

ESTUDIO PARA ELABORAR UN MODELO MATEMATI
CO DE DECISION CAPAZ DE PERMITIR UNA ACTUA-
CION ESTATAL SOBRE LA PREVENCION DE ACCI
DENTES EN MINERIA

00022

INDICE

1. INTRODUCCION.
2. METODOLOGIA PARA ELABORAR EL MODELO.
3. FORMULACION MATEMATICA DEL MODELO.
 - 3.1. Análisis de las causas de accidente.
 - 3.2. Fenomenología de las causas de accidente.
 - 3.3. Matrices probabilísticas parámetro, estado \longleftrightarrow causa.
 - 3.4. Fenomenología de las lesiones.
 - 3.5. Criterios valorativos.
 - 3.6. Resumen notación utilizada en el modelo.
 - 3.7. Operación del modelo en modo de prevención.
 - 3.8. Operación del modelo en modo corrección.
4. ANALISIS METORICO.
5. ENCUESTA A ESPECIALISTAS. ELABORACION DE PARAMETROS TECNICOS.

MANUAL DEL CODIFICADOR.

ANEXO INFORMATIVO AL MODELO MATEMATICO.

1. INTRODUCCION

El modelo matemático para la prevención y corrección de accidentes es una herramienta matemática basada en matrices probabilísticas - dentro de un esquema de causalidad (causa \longrightarrow efecto) que ante una realidad existente, que puede medirse, obtiene al aplicarlo:

- Unas previsiones sobre la accidentabilidad más probable, cuales son sus líneas fundamentales y cuales son sus elementos de mayor importancia.
- Un análisis de las causas y parámetros técnicos que conllevan el mayor peso condicionante de los accidentes ocurridos o de los accidentes por ocurrir.

Con este modelo se pretende dotar a la Dirección General de Minas de un útil para analizar la accidentabilidad en la minería española desde un nivel global a un nivel nacional, hasta un nivel particular de un pozo en concreto; pasando por los niveles intermedios del tipo de minería, sustancia explorada, provincias, ... etc; con objeto de obtener unas previsiones y conclusiones que sirvan como base indicativa de:

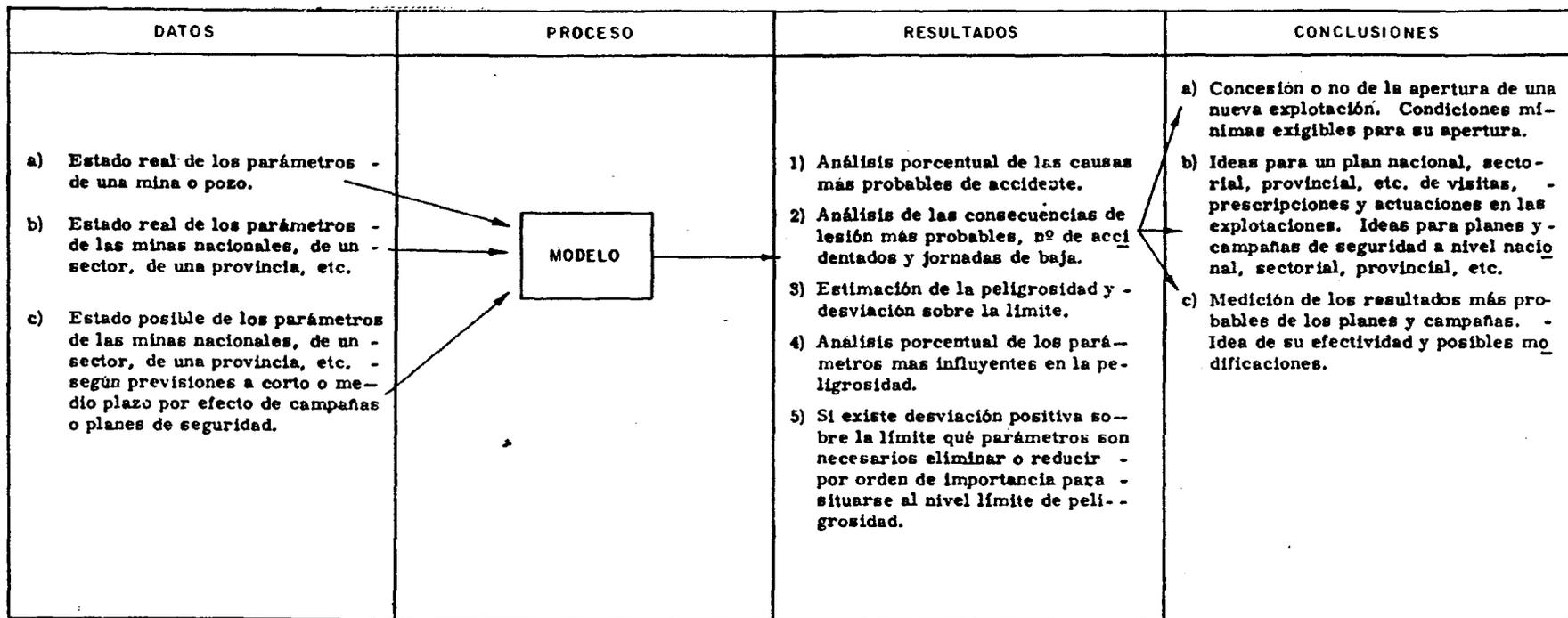
- autorizar o condicionar la apertura de nuevas explotaciones.
- en donde y como debe incidirse en líneas generales para reducir paulatinamente la accidentabilidad en la minería española.

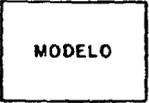
- en qué líneas fundamentales deben orientarse los planes y campañas de seguridad nacionales, regionales, sectoriales, etc. - para obtener un acondicionamiento más seguro de las explotaciones mineras y un menor riesgo para el sector laboral de la minería.

Para cubrir estos objetivos, el modelo matemático se aplicará en dos vertientes: Análisis a priori (modo prevención) y análisis a posteriori (modo corrección). Las posibilidades del modelo de ambas vertientes se encuentran recogidos en los cuadros 1.1. y 1.2. respectivamente, que se muestran a continuación.

A lo largo de este informe, se recoge en primer lugar el resumen y las conclusiones (punto ⁰ 1). La formulación matemática del modelo y como operarla metodología y las etapas que se han cubierto para elaborarlo (punto ² 2). El análisis histórico que se ha efectuado sobre 109 años de partes de Accidentes (año 1966 al ^{año} parte de 1974), resultados y conclusiones (punto ⁴ 3). Elaboración de parámetros técnicos condicionantes de causas de accidente, encuestas a especialistas, análisis y conclusiones (punto ⁵ 4). Y por último la formalización del modelo para ordenador como única herramienta capaz de manejar y procurar semejante volumen de datos y operaciones de forma rápida y fiable. - (Anexo)

El modelo presentado y su modo de aplicación (punto 2).



DATOS	PROCESO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>a) Nº de accidentados según consecuencias de la lesión y jornadas de baja de un pozo, de una provincia, sector, a nivel nacional etc., durante un período determinado, (extracción agrupada de accidentes del Archivo Mecanizado).</p> <p>b) Estimaciones de accidentados, jornadas de baja, causas de accidente. Con objeto de establecer planes o campañas de seguridad.</p>	<p style="text-align: center;">  MODELO </p>	<p>a) Listado de aquellos pozos, provincial, sectores o nivel nacional que sobrepasen la peligrosidad límite. Para cada uno de ellos, se efectúa :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Una exposición estadística de causas de accidente, accidentados, jornadas de baja y responsabilidad parámetros. 2) Una estimación de la peligrosidad y su desviación sobre la límite. 3) Un análisis porcentual de los parámetros más influentes en la peligrosidad. 4) Qué parámetros son necesarios eliminar o reducir por orden de importancia para situarse al nivel límite de peligrosidad. <p>b) Lo mismo que a)</p>	<p>a) 1) Detección de aquellas explotaciones o agrupaciones que sobrepasen el límite de peligrosidad.</p> <p>2) Sobre qué parámetros y en qué medida es necesario actuar para reducir la peligrosidad a la límite.</p> <p style="text-align: center;">Bases para una actuación, planes o campañas de seguridad.</p> <p>b) Sobre qué parámetros y en qué medida es necesario actuar para conseguir la reducción de accidentados o de causas de accidente propuesta.</p> <p style="text-align: center;">Bases para una actuación, planes o campañas de seguridad.</p>

2
3

4 METODOLOGIA PARA ELABORAR EL MODELO.

Existen dos partes claramente diferenciadas en el modelo matemático :

Parte A : Fenomenología parámetros \longleftrightarrow causas de accidente

Parte B : Fenomenología causas de accidente \longleftrightarrow consecuencias de lesión

Para la parte A era necesario como paso previo, definir los parámetros que intervenían en la ocurrencia de cada causa de accidente, ya que éstas estaban perfectamente definidas a partir del análisis hecho para la formalización de la infraestructura informativa (consultar dicho informe), las cuales se recogen en el nuevo parte de accidentes.

Así pues, fue necesario consultar a una serie de expertos en seguridad (ya que la información internacional de los últimos años al respecto, no ofrecía ningún dato de valor positivo para cualificar y aún menos cuantificar dichos parámetros) con objeto de establecer un mínimo de parámetros, en base a los cuales, poder efectuar consultas a nivel más amplio para establecer la cualificación y cuantificación de la fenomenología parámetros \longleftrightarrow causas de accidente. Tema que se recoge más ampliamente en los puntos 6 y 7.

El único dato obtenido para esta parte A, con refrendo general tanto de expertos como de publicaciones es que la responsabilidad atri-

buable al parámetro incógnita X, que recoge la influencia de aquellos factores que no son únicamente parámetros, viene a ser del orden - del 70 % en la ocurrencia general de las causas de accidente.

Para la parte B, se dispondrá de la valiosa información histórica - del archivo de partes de accidente recogidos en la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.

En cada parte de accidentes se hace un estudio completo de las causas de accidente ocurridos, así como un estudio para cada accidentado de su antigüedad, oficio, lugar de la lesión, naturaleza de la lesión, etc. Pero inmediato a la ocurrencia del accidente, con lo cual, en los casos de pronóstico grave, reservado y leve, no se conocía - la ocurrencia de la lesión ni las jornadas de baja para cada accidentado.

