*

TOMA DE DECISIONES: *Ayuda a decidir si una tecnología es viable o si sus riesgos superan los beneficios.-*

74

74

La estimación cuantitativa del Riesgo, desde el Gerenciamiento privado y desde la generación de políticas públicas,

PERMITE REGULAR *el funcionamiento de los procesos químicos y sus actividades relacionadas (transporte de sustancias peligrosas por ejemplo) al establecer estándares de seguridad y responsabilidad legal.*

GESTIÓN DE EMERGENCIAS: *Permite priorizar recursos para prevenir o mitigar eventos de alto impacto.-*

COMUNICACIÓN DE RIESGOS: *Informa a la sociedad sobre los peligros asociados a tecnologías específicas, fomentando la transparencia.*

75

75