El camino seguido para analizar la fenomenología de esta parte B, - fue extraer del archivo de partes de accidentes de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción la siguiente información para todos los accidentes ocurridos en los años 1966 al 1974 ambos inclusive :

- Fecha accidente
- Nº de accidente
- Provincia
- Sustancia explotada (según 4 grandes grupos :
carbones, minerales metálicos, minerales no metálicos y rocas).

- Tipo de minería (interior o exterior)
- Causa del accidente
- Lugar corporal de la lesión
- Nombre y apellidos del accidentado
- Jornadas de baja y consecuencias de la lesión, que únicamente podía recogerse en caso de muerte del accidentado, ya que por baremo le correspondían 6.000 jornadas de baja.

con la intención de completar esta información extraída respecto a consecuencia de lesión y jornadas de baja.

Para ello, se buscó dicha información en el Servicio Social de Higiene y Seguridad en el Trabajo, en donde estaba mecanizada. ^{Este servicio} Por la reciente creación de este Servicio sólo se pudieron obtener alguno de ^{los datos que se} estos datos pero a partir del año 1972.

Hubo pues, que quedarse con los años 1972, 73 y 74 para efectuar la complitud de la información.

Como seguían existiendo lagunas apreciables de información para estos años, se recurrió en último extremo al I.N.P. (Instituto Nacional de Previsión), en donde hubo que consultar el archivo manual allí existente, accidentado a accidentado. Tarea un tanto prólija que dió como resultado una información bastante exacta de cada consecuencia de lesión y jornadas de baja para cada accidentado habido en esos años.

Por último era necesario obtener datos concernientes a la población laboral de los años 1966 al 1974 ambos inclusivos.

Para ello se consultaron los Boletines de Estadística Minera de esos años y se obtuvo dicha información año a año desglosada por provincia y por grupo de sustancia explotada (carbones, minerales metálicos, minerales no metálicos y rocas). Fue imposible llegar a un desglose por tipo de minería (interior y exterior), por ausencia de dicha información.

Estos datos se trataron mediante ordenador con objeto de obtener unos resultados estadísticos, con cuya información extraer la base necesaria para elaborar la fenomenología.

Causas de accidente \rightleftarrows consecuencia de lesión, así como otra información de interés general.

Tema que se concreta en el punto siguiente (punto 5).

3. FORMULACION MATEMATICA DEL MODELO

La exposición que aquí se ofrece, y en particular en los puntos 3. 1. X al 3. 5. inclusive, se refiere a la formulación Teórico-Matemática del Modelo, que como tal, se pretende rigurosa y completa. Por tan to quizás estos puntos en concreto sean a veces de difícil compren - X sión y lectura para el lector. No habituado al manejo de matrices y de teoría de probabilidades, si bien, se ha procurado utilizar más - el desarrollo y exposición conceptual del significado de los componen X tes que intervienen en su compleja fenomenología de la accidentabili dad, así como de sus relaciones entre ellos.

De todas formas, para quién quiera conocer de forma somera en qué consiste el modelo matemático y su aplicación práctica, sin llegar a detalles y profundidades, puede entrar directamente a partir del pun to 3. 6. ; aunque se recomienda leer la parte anterior, al menos a ni vel conceptual, dejando de lado si se quiere, las formulaciones mate X máticas.

3.1. Análisis de las causas de accidente

Cuando se produce una causa de accidente (caídas, desprendimientos, incendios, etc) existen unos factores que han hecho posible que ocurriera tal causa.

Estos factores se circunscriben en dos grandes grupos para facilitar la labor de análisis de su cualificación y cuantificación en las causas de accidente:

- Grupo de factores aparentes. Los elementos integrantes de este grupo serán aquellos factores que reúnan las siguientes características:
 - a) Factores susceptibles de ser observados y medidos y cuantificados antes y después de ocurrir el accidente.
 - b) Factores sobre los cuales es posible actuar para modificarlos y, en particular, que dicha actuación pueda hacerse dentro del ámbito de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.

Estos factores se denominarán de aquí en adelante con el nombre de parámetros y se referirán tanto al estado de objetos físicos (techos, pendientes de galerías, barandillas, etc), de condiciones físicas ambientales (ventilación, iluminación, etc).

como de acciones u omisiones observables y cualificables (utilización de lámparas de llama, transportan simultáneamente explosivos y detonadores o fulminantes, no comprobación de existencia de gases inflamables, etc).

En suma, los parámetros se refieren a aquellas realidades observables y medibles que atañen a la estructura intrínseca de la explotación, a la estructura extrínseca o acondicionamiento de la misma, a las normas de seguridad y a algunas acciones u omisiones de los trabajadores en el ejercicio de su profesión.

- Grupo de factores no aparentes. Los elementos integrantes de este grupo serán aquellos factores que no cumplan las condiciones a) y b) de pertenencia al grupo anterior.

Estos factores se denominarán de aquí en adelante con una equis, y se referirán a aquellas realidades que no son, o lo son difícilmente, observables y medibles; que no son predecibles o que son imprevistas; y ~~son~~ las cuales es difícil actuar para modificarlas.

Estas realidades atañen al entorno psico-sociológico de los trabajadores de la explotación, a fenómenos naturales imprevistos (~~aparición~~ de Bolsas quimosas sin posibilidad de detección, - por ejemplo), a fenómenos naturales de tal grado de complejidad que hacen imposible su predicción y control (terremotos, - corrimientos, etc), o a fenómenos debidos al simple azar o casualidad.

3.2. Fenomenología de las causas de accidente

3.2.1. Análisis cualitativo

Como se ha dicho al principio, cuando ocurre una causa de accidente es porque existen unos factores que han hecho posible la ocurrencia de tal causa.

Esto nos lleva a plantearnos un modelo de causalidad para representar la fenomenología de las causas de accidentes en donde, los antecedentes son varios parámetros en conjunción con la incógnita X, y el consecuente es la causa del accidente. Dicho modelo se representa de forma esquemática en la figura 3.2.a.

donde P_1, P_2, \dots, P_n son todos los parámetros integrantes del Grupo de factores aparentes y la X representa al grupo de factores no aparentes.

La primera cuestión intuitiva que se plantea es que no todos los parámetros condicionan una determinada causa del accidente, sino que son unos pocos los que condicionan la ocurrencia de dicha causa. Por ejemplo, imagínese la causa concreta explosión de Grisú. En nada condiciona dicha explosión, la firmeza de los hastiales, la ausencia o presencia de ~~Ban~~adillas, etc. Pero sí en cambio parece que el fumar, utilizar mecheros de llama sin proteger, o un deficiente aislamiento eléctrico que haga saltar una chispa; condiciona la explosión de grisú.

De aquí se llega a la idea de la reducción de antecedentes para cada causa en particular, limitándolos a aquellos que directamente provocan el consecuente.

Así pues, se puede hacer una selección de parámetros en cada causa de accidente particular, de tal forma que el esquema de causalidad se nos queda reducido al *esquema de L*

en donde $P_1, \dots, P_k \in P_1, P_2, \dots, P_n$ y C_j es la causa de accidente j , y X sigue representando al grupo de factores no aparentes.

La segunda cuestión intuitiva que se plantea es que un parámetro al ser observado puede aparecer encuadrado en distintos niveles de medición, y que su influencia en la causa de accidente puede variar dependiendo del nivel en que se encuentre el resultado de dicha observación. Por ejemplo, para la causa concreta de caídas a nivel, el parámetro iluminación de la galería influye muy poco si está perfectamente iluminada, influye más si está deficientemente iluminada, y sin duda influye aún más si está completamente a oscuras.

De aquí se llega a la idea, de que previo a analizar la influencia que un parámetro tiene respecto a una causa de accidente, es necesario analizar el estado en que se encuentra ya que su influencia en el accidente va a depender estrechamente de dicho estado.

El análisis detallado del estado de los parámetros, y de algunos en particular como la iluminación, firmeza de los hastiales, etc.; nos llevaría a consideraciones complejas respecto a su medición, y al encuadramiento de dicha medición en niveles significativos; que caen fuera por completo del ámbito de este estudio. Por ello se va a hacer la simplificación de considerar sólo tres estados significativos para todos los parámetros:

Bueno, regular y malo. Se entenderá por estado bueno de un parámetro, aquél estado que no es susceptible de mejora dentro de la función

nalidad para la cual ha sido diseñado, reuniendo dicha funcionalidad el mínimo exigible dentro de las normas de seguridad ^{de} urgentes; pudiéndose decir que el parámetro en dicho estado, no influye directa y decisivamente en la ocurrencia de una causa de accidente (si influyera y así lo demostrara la experiencia, sería necesario plantearse una modificación o afinamiento en la normativa de seguridad vigente respecto a dicho parámetro en cuanto a su diseño y funcionalidad). -

este
estado

punto
aparte
4 Se entenderá por estado regular de un parámetro, aquél estado en el cual: o presenta deficiencias mejorables, o su funcionalidad está próxima al mínimo de seguridad vigente; pudiendo por tanto ejercer alguna influencia en la ocurrencia de alguna causa de accidente; pero - que no siendo claramente objeto de infracción reglamentaria, sí puede serlo de recomendaciones e incluso prescripciones. 4 Por estado malo de un parámetro, se entiende aquél estado que es claramente - objeto de alguna infracción reglamentaria, o bien, que es necesario subsanar radicalmente para la seguridad de la explotación.

Evidentemente, habrá algunos parámetros que sólo tomarán los valores bueno o malo, como por ejemplo: utilización de lámparas de llama; siendo el estado bueno la no utilización, y el estado malo su utilización. En este mismo sentido se interpretará al parámetro incógnita ~~x~~, siendo el estado bueno su ausencia y el estado malo su presencia.

Para efectuar correctamente esta simplificación, basta con definir los parámetros de forma que podamos medir sin ambigüedades su estado, aunque halla que recurrirse a expresar un parámetro gene

ral en otros varios que expresan los diversos estados o características en que puede darse dicho parámetro general. Por ejemplo, al analizar el parámetro general de las escalas como factor en la causa caída de altura, podemos determinar varios estados en función de la inclinación, conservación y diseño mismo de la escala. Por esta razón se eliminarán ambigüedades y se matiza perfectamente el estado de dicho parámetro general si se sustituye por los siguientes:

- Escalas situadas en pisos de resistencia insuficiente.
- Apoyo inseguro de la parte superior de la escala, no sobrepasar suficientemente el plano de apoyo, etc.
- Escalas inclinadas más de 70°.
- Zona de situación de la escala sin balizar o proteger.
- Escalas situadas sobre superficies curvas o aristas.
- Escalas situadas sobre superficies deslizantes.
- Escalas faltas de peldaños.
- Escalas con materiales envejecidos, corroidos, etc.
- Escalas con reparaciones chapuceras (atadas con cuerdas, etc.).
- Escalas empalmadas, no estando acondicionadas para ello.
- Escalas sin barandillas o guardacuerpos en los lados de las
uicuas que den al hueco.
- Etc.

Con esto se consiguen 3 objetivos muy importantes en la definición cualitativa de los parámetros:

- a) Se puede expresar de forma más precisa el estado de los parámetros.
- b) Se disminuye la ambigüedad en el resultado de la medición de los parámetros.
- c) Por los dos puntos anteriores, se concluye en consecuencia - que el modelo es mucho más perfecto y fiable, que el contenido ^{instruido} sobre parámetros generales como a primera vista parece desprenderse.

Por último existe una tercera cuestión intuitiva en el tema de la incidencia de los parámetros en las causas de accidente, y es ésta:

"Puede haber algunos parámetros que dados aisladamente no influyen en la ocurrencia de una causa de accidente, pero que dados en conjunción, si influyen y a veces de forma importante". Tal es el caso por ejemplo de la causa de accidente explosivos y de los parámetros referentes al transporte de los explosivos y al vehículo que los transporta. Evidentemente la detonación de los explosivos transportados dependerá en algunos casos de ciertas conjunciones entre ambos parámetros y no de la influencia de éstos por separado. La metodología aquí seguida es la de expresar estas conjunciones que hacen posible la causa de accidente como nuevos parámetros. Así por ejemplo, podemos expresar estas conjunciones con los siguientes parámetros:

- X - Transportar explosivos en un vehículo con motor de gasolina
- Id. con depósito de combustible contiguo al motor, batería, cables, etc.
- Transportar explosivos en un vehículo con cables sin aislar o sueltos.
- Id. con revestimiento interior capaz de producir chispas.
- X - Partes metálicas del vehículo, sin puesta a tierra.
- Carecer de extintores.
- Transportar simultáneamente explosivos y detonadores, fulminantes, etc.
- X - Presencia de aceite, grasas, etc, en chasis o caja.
- Etc.

Como resumen a este análisis cualitativo, se concluye en considerar parámetros a:

- Todos los elementos o realidades que se encuentren incluidas en el grupo de factores aparentes.
- De ellos, a aquellos elementos que intervienen en todas y cada una de las causas de accidente (reducción a los estrictamente necesarios).
- X - A ³¹¹¹¹¹¹¹¹¹¹¹¹¹¹¹ aquellas ³¹¹¹realidades que expresen su ambigüedad las diversas características o estados en que es observable dicha realidad (desglose de parámetros generales en tantos como expresen los diferentes estados o características que puedan adquirir).

- X - Aquellas conjunciones entre parámetros que influyen en causas de accidente. (Parámetros que expresan conjunción de dos o más parámetros).
- X - La incógnita X, que representa la influencia que pueden tener los elementos del conjunto de factores no aparentes en las distintas causas de accidente.

3.2.2. Análisis cuantitativo

Para centrar el problema, se supone el ejemplo sencillo de la figura - 3.2.c. en la que se muestra, por ejemplo, que la causa de accidente C_k está condicionada solamente por dos parámetros P_i , P_j y por la incógnita X.

Si efectuamos M observaciones aleatorias en diversas explotaciones mineras; y extraemos de ellas aquellas observaciones en que alguno de los parámetros P_i , P_j , o X toma el valor malo, regular o bien, aquellas en que ha ocurrido la causa de accidente C_k . Entonces podemos formar el siguiente cuadro con el resultado de las mismas:

CUADRO 3.2.1.

		Veces en que ha tomado el valor malo, regular.		Total
		Veces en que es responsable del accidente C_k .	Veces en que no lo es.	
Parámetro P_i	Malo	S_i^m	M_i^m	F_i^m
	Regular	S_i^r	M_i^r	F_i^r
Parámetro P_j	Malo	S_j^m	N_j^m	F_j^m
	Regular	S_j^r	N_j^r	F_j^r
Parámetro x	presencia	S_x	N_x	F_x
Total		S_k	N_k	T

a) Cuantificación ~~Parámetros~~, *estado* \rightarrow causas de accidente.

Observe el cuadro 3.2.1. y tómese la primera fila. La fracción S_i^m / F_i^m indica la proporción de incidencia en la causa de accidente C_k del parámetro P_i en estado malo.

✓ Cuando el número de observaciones aleatorias es muy grande, esta proporción indicará la probabilidad de que ocurra la causa de accidente C_k cuando el parámetro P_i se encuentra en estado malo. Esto se expresa estadísticamente como la probabilidad de que ocurra C_k condicionada a la existencia de P_i en estado malo, cuya for mo l ación es:

$$P(C_k | P_i^m) = \frac{S_i^m}{F_i^m}$$

Análogamente:

$$\begin{aligned}
 P(C_k | P_i^r) &= S_i^r / F_i^r \\
 P(C_k | P_j^m) &= S_j^m / F_j^m \\
 P(C_k | P_j^r) &= S_j^r / F_j^r \\
 P(C_k | X) &= S_x / F_x
 \end{aligned}$$

formulan las probabilidades de que ocurra C_k condicionada a la existencia de: P_i en estado regular, P_j en estado malo, P_j en estado regular, y existencia de X ; respectivamente.

Por ser los parámetros y sus estados independientes entre sí, se puede expresar la probabilidad de ocurrencia de C_k cuando P_i se encuentra en estado regular, P_j en estado malo y se supone presencia de x , por ejemplo; como suma de cada una de sus respectivas probabilidades condicionadas. Es decir:

$$\begin{aligned}
 P(C_k | P_i^r \cup P_j^m \cup X) &= \\
 &= P(C_k | P_i^r) + P(C_k | P_j^m) + P(C_k | X) = \\
 &= S_i^r / F_i^r + S_j^m / F_j^m + S_x / F_x
 \end{aligned}$$

Esto permite pasar del nivel de parámetros al nivel de las causas de accidente que provocan, cuantificando la relación Parámetros,

Estado \rightarrow causas de accidente; en términos de probabilidad, tal y como se muestra en la figura 3.2.D, aplicada al ejemplo que se está manejando.

b) Cuantificación causas \rightarrow parámetros, estados.

Volvamos al cuadro 3.2.1., y tomemos la primera columna. La fracción S_i^m / S_k indica la responsabilidad atribuible al parámetro P_i en estado malo cuando ocurre la causa de accidente C_k .

Cuando el número de observaciones aleatorias es muy grande, esta proporción indicará la probabilidad de que el parámetro P_i en estado malo sea el responsable cuando ocurre la causa de accidente C_k . Esto se expresa estadísticamente como la probabili-

dad de que sea responsable P_i en estado malo, condicionada a la ocurrencia de la causa de accidente C_k , cuya formulación es:

$$P(P_i^m \mid C_k) = S_i^m / S_k$$

análogamente:

$$P(P_i^r \mid C_k) = S_i^r / S_k$$

$$P(P_j^m \mid C_k) = S_j^m / S_k$$

$$P(P_j^r \mid C_k) = S_j^r / S_k$$

$$P(X \mid C_k) = S_x / S_k$$

formulan la probabilidad de que sean responsables: P_i en estado regular, P_j en estado malo, P_j en estado regular, y presencia de X ; condicionada a la ocurrencia de C_k .

La responsabilidad global del parámetro P_i , condicionada a la ocurrencia de C_k , se formula en términos de probabilidad como:

$$\begin{aligned} P(P_i^m \cup P_i^r \mid C_k) &= P(P_i^m \mid C_k) + P(P_i^r \mid C_k) = \\ &= S_i^m / S_k + S_i^r / S_k \end{aligned}$$

análogamente la responsabilidad global del parámetro P_j , condicionada a la ocurrencia de C_k , se formula en términos de probabilidad:

$$\begin{aligned}
 P(P_j^m \cup P_j^r | C_k) &= P(P_j^m | C_k) + P(P_j^r | C_k) = \\
 &= S_j^m / S_k + S_j^r / S_k.
 \end{aligned}$$

y para el parámetro incógnita x:

$$P(X | C_k) = S_x / S_k$$

Esto permite pasar del nivel de causas de accidente al de parámetros, cuantificando la relación causa - parámetros, estado; en términos de probabilidad, tal y como se muestra en la figura - 3.2. **E** aplicada al ejemplo que se está siguiendo:

c) Cuantificación parámetros, estado $\xrightarrow{\quad}$ causas.

Es el resultado de lo visto en los apartados a) y b) que se encuentra expresado gráficamente en la figura 3.2. **F**.

Con lo cual queda perfectamente cuantificada la fenomenología de las causas de accidente, según un esquema causal, en términos de probabilidad.

3.3. Matrices probabilísticas, Parámetro, estado y causa.

X Si se tiene un total de P_1, P_2, \dots, P_{I_i} parámetros (donde $P_{I_i} = a$ a la incógnita X), cada uno de los cuales puede tomar los estados bueno, regular y malo, o simplemente bueno, malo (estados de ausencia y presencia); y si tenemos un total de C_1, C_2, \dots, C_k causas de accidente. Entonces, efectuando un número suficientemente grandes de observaciones aleatorias en las explotaciones mineras, extrayendo aquéllas que verifiquen alguna o ambas de las siguientes condiciones:

- Al menos uno de los parámetros toma los estados regular o malo.
- Ha ocurrido al menos una causa de accidente.

Podemos formar el cuadro 3.3.1. con el resultado de las mismas.

La matriz probabilística A de M filas, resultantes de considerar cada parámetro con su estado (de forma que fila i corresponde al parámetro P_h en estado malo, por ejemplo); y de K columnas, tantas como causas de accidente; cuyos elementos se definen como:

$$a_{i,j} = S_{i,j} / F_i$$

CUADRO 3. 3. 1.

Parámetro	Estado	Nº fila	Veces en que es responsable de la ocurrencia de una causa de Accidente				Veces en que no lo es	Total
			C_1	C_2	.....	C_k		
P_1	M	1	$S_{1,1}$	$S_{1,2}$	.....	$S_{1,k}$	N_1	F_1
	R	2	$S_{2,1}$	$S_{2,2}$	.....	$S_{2,k}$	N_2	F_2
P_2	M	3	$S_{3,1}$	$S_{3,2}$	.....	$S_{3,k}$	N_3	F_3
	R	4	$S_{4,1}$	$S_{4,2}$	.....	$S_{4,k}$	N_4	F_4
$P_m = X$ P_{10}	M	M	$S_{m,1}$	$S_{m,2}$	.....	$S_{m,k}$	$N_{m,k}$	F_m
Total			S_1	S_2	.....	S_k	N	T

Es la matriz probabilística que cuantifica, en términos de probabilidad, la relación parámetro, estado - causa de accidente.

En efecto, si la fila i de la matriz A corresponde al parámetro P_h en estado malo, por ejemplo, entonces:

$$a_{i,j} = \sum_{i,j} / F_i = \text{probabilidad (causa } j \mid P_h^m \text{)}$$

Si se observa el estado de los parámetros en una explotación minera, podemos construir el vector P de longitud M poniendo un uno si el parámetro y estado correspondiente a esa fila coincide con el observado y un cero en caso contrario.

Entonces los elementos del vector C^1 de longitud K , definido como el producto matricial de P por A ($C^1 = P \times A$):

<i>matricial</i> C_1^1	P_1	a_{11}	a_{12}	a_{1k}
C_2^1	P_2	a_{21}	a_{22}	a_{2k}
C_k^1	P_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{mk}

Cuantifican en virtud de la independencia entre parámetros, estados y entre causas de accidente, la probabilidad de ocurrencia de las distintas causas de accidente de esa mina observada. Es decir:

$$\forall j = 1, K \quad C_j^1 = \text{Probabilidad (Causa } j \mid P \text{)}$$

matricial

de igual modo, si el vector P es el vector medio de las observaciones de los estados de los parámetros en una serie de explotaciones mineras correspondientes a un sector o a una provincia, por ejemplo. Entonces lo que ^{se obtiene} ~~observa~~ al multiplicar matricialmente P por A, serán las probabilidades de ocurrencia de las distintas causas de accidente para ese sector o provincia observado:

Luego la matriz A resulta ser la matriz probabilística que cuantifica la relación Parámetro, estado \rightarrow causa de accidente; cuyo esquema de causalidad se muestra en la figura 3.3.a.

Ahora bien, si se tienen los siguientes datos anuales:

M = población laboral de la minería.

N = Nº total de accidentes en minería.

el ratio N/M indica el número medio de accidentes anuales por trabajador.

Si el vector P observado corresponde a una población laboral M_1 , entonces los elementos del vector C definido como:

$$C = C' \times \frac{M_1}{M} \times N \Leftrightarrow \forall i=1, k \quad C_i = C'_i \times \frac{M_1}{M} \times N$$

representarán el número de ocurrencias medias más probables para cada causa de accidentes en el período de un año referidas a las minas que representa el vector P.

Por otra parte, volviendo a tomar como referencia el cuadro 3.3.1., la matriz A^x de k filas, tantas como causas de Accidente; y de m columnas, tantas como parámetros y estados; cuyos elementos se definen como:

$$a_{i,j}^x = S_{j,i} / S_i$$

es la matriz probabilística que cuantifica, en términos de probabilidad, la relación causa \rightarrow parámetro, estado.

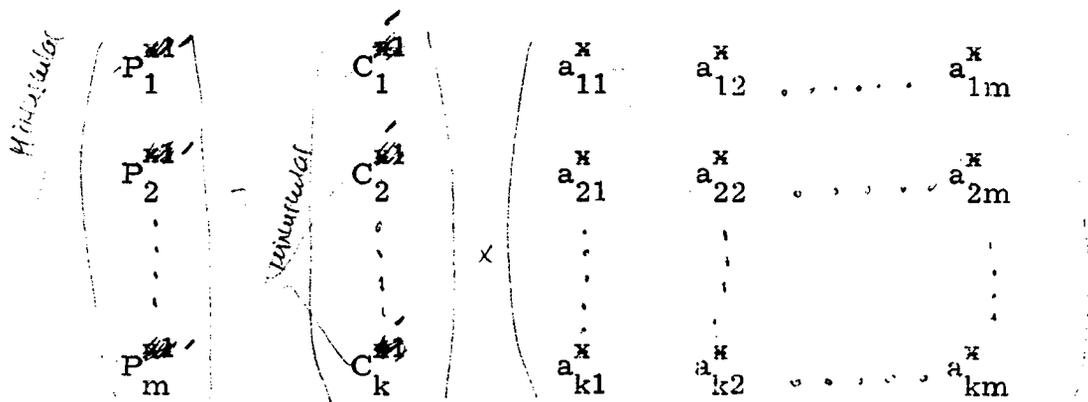
En efecto, si la columna j corresponde al parámetro P_g en estado regular, por ejemplo, entonces:

$$a_{i,j}^x = S_{j,i} / S_i = \text{probabilidad (rel. frecuencia } P_g^r \mid \text{ causa } i)$$

Si se observa una mina, o un sector o provincia, durante un período de terminado; se obtiene como resultado que han ocurrido N accidentes, - en donde N_1, N_2, \dots, N_k con el número de accidentes cuya causa es la 1, 2, \dots, k ($N_1 + N_2 + \dots + N_k = N$). Por tanto se puede construir el vector $C^{1'}$ de longitud k definido como:

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, k\} \quad C_i^{1'} = N_i / N$$

es decir, que los componentes del vector $C^{1'}$ son las frecuencias relativas en que ha ocurrido cada causa de accidente. Entonces los elementos del vector $P^{1'}$ de longitud m , definido como el producto matricial de $C^{1'}$ por A^x ($P^{1'} = C^{1'} \times A^x$):



X cuantificarán, en virtud de la independencia entre parámetros, estados y entre causas de Accidente, la probabilidad de que sean responsables los distintos parámetros ante la ocurrencia relativa de las causas de Accidente observadas en una mina, sector, o provincia. Es decir:

$$\forall i \in 1, \overset{m}{M} P_i = \text{probabilidad (parámetro, estado; } \overset{\text{mina}}{\text{causa}} \text{ posición } i | C^i)$$

en particular si la posición i corresponde al parámetro P_f en estado malo, y la $i + 1$ al mismo parámetro en estado regular; entonces:

$$\begin{aligned} P_i &= \text{probabilidad } (P_f^m | C^i) \\ P_{i+1} &= \text{probabilidad } (P_f^r | C^i) \\ P_i + P_{i+1} &= \text{probabilidad } (P_f = P_f^m \cup P_f^r | C^i) \end{aligned}$$

✓ luego la matriz A^x resulta ser la matriz probabilística que nos cuantifica la relación causa de Accidente \rightarrow parámetro, estado; cuyo esquema de causalidad se muestra en la figura 3.3.B.

3. 4. Fenomenología de las lesiones.

3. 4. 1. Análisis cualitativo

X Cuando ocurre una causa de Accidente, en la mayoría de los casos, una serie de trabajadores resultan lesionados, y esta lesión, evoluciona en forma definitiva hacia uno de los siguientes grupos definidos en la normativa vigente, de acuerdo con la O. ^T T.

- Mortal (M).
- Incapacidad permanente y absoluta para todo tipo de trabajo - (IPA).
- Incapacidad Permanente y total para la profesión habitual -- (IPT).
- Incapacidad parcial permanente para la profesional habitual (IPP).
- Incapacidad temporal (IT).

Por otra parte, a cada accidentado en particular se le pueden asignar - unas jornadas totales de baja como ^{cuna} ~~causa~~ de las transcurridas hasta la calificación definitiva de la lesión, más las de baremo en caso de que - proceda (estos baremos, ^{Tabular} en jornadas de baja, la muerte y las - diversas pérdidas corporales o funcionales, como consecuencia de la - lesión).

Esta fenomenología es describible en un esquema de causalidad, mediante el cual, las distintas causas de Accidente implican siempre las lesio-

nes arriba mencionadas, dependiendo dicha incidencia de cada causa de Accidente en particular, la cual queda perfectamente descrita mediante los siguientes cualificadores:

- Probabilidad de que se den cada una de las lesiones, condicionada a la ocurrencia de la causa de Accidente.
- Número de Accidentes medio más probable de cada una de las lesiones, condicionada a la ocurrencia de la causa de Accidente.
- Número de jornadas medias más probables de baja para cada una de las lesiones, condicionada a la ocurrencia de la causa de Accidente.

En la figura 3.4. se muestra el esquema de causalidad correspondiente a la relación causa Accidente — consecuencia de la lesión.

Cuando hay algún accidentado de cualquier tipo, presupone la existencia de alguna causa de accidente responsable de tal hecho. Estas responsabilidades de las causas de Accidente ante la ocurrencia de lesionados - queda perfectamente definida mediante los siguientes cualificadores:

- Probabilidad de que sean responsables cada causa de Accidente, - condicionada a:
 - . Existencia de algún accidentado según el tipo de lesión.
 - . Existencia de alguna jornada de baja, según el tipo de lesión.

- Número de ocurrencias de causas de accidente medias más probable, condicionada para cada tipo de consecuencia de lesión a la existencia de:
 - . un accidente.
 - . una jornada de baja.

En la figura 3.4. ^b se muestra el esquema de causalidad correspondiente a la relación consecuencia de lesión \longrightarrow causa accidente.

3.4.2. Análisis cuantitativo

Si se efectúa una serie de observaciones aleatorias de accidentes producidos en explotaciones mineras y se efectúa un seguimiento de cada accidentado; se puede formar el cuadro 3.4.1.

En donde:

- $M_{i,j}^m$ ($i \in 1, K; j \in 1, 5$) es el número de accidentados observados de causa de accidente C_i y de consecuencia de la lesión j .
- $J_{i,j}^{m, jornada}$ ($i \in 1, K; j \in 1, 5$) es el total de jornadas de baja de los $M_{i,j}$ accidentados.
- FN_i^k ($i \in 1, K$) es el total de accidentados observados de causa de accidente C_i .

- FJ_i ($i \in 1, \overset{k}{K}$) es el total de jornadas de baja de los FN_i accidentados.
- FA_i ($i \in 1, \overset{k}{K}$) es el total de accidentes registrados de causa C_i .
- CN_j ($j \in 1, 5$) es el total de accidentados registrados de consecuencia de lesión j .
- CJ_j ($j \in 1, 5$) es el total de jornadas de baja de los CM_j^N accidentados.
- TM es el total de accidentados de la observación aleatoria.
- TJ es el total de jornadas de baja de los TN accidentados.
- TA es el total de accidentes registrados.

A) Análisis cuantitativo causa accidente \rightarrow consecuencia de la lesión.

A. 1.) Matriz probabilística causa \rightarrow consecuencia lesión según accidentados. Se toma el cuadro 3. 4. 1. y se forma la matriz L de $\overset{k}{K}$ filas (tantas como causas de accidente), de 5 columnas (tantas como consecuencias de lesión), y cuyos elementos se definen como:

$$L_{i,j}^e = (M_{i,j}^m / FM_i)$$

Uji Baku Waduk 30.4.2010

↓ (Kontinuitas)

		M ₁	IPA ₂	IPT ₃	IPP ₄	IT ₅	Total file	
Causa C ₁	N ^o	M _{1,1}	M _{1,2}	M _{1,3}	M _{1,4}	M _{1,5}	FN ₁	FA ₁
	Dial Baga	J _{1,1}	J _{1,2}	J _{1,3}	J _{1,4}	J _{1,5}	FJ ₁	
Causa C ₂	N ^o	M _{2,1}	M _{2,2}	M _{2,3}	M _{2,4}	M _{2,5}	FN ₂	FA ₂
	Dial Baga	J _{2,1}	J _{2,2}	J _{2,3}	J _{2,4}	J _{2,5}	FJ ₂	
Causa C _k	N ^o	M _{k,1}	M _{k,2}	M _{k,3}	M _{k,4}	M _{k,5}	FN _k	FA _k
	Dial Baga	J _{k,1}	J _{k,2}	J _{k,3}	J _{k,4}	J _{k,5}	FJ _k	
Total Columma	N ^o ₁	CN ₁	CN ₂	CN ₃	CN ₄	CN ₅	TN	TA
	Dial Baga	CJ ₁	CJ ₂	CJ ₃	CJ ₄	CJ ₅	TJ	

3

CUADRO 3. 4. 1.

/		M 1	IPA 2	IPT 3	IPP 4	IT 5	Total fila	
Causa C_1	Nº	$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	$n_{1,3}$	$n_{1,4}$	$n_{1,5}$	FN_1	FA_1
	Días baja	$j_{1,1}$	$j_{1,2}$	$j_{1,3}$	$j_{1,4}$	$j_{1,5}$	FJ_1	
Causa C_2	Nº	$n_{2,1}$	$n_{2,2}$	$n_{2,3}$	$n_{2,4}$	$n_{2,5}$	FN_2	FA_2
	Días baja	$j_{2,1}$	$j_{2,2}$	$j_{2,3}$	$j_{2,4}$	$j_{2,5}$	FJ_2	
Causa C_k	Nº	$k_{k,1}$	$n_{k,2}$	$n_{k,3}$	$n_{k,4}$	$n_{k,5}$	FN_k	FA_k
	Días baja	$j_{k,1}$	$j_{k,2}$	$j_{k,3}$	$j_{k,4}$	$j_{k,5}$	FJ_k	
Total columna	Nº ₁	CN_1	CN_2	CN_3	CN_4	CN_5	TN	TA
	Días baja	CJ_1	CJ_2	CJ_3	CJ_4	CJ_5	TJ	

Cuando el nº de observaciones aleatorias es suficientemente grande, $\hat{L}_{i,j}$ tiende a la probabilidad de que se dé una consecuencia de lesión j , condicionada a la ocurrencia de la causa de accidente C_i , es decir:

$$\hat{L}_{i,j} = \overset{\text{probabilidad}}{\text{Pr}}(\text{consecuencia lesión } j | C_i).$$

A.2.) Matriz de correspondencia causa — j N° medio más probable accidentados según consecuencia lesión. Si de acuerdo con el cuadro 3.4.1., se forma la matriz M de k ~~filas~~ filas (tantas como causas de accidente), de 5 columnas (tantas como consecuencias de ~~lesión~~ lesión), y cuyos elementos se definen como:

$$M_{i,j} = N_{i,j}^n / FA_i$$

dichos elementos tienden a expresar el nº medio de accidentados más probables de consecuencia de lesión j , - condicionado a la ocurrencia de la causa de accidente C_i , es decir:

$$M_{i,j} = (\text{N° medio más probable accidentados tipo } j | C_i).$$

$M_{i,j}$ se puede expresar también como el producto de la probabilidad de ocurrencia de un accidente de tipo j , condicionada a la existencia de C_i ($\hat{L}_{i,j}$); por el nº medio de accidentados que proporciona la ocurrencia de causa

C_i (FN_i / FA_i), en efecto:

$$P(\text{Consecuencia lesión } j \mid C_i) = Q_{i,j} = N_{i,j} / FA_i$$

luego:

$$Q_{i,j} \times (FN_i / FA_i) = (N_{i,j} / FN_i) / (FN_i / FA_i) = N_{i,j} / FA_i = M_{i,j}.$$

A. 3.) Matriz probabilística causa \rightarrow Consecuencia lesión según jornadas de baja. De acuerdo 3.4.1. se forma la matriz B de K filas (tantas como causas de accidente), de 5 columnas (tantas como consecuencias de la lesión), y cuyos elementos se definen como:

$$b_{i,j} = J_{i,j} / FJ_i$$

dichos elementos tienden a expresar la probabilidad de tener días de baja en la consecuencia de lesión j , condicionada a la ocurrencia de la causa de accidente C_i . Es decir:

$$b_{i,j} = P(\text{días de baja en consecuencia lesión } j \mid C_i).$$

A. 4.) Matriz de correspondencia causa \rightarrow ^m No medio más probable de jornadas de baja. Según el cuadro 3.4.1., se forma la matriz D de ~~k~~ ^k filas (tantas como causas de accidente), de 5 columnas (tantas como consecuencias de lesión), y cuyos elementos se definen como:

$$d_{i,j} = \overset{j}{J}_{i,j} / FA_i$$

dichos elementos tienden a expresar el nº medio más probable de jornadas de baja para la consecuencia de lesión j, condicionado a la ocurrencia de la causa de accidente C_i . Es decir:

$$d_{i,j} = (\text{No medio más probable jornadas baja de consecuencia lesión } j \mid C_i).$$

$d_{i,j}$ se puede expresar también como el producto de la probabilidad de tener días de baja en la consecuencia de lesión j, condicionada a la ocurrencia de la causa de accidente C_i ($b_{i,j}$); por el nº medio de jornadas de baja que proporciona la ocurrencia de la causa de accidente C_i (FJ_i / FA_i). En efecto:

$$\begin{aligned} b_{i,j} \times (FJ_i / FA_i) &= (\overset{j}{J}_{i,j} / FJ_i) \times (FJ_i / FA_i) = \\ &= \overset{j}{J}_{i,j} / FA_i = d_{i,j}. \end{aligned}$$

A. 5.) Operación con las matrices probabilísticas. Causa accidente \rightarrow Consecuencia lesión.

Supóngase que se han observado, o calculado, o previsto una serie de causas de accidente, que se expresan, mediante el vector C de longitud k , en donde el elemento c_i es el nº de causas de accidente de tipo i observadas o calculadas.

Llámesese C' al vector C reducido a frecuencias relativas de causas de accidente, es decir:

$$c'_i = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^k c_i} \quad \forall i \in 1, k$$

Entonces los elementos del vector I' de longitud 5, definido como el producto matricial del vector C' por la matriz L ($I' = C' \times L$):

$$\begin{pmatrix} i'_1 \\ i'_2 \\ i'_3 \\ i'_4 \\ i'_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c'_1 \\ c'_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ c'_k \\ k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_{1,1} & \dots & l_{1,5} \\ \vdots & & \vdots \\ l_{k,1} & \dots & l_{k,5} \end{pmatrix}$$

Cuantifican, en virtud de la independencia entre causas de accidente, y entre consecuencias de la lesión; la -- probabilidad de ocurrencia de cada tipo de consecuencia de lesión condicionada a las causas relativas de accidente dadas. Es decir:

$$j = 1, 5 \quad i_j = P(\text{consecuencia lesión tipo } j | C')$$

Los elementos del vector I de longitud 5, definido como el producto matricial del vector C por la matriz M (I = C x M) :

$$\begin{array}{cccc}
 i_1 & C_1 & m_{1,1} & \dots & m_{1,5} \\
 i_2 & C_2 & & & \\
 i_3 & \cdot & & & \\
 i_4 & \cdot & & & \\
 i_5 & C_{Kk} & m_{k,1} & \dots & m_{k,5}
 \end{array}$$

Cuantifican el nº medio más probable de accidentados para cada consecuencia de lesión, condicionado al nº de causas dadas. Es decir:

$$j = 1, 5 \quad i_j = (\text{Nº medio accidentados consecuencia lesión tipo } j | C).$$

Ahora bien, puede demostrarse que no existe equivalencia sectorial entre el sector I' y el sector I reducido a frecuencias relativas. Es decir :

$$I' \neq I / \sum_{j=1}^5 i_j$$

o bien :

$$\exists j \in 1,5 / i'_j \neq i_j / \sum_{k=1}^5 i_k$$

a menos que se conserve para cada causa de accidente la relación entre nº total accidentados / Nº total de accidentes.

Es decir :

$$\forall i, j \in 1,5 / i \neq j \quad \frac{FN_i}{FA_i} = \frac{FN_j}{FA_j}$$

La explicación es que el sector I' refleja simple y llanamente la probabilidad de cada consecuencia de lesión, mientras que el sector I reducido a frecuencias relativas, refleja dicha probabilidad teniendo en cuenta la peligrosidad que lleva aparejada cada causa respecto a accidentados, y que se mide por el nº total de accidentados que producen por accidente dichas causas.

Para un análisis fenomenológico como este, interesa considerar ocurrencias concretas de accidentados. Por tanto, es de mayor interés el análisis que se desprende del sector

I que del I'.

Puede demostrarse además que si se constituye el vector -
C'' definido como :

$$i \in 1, K \quad C''_i = C_i \times \frac{FN_i}{FA_i}$$

cuyos elementos expresan el nº medio total más probable -
de accidentados según la ocurrencia de cada causa de acci-
dente, se verifica que :

$$C'' \times L = I = C \times M$$

Por otra parte, los elementos del vector J' de longitud -
5, definido como el producto matricial del vector C' por -
la matriz B (J' = C' x B).

$$\begin{array}{cccc}
 j'_1 & c_1 & b_{1,1} & b_{1,5} \\
 j'_2 & c_2 & & \\
 j'_3 & \cdot & & \\
 j'_4 & \cdot & & \\
 j'_5 & c_K & b_{K,1} & b_{K,5} \\
 & & \leftarrow & \leftarrow
 \end{array}$$

Cuantifican la probabilidad de que se den días de baja para cada consecuencia de lesión, condicionada a las causas relativas de accidente dadas. Es decir:

$$\forall i \in 1, 5 \quad j'_i = P(\text{días de baja en consecuencia lesión } i \mid C').$$

Los elementos del vector J de longitud 5, definido como el producto matricial del vector C por la matriz D ($J = (C \times D)$):

$$\begin{array}{cccc}
 j_1 & c_1 & d_{1,1} & d_{1,5} \\
 j_2 & c_2 & & \\
 j_3 & \cdot & & \\
 j_4 & \cdot & & \\
 j_5 & c_K & d_{K,1} & d_{K,5} \\
 & & \leftarrow & \leftarrow
 \end{array}$$

Cuantifican el nº medio más probable de días de baja para cada consecuencia de lesión, condicionado al nº

de causas dadas. Es decir:

$$j_i = (\text{N}^\circ \text{ medio días de baja consecuencia lesión } i \setminus C).$$

Análogamente, puede demostrarse que no existe equivalencia vectorial entre el vector J' y el vector J reducido a frecuencias relativas. Es decir :

$$J' \neq J / \sum_{i=1}^5 j_i$$

o bien :

$$\exists i \in 1,5 / j'_i \neq j_i / \sum_{k=1}^5 j_k$$

a menos que se conserve para cada causa de accidente la relación entre n° total de jornadas de baja / n° total de accidentes. Es decir :

$$\forall i, j \in 1,5 / i \neq j \quad \frac{FJ_i}{FA_i} = \frac{FJ_j}{FA_j}$$

La explicación es idéntica a la vista anteriormente para accidentados, y de igual forma si se constituye el vector C'' definido como :

$$\forall i \in 1,k \quad C''_i = C_i \times \frac{FJ_i}{FA_i}$$

cuyos elementos expresan el nº medio total más probable -
de jornadas de baja según la ocurrencia de cada causa de -
accidente, puede demostrarse que se verifica que :

$$C'' \times B = J = C \times D$$

B) Análisis cuantitativo consecuencia lesión → causa accidente.

B.1.) Matriz probabilística consecuencia lesión → causa accidente según accidentados. De acuerdo con el cuadro 3.4.1., se forma la matriz L^* de 5 filas (tantas como consecuencias de lesión), de K columnas (tantas como causas de accidente), y cuyos elementos se definen como:

$$l_{i,j}^* = n_{j,i} / CN_i$$

Cuando el nº de observaciones aleatorias es suficientemente grande $l_{i,j}^*$ tiende a cuantificar en términos de probabilidad la responsabilidad de la causa de accidente j , condicionada a la existencia de un accidentado de tipo i . Es decir:

$$l_{i,j}^* = P(\text{responsabilidad causa } j | \text{consecuencia lesión } i)$$

B.2.) Matriz probabilística consecuencia lesión → causa accidente según jornadas de baja. A partir del cuadro 3.4.1., se forma la matriz B^* de 5 filas (tantas como consecuencias de lesión), de K columnas (tantas como causas de accidente), y cuyos elementos se definen como:

$$b_{i,j}^* = j_{j,i} / CJ_i$$

dichos elementos, tienden a expresar la responsabilidad de cada causa de accidente en términos de probabilidad, condicionada a la existencia de jornadas de baja. Es decir,

$$b_{i,j}^* = P(\text{responsabilidad causa } j \mid \text{días de baja en consecuencia lesión } i).$$

B. 3.) Matriz de correspondencia consecuencia lesión \rightarrow nº medio más probable causa de accidente, según accidentados. Si es $l_{i,j}^* = P(C_j \mid \text{consecuencia lesión } i)$ la probabilidad de que sea la causa C_j responsable de una consecuencia de lesión de tipo i , y si es R_j el -- ratio entre el total de accidentes de causa j y el total de accidentados por dicha causa ($R_j = \text{nº de accidentes } j / \text{accidentados por causa } j$).

El siguiente producto nos indicará el nº medio más -- probable de causas de tipo j responsables de la ocurrencia de un accidentado de tipo i :

$$\begin{aligned} & (\text{Nº medio causas } C_j \mid \text{consecuencia lesión } i) = \\ & = l_{i,j}^* \times R_j \end{aligned}$$

Por otra parte, de acuerdo con el cuadro 3.4.1.

$$\forall j \in 1, \overset{k}{K} \quad R_j = FA_j / FN_j$$

luego se puede construir la matriz M^* de 5 filas (tantas como consecuencias de lesión), de K columnas (tantas como causas de accidente), y cuyos elementos (de acuerdo con el apartado B.1. en el que se describe la matriz L^* y el cuadro 3.4.1.) se definen como:

$$m_{i,j}^* = l_{i,j}^* \times (FA_j / FN_j)$$

dichos elementos, tienden a expresar el nº medio más probable de causas de accidente condicionado a la ocurrencia de un accidentado.

En efecto, puede demostrarse, de acuerdo con el cuadro 3.4.1., que:

$\left. \begin{array}{l} CN_1 \\ CN_2 \\ CN_3 \\ CN_4 \\ CN_5 \end{array} \right\}$	$m_{1,1}^*$	$m_{1,K}^*$	FA_1
	⋮	⋮	FA_2
	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮
	$m_{5,1}^*$	$m_{5,K}^*$	FA_K

B.4.) Matriz de correspondencia consecuencia lesión \rightarrow nº medio más probable causas de accidente, según jornadas de baja. Haciendo un razonamiento análogo al del apartado B.3., y de acuerdo con la definición de la matriz B^* (apartado B.2.) y el cuadro 3.4.1.; se puede cons-

truir la matriz D^* de 5 filas (tantas como consecuencias de lesión) y K columnas (tantas como causas de accidente), y cuyos elementos se definen como:

$$d_{i,j}^* = b_{i,j}^* \times (FA_j / FJ_j)$$

dichos elementos, tienden a expresar el número más probable de causas de accidente, condicionado a la ocurrencia de días de baja.

En efecto, puede demostrarse, de acuerdo con el cuadro 3.4.1., que:

CJ ₁	$d_{1,1}^*$	...	$d_{1,K}^*$	=	FA ₁
CJ ₂	:		:		FA ₂
CJ ₃	:		:		:
CJ ₄	:		:		:
CJ ₅	$d_{5,1}^*$	...	$d_{5,K}^*$	=	FA _K

B.5.) Operación con las matrices probabilísticas consecuencia lesión \rightarrow Causa de accidente, según accidentados.

Supóngase que se han observado, o calculado, o previsto, una serie de accidentados a lo largo de un determinado período. Estos datos se expresan mediante el --

vector I de longitud 5, en donde el elemento i_1 indica el nº de accidentados de tipo i que se han observado u obtenido.

Llámesese I' al vector I reducido a frecuencias relativas de tipos de accidentados, es decir:

$$i'_i = i_i / \sum_{j=1}^5 i_j$$

41015

Entonces, los elementos del vector C^* definido como el producto matricial del vector I' por la matriz L^* ($C^* = I' \times L^*$) :

$$\begin{array}{c}
 c_1^* \\
 c_2^* \\
 c_3^* \\
 c_4^* \\
 c_K^*
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 i'_1 \\
 i'_2 \\
 i'_3 \\
 i'_4 \\
 i'_5
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 l_{1,1}^* \dots l_{1,K}^* \\
) \\
) \\
) \\
 l_{5,1}^* \dots l_{5,K}^*
 \end{array}$$

Cuantifican, en virtud de la independencia entre causas de accidentes y entre consecuencias de lesión; la probabilidad de que sea responsable cada causa de accidente, condicionada a las consecuencias relativas de lesión dadas. Es decir:

$$\forall i \in 1, K \quad C'_i = p(\text{responsabilidad causa } i \mid I)$$

Por otra parte, los elementos del vector C de longitud k , definido como el producto matricial del vector I por la matriz M^* ($C = I \times M^*$) :

$$\begin{array}{cccc}
 c_1 & i_1 & m_{1,1}^* & m_{1,K}^* \\
 c_2 & i_2 & & \\
 \cdot & i_3 & & \\
 \cdot & i_4 & & \\
 c_{K \times} & i_5 & m_{5,1}^* & m_{5,K}^*
 \end{array}$$

Cuantifican el N° medio más probable de ocurrencias de causas de accidente, condicionado a las consecuencias de lesiones dadas.

$$\forall i \in 1, K \quad c_i = \left(N^{\circ} \text{ medio más probable de ocurrencias de causa de accidente } i \mid I \right)$$

Ahora bien, no se verifica la equivalencia entre el vector C^* y el vector C reducido a frecuencias relativas, para un mismo vector de accidentados I .

Es decir que:

$$C^* \neq C / \sum_{i=1}^K c_i = C'$$

Que es lo que esto significa?. Para dilucidar esta cuestión imagínese dos causas concretas de accidente, por ejemplo, caídas de altura y hundimientos.

Supóngase que ambas causas sean equiparables para simplificar. La primera suele causar un accidentado generalmente, mortal; La segunda en cambio, suele causar varios accidentados también generalmente mortales.

Si se trata de averiguar las responsabilidades de estas dos causas respecto a la existencia de un accidente mortal, se encuentra lo siguiente:

- Haciendo el análisis de responsabilidades por medio de la matriz L^* , ésta indicará que la probabilidad mayor debe atribuirse a la causa hundimientos.

- Haciendo el análisis de responsabilidades por medio de la matriz M^* y pasando el resultado a frecuencias relativas, ésta indicará que la probabilidad mayor debe atribuirse a la causa caídas de altura, o en todo caso, a ambas por igual (si solo se producen muertes y ambas con equiprobables, la probabilidad de responsabilidad sería de un 50% para ambas).

Esta disparidad en los resultados se debe a que la responsabilidad inferida en términos de probabilidad con la matriz L^* se refiere a la peligrosidad de las causas. Mientras que la responsabilidad inferida en términos de frecuencias relativas con la matriz M^* se refiere a la probabilidad de ocurrencia física y real de las causas.

Puede comprobarse que esta conclusión es válida para el caso general que se está planteando, con lo cual queda respondida la cuestión del significado.

La segunda cuestión que inmediatamente se plantea es la siguiente: con cual de las estimaciones de responsabilidades en las causas es la correcta? .

Si lo que se pretende es cuantificar las relaciones causa efecto dentro de un modelo de causalidad, tal y como lo es éste; entonces la única estimación válida es la que nos proporciona la matriz M^* . Si además, se pretende tomar decisiones en este modelo, acerca de cuales son las causas sobre las cuales es necesario incidir y en que medida, para reducir la accidentabilidad; entonces se necesitan ambas estimaciones conjuntamente para poder cuantificar la ocurrencia de las causas y para valorar las alternativas de decisión.

B. 6.) Operación con las matrices probabilísticas consecuencia lesión — Causas de accidente, según jornadas de baja.

Supóngase que se han observado, o calculado, o previsto, una serie de jornadas de baja según tipos de accidentes a lo largo de un determinado período. Estos datos se expresan mediante el vector J de longitud 5, - en donde el elemento j_i indica el nº de jornadas de baja que se ha observado u obtenido, para el tipo de consecuencia de lesión i.

Llámesese J' al vector J reducido a frecuencias relativas de jornadas de baja, es decir:

$$J'_i = J_i / \sum_{j=1}^5 J_j$$

Entonces, los elementos del vector C^* definido como el producto matricial del vector J' por la matriz B^* ($C^* = J' \times B^*$):

$$\begin{array}{c}
 c_1^* \\
 c_2^* \\
 c_3^* \\
 \vdots \\
 c_K^*
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 J'_1 \\
 J'_2 \\
 J'_3 \\
 J'_4 \\
 J'_5
 \end{array}
 \begin{array}{cc}
 b_{1,1}^* & b_{1,K}^* \\
 \vdots & \vdots \\
 b_{5,1}^* & b_{5,K}^*
 \end{array}$$

Cuantifican la probabilidad de que las diversas causas de accidente sean responsables, condicionada a las jornadas de baja relativas dada para cada tipo de consecuencia de lesión. Es decir, :

$$\forall i \in 1, K \quad c_i = p(\text{responsabilidad causa } i \mid J)$$

Por otra parte, los elementos del vector C de longitud k, definido como el producto matricial del vector J por la matriz D* (C = J x D*).

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ c_{K_k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_{1,1}^* & \dots & d_{1,K}^* \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ d_{5,1}^* & \dots & d_{5,K}^* \end{pmatrix}$$

Cuantifican el nº medio más probable de ocurrencias de causa de accidente, condicionado a las jornadas de baja dadas para cada tipo de consecuencia de lesión. Es decir:

$$\forall i \in 1, K \quad c_i = (\text{nº medio más probable de ocurrencias de causa de accidente } i \mid J)$$

Tampoco en este caso, se verifica la equivalencia entre el vector C^* y el vector C reducido a frecuencias relativas, para un ~~nuevo~~ vector de jornadas de baja J .

El significado es análogo al ya explicado en el apartado B. 5., es decir: la responsabilidad inferida en términos de probabilidad con la matriz B^* se refiere a la peligrosidad de las causas; mientras que la responsabilidad inferida en términos de frecuencias relativas con la matriz D^* se refiere a la probabilidad de ocurrencia física y -- real de las causas.

Por lo tanto, para cuantificar las relaciones causales consecuencia de lesión -- + causa accidente, según jornadas de baja, se utilizará la estimación que nos proporciona la matriz D^* ; mientras que para valorar las alternativas de decisión se utilizaran ambas estimaciones (matriz B^* y D^*).

3.5. Criterios valorativos

En este punto se va a analizar y a introducir en el modelo de causalidad parámetros causas consecuencias de lesión; consecuencias de lesión causas parámetros. Los criterios en base a los cuales se decidirá que son:

- La peligrosidad máxima admisible.
- Decisión de alternativas en la corrección de causas de accidente.

3.5.1. Peligrosidad máxima admisible

Es necesario tener una referencia para comparar y medir la peligrosidad resultante de una observación de la realidad, o estimada por el modelo.

Parece lo más adecuado que ésta referencia sea homogénea en cuanto a sus componentes (para poder efectuar operaciones entre ellos) y que además sean dichos componentes, en cuanto a unidad de valor, independientes del tiempo con objeto de evitar los problemas de actualización económica que se derivan.

En este particular, las jornadas de baja como unidad de valor que no depende del tiempo, resulta ser la más adecuada.

Si establecemos para cada tipo de consecuencia de lesión (M, IPA, IPT, IPP, IT) un límite máximo de jornadas de baja, tenemos ya una referencia homogénea e independiente del tiempo.

Pero esto no es suficiente, es necesario referir necesariamente estos valores a un período de tiempo y a una población laboral para ajustarlos al espacio-tiempo, ya que dependen tanto del tiempo como de la población laboral, el que dichos valores sean unos u otros.

Intuitivamente se percibe que no es lo mismo analizar la peligrosidad en base a los datos recogidos en un año que en diez, por lo tanto dependen del tiempo; como tampoco es lo mismo analizar la peligrosidad en base a datos recogidos en una provincia que en la totalidad del país, luego dependen de la población laboral.

✓ Se establecerá como período de referencia el año de 365 días y como población laboral de referencia la media anual de trabajadores en la minería referida a la totalidad del país. Bien es verdad que respecto a ésta última referencia se puede llegar a un mayor desglose por provincias, ^{su} instancias explotadas, tipo de minería (interior y exterior), método de explotación, etc. Pero esto conduciría necesariamente a una ^x sofisticación compleja del modelo al tener que elaborar tantos ^x modelos de causalidad como provincias, ^{su} instancias, etc; con lo cual se pierde generalización y visión de conjunto, amén de llegar en algunos casos de desglose a no poseer [✓] insuficientes datos reales anuales sobre accidentabilidad que hagan fiable la aplicación del modelo probabilístico resultante.

Ahora bien, para establecer un criterio valorativo sobre la peligrosidad máxima admisible que permita decidir sobre los accidentes ocurridos si estos son o no peligrosos de acuerdo con la experiencia, la población laboral debe restringirse a la población laboral directamente expuesta al riesgo; es decir, a la población laboral de aquellos establecimientos en los que ha ocurrido un accidente. La razón es que si se considera la totalidad de la población laboral minera, cualquier accidente ocurrido, por ínfimo que fuera, sería catalogado necesariamente como peligroso; cuando el objetivo propuesto, es el de seleccionar de los accidentes ocurridos aquellos de mayor magnitud, con objeto de efectuar sobre ellos una actuación eficaz.

Se denominará al vector J_a , al vector cuyos elementos j_i^a , $i \in 1, 5_j$ representan el total de jornadas de baja registradas en el año a para la consecuencia de lesión i , llámese N_a a la población laboral media anual correspondiente al año a para la totalidad de la minería del país de aquellos establecimientos en los que ha ocurrido un accidente.

Los elementos del vector PJ_a definido como la división del vector J_a por el escalar N_a

$$\forall i \in 1,5 \quad p_{j_i}^a = J_i^a / N_a$$

representan el índice correspondiente al máximo de jornadas de baja permisibles a cada trabajador de la minería ^{inmediatamente expuesto a trabajos de riesgo} a lo largo de un año para cada consecuencia de lesión i .

Este vector PJ_a va a representar pues la peligrosidad máxima admisible refer^{ido}ente a jornadas de baja para cada consecuencia de lesión en el año a .

Como la aplicación del modelo debe tener un carácter predictivo en el tiempo como nota esencial, y como además las observaciones de la realidad se efectuarán normalmente en años en los cuales no se conocen todos los datos necesarios para construir el vector PJ_a , -- amén de ser engorroso de manejar múltiples vectores PJ_a obtenidos como datos de observación directa, uso para cada año. Se construirá el vector PJ_y (dependiente de y) de manera que al dar a y el valor a , PJ_a represente la peligrosidad máxima admisible en el año a .

Para ello se hará lo siguiente; a partir de unos datos históricos, se calculará un PJ_y , que dé como ^(a máxima) mínimo un 80% de correlación con dichos datos históricos. Tema que se desarrolla en los puntos 4 y 5.

Si mediante observación o mediante estimación del modelo se obtiene un vector J de jornadas de baja al analizar una serie de minas que suponen una población laboral N_p , a lo largo de un período T medido en días, el vector JP definido como:

$$JP = J \times (365 / (N_p \times T)) \quad \text{si } i \in 1, 5 \quad JP_i = J_i \times 365 / (N_p \times T)$$

Si esta observación o estimación se ha efectuado en el año a, entonces se compara el vector JP con el PJ_a . Dicha comparación se efectúa como *desviación* elemento a elemento respecto a PJ_a en %, es decir:

Alm. calculo
Edn

$$\frac{JP_i - PJ_{ji}}{PJ_{ji}} \times 100 = \frac{J_{Pi} - P_{ji}}{P_{ji}} = \text{índice de peligrosidad para la consecuencia de lesión } i, \text{ respecto a jornadas de baja.}$$

Cuando alguna de estas desviaciones sea positiva, hay que considerar que esas minas son peligrosas respecto a jornadas de baja, porque producen una accidentabilidad mayor que la límite para aquellas consecuencias de lesión en la cual dicha desviación es positiva.

✓ Pero sería injusto y científicamente censurable si se utilizará sólo esta *media* para cuantificar la peligrosidad respecto a jornadas de baja, aunque se deba actuar para *conseguir* dichas desviaciones. Por ello es necesario establecer otro índice que se llamará de gravedad y que se define como la desviación relativa respecto al módulo de ambos vectores.

$$G_j = \frac{\|JP\| - \|PJ_a\|}{\|PJ_a\|} \times 100 =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^5 (JP_i)^2 - \sum_{i=1}^5 (PJ_i^a)^2}{\sum_{i=1}^5 (PJ_i^a)^2} \times 100$$

Este índice G_j está midiendo en que cantidad en % está desviando la totalidad del vector JP respecto a la totalidad del vector PJ_a y por tanto, matiza la gravedad de la peligrosidad.

Los criterios de actuación concretos en base a los índices de peligrosidad y al índice de gravedad, es materia propia de la administración y caen por tanto fuera del ámbito de este estudio.

Hasta aquí se ha analizado la peligrosidad referida a jornadas de Baja según consecuencias de lesión. Pero cabe preguntarse si esta medida es suficiente como para controlar las desviaciones que puedan producirse respecto al número de accidentados y número de causas de accidente, que son también otras posibles formas de referenciar la peligrosidad.

La respuesta es no. Es decir, que la peligrosidad referida a número de jornadas de baja no controla las desviaciones respecto al número de accidentados y respecto a número de causas de accidente, máxime cuando los vectores I y C son resultado de observación directa.

Para consolidar esta aseveración, imagínese que se han observado una serie de minas y que se han obtenido como fruto de dicha observación los vectores C, I y J. Supóngase que no existe desviación positiva de peligrosidad para el vector J de jornadas de baja. Puede darse sin embargo el caso de que por diversos motivos tales como mayor protección individual, mejora de la asistencia sanitaria, etc., se produzca un elevado número de accidentados, sin que se refleje necesariamente esta desviación de peligrosidad en jornadas de baja, por reducirse sensiblemente el número medio de jornadas de baja por accidentado, a causa de los motivos anteriormente citados. Esta suposición es bastante clara y puede darse en la realidad sobre todo en las incapacidades transitorias (IT), aunque no tanto para el resto (M, IPA, IPT e IPP). De igual manera, puede darse el caso de tener pocas ocurrencias de una causa de accidente peligrosa, y tener un excesivo nº de otra menos peligrosa.

Luego las desviaciones de peligrosidad que puedan producirse en nº de accidentados y en ocurrencias de causas de accidente no tiene por qué reflejarse necesariamente en desviaciones respecto a jornadas de baja.

Análogamente a como se vió para jornadas de baja, se pueden construir los vectores PI_y y PC_y (dependientes de y) que nos indican para $y = a$ las ocurrencias máximas admisibles por trabajador de la minería, directamente expuesto al riesgo de accidentados según consecuencias de lesión, y de causas de accidente para el año a respectivamente. De la construcción de estos vectores se probará en los puntos 4 y 5.

Si mediante observación o estimación, se obtienen los vectores C de ocurrencias de causas de accidente e I de nº de accidentados según consecuencias de lesión, al analizar una serie de minas durante un período t medido en días y abarcando una población laboral N_p . se pueden construir los vectores CP e IP definidos como :

$$CP = C \times \left(\frac{365}{N_p \times t} \right) \iff \forall i \in 1, k \quad cp_i = c_i \times \frac{365}{N_p \times t}$$

$$IP = I \times \left(\frac{365}{N_p \times t} \right) \iff \forall j \in 1, 5 \quad ip_j = i_j \times \frac{365}{N_p \times t}$$

Si esta observación se ha llevado a cabo en el año a, entonces para es timar la peligrosidad referente a causas de accidente y a número de - accidentados, se comparan respectivamente los vectores CP y PC_a ; - IP y PI_a . Dicha comparación se lleva a cabo como desviaciones ele mento a elemento expresadas en %:

$$\text{desviación causa de accidente } i = \delta c_i = \frac{cp_i - pc_i^a}{pc_i^a} \times 100 =$$

índice de peligrosidad para la causa de accidente i.

desviación accidentados consecuencia lesión j =

$$- \delta i_j = \frac{ip_j - pi_j^a}{pi_j^a} \times 100$$

= índice de peligrosidad para la consecuencia de lesión j respecto a número de accidentados.

Cuando algunas de estas desviaciones sea positiva, hay que considerar peligrosas a estas minas respecto a la causa de accidente o tipo de accidentado, para la cual dicha desviación es positiva.

Asimismo se definen los índices de gravedad para causas de accidente y accidentados:

$$G_c = \frac{\|CP\| - \|PC_a\|}{\|PC_a\|} \times 100 =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^k (CP_i)^2 - \sum_{i=1}^k (PC_i^a)^2}{\sum_{i=1}^k (PC_i^a)^2}$$

$$G_f = \frac{\|IP\| - \|PI_a\|}{\|PI_a\|} \times 100 =$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^5 (iP_j)^2 - \sum_{j=1}^5 (Pi_j^a)^2}{\sum_{j=1}^5 (Pi_j^a)^2} \times 100$$

por otra parte observese que para el año a:

$$R_a = \sum_{i=1}^k PC_i^a$$

Representa el ratio número de accidentes totales/población laboral. Este ratio se utilizaba en el punto 3.3. para calcular las ocurrencias medias más probables de causas de accidente, a partir de las probabilidades de ocurrencia estimadas por el modelo junto con la población laboral de las minas observadas o estimadas.

3.5.2. Decisión de alternativas en la corrección de accidente.

Si mediante el modelo se ha estimado el vector C^x de longitud k (tantas como causas de accidente) por medio de la matriz L^x (utilizando como dato nº de accidentados para cada consecuencia de lesión expresados en frecuencias relativas) o por medio de la matriz B^x (utilizando como dato nº de jornadas de baja expresadas en frecuencias relativas para cada consecuencia de lesión); y de análoga forma, se ha estimado el vector C por medio de la matriz M^x o por medio de la matriz D^x (según que el dato sea nº de accidentados o jornadas de baja); como ya se vió en el punto 2.4.2. ^{al} apartado B.5. El vector C^x indica la peligrosidad de las causas, mientras que el vector C indica la ocurrencia más probable de cada causa.

Para juzgar cual de las causas es la más prioritaria de corregir, es necesario llegar a una estimación que tenga en cuenta tanto la peligrosidad de la causa como su ocurrencia. Esta estimación se llamará - peligrosidad real (vector PR) y se definirá como:

$$\forall i \in 1, K \quad (pr)_i = C_i^x \times C_i$$

Handwritten note: *Handwritten*

que representa el producto de la peligrosidad intrínseca de la causa por su ocurrencia.

El criterio que aquí se sigue es el siguiente: Deberán actuarse preferentemente en reducir las ocurrencias de aquellas causas de Accidente que tengan mayor peligrosidad real.

Es decir, ordenando de mayor a menor las causas según su peligrosidad real, se obtiene una ordenación prioritaria de mayor a menor de las causas a corregir

3.6. Resumen de la notación utilizada en el Modelo.

Se parte de:

- 1 parámetros, que desarrollados según sus posibles estados dan un total de m elementos.
- K causas de accidente.
- 5 consecuencias de lesión (M, IPA, IPT, IPP, IT).
- Los cuadros 3.3.1. y 3.4.1., fundamentales para la construcción de las matrices probabilísticas y de correspondencia.

Resumen de la notación:

- A matriz probabilística de $m \times K$ que relaciona parámetros \rightarrow causas. Referencias : punto 3.3.
- A^* Matriz probabilística de $K \times m$ que relaciona causas \rightarrow parámetros. Referencias : punto 3.3.
- B Matriz probabilística de $K \times 5$ que relaciona causas \rightarrow consecuencia de lesión, según jornadas de baja. Referencias : puntos 3.4.2. - A.3., 2.4.3.-A.5.
- B^* Matriz probabilística de $5 \times K$ que cuantifica la peligrosidad de las causas en la relación consecuencia le

sión de causas, según jornadas de baja. Referencias: puntos 3.4.2.-B.2., 3.4.2.-B.5., 3.5.2.

- C Vector de longitud K que cuantifica el nº de ocurrencias de cada causa de accidente. Referencias: puntos 3.3., 3.4.2.-A.5., 3.4.2.-B.5., 3.4.2.-B.6., 3.5.2.
- C' Vector de longitud K que cuantifica en términos de probabilidad, la ocurrencia de cada causa de accidente. Referencias: puntos 3.3., 3.4.2.-A.5., 3.4.2.-B.5.
- C* Vector de longitud K que cuantifica en términos de probabilidad, la peligrosidad intrínseca de cada causa de accidente. Referencias: puntos 3.4.2.-B.5., 3.4.2.-B.6., 3.5.2.
- CP Vector de longitud K que mide la peligrosidad respecto a causas de accidente de una observación o estimación. Referencias: punto 3.5.1.
- D Matriz de $K \times 5$ que hace corresponder a una serie de ocurrencias de causas de accidente el nº medio de jornadas de baja más probables para cada tipo de consecuencia de lesión. Referencias: puntos 3.4.2.-A.4., --- 3.4.2.-A.5.
- D* Matriz de $5 \times K$ que hace corresponder a una serie

de días de baja, según consecuencias de lesión, el nº medio más probable de ocurrencias de causas de accidente. Referencias: puntos 3.4.2.-B.4., 3.4.2.-B.6.-3.5.2.

- ΔC Vector de longitud k que mide el índice de peligrosidad en % respecto a cada causa de accidente. Referencias: punto 3.5.1.
- ΔI Vector de longitud 5 que mide el índice de peligrosidad en % respecto a accidentados, según consecuencias de lesión. Referencias: punto 3.5.1.
- ΔJ Vector de longitud 5 que mide el índice de peligrosidad en %, respecto a jornadas de baja, según consecuencias de lesión.. Referencias: punto 3.5.1.
- g_c índice de gravedad en % para causas de accidente. Referencias: punto 3.5.1.
- g_i índice de gravedad en % para accidentados. Referencias: punto 3.5.1.
- g_j índice de gravedad en % para jornadas de baja. Referencias: punto 3.5.1.
- I Vector de longitud 5 que cuantifica el nº medio más pro

bable de accidentados para cada consecuencia de lesión.
Referencias: puntos 3.4.2.-A.5., 3.4.2.-B.5.

- I' Vector de longitud 5 que cuantifica la probabilidad de cada consecuencia de lesión, según accidentados. Referencias: puntos 3.4.2.-A.5., 3.4.2.-B.5.
- IP Vector de longitud 5 que cuantifica la peligrosidad de una observación o estimación, respecto a accidentados. Referencias: punto 3.5.1.
- J Vector de longitud 5 que cuantifica el nº medio más probable de jornadas de baja, según consecuencias de lesión. Referencias: punto 3.4.2.-A.5., 3.4.2.-B.6., 3.5.1.
- J' Vector de longitud 5 que cuantifica la probabilidad de cada consecuencia de lesión según jornadas de baja. Referencias: puntos 3.4.2.-A.5., 3.4.2.-B.6.
- JP Vector de longitud 5 que cuantifica la peligrosidad de cada consecuencia de lesión, de una observación o estimación respecto a jornadas de baja. Referencias: punto 3.5.1.
- L Matriz probabilística de $K \times 5$ que relaciona causas  consecuencia de lesión, según accidentados. Referencias: puntos 3.4.2.-A.1., 3.4.2.-A.5.

- L^* Matriz probabilística de $5 \times K$ que cuantifica la peligrosidad de las causas en la relación consecuencia lesión — causas, según accidentados. Referencias: puntos 3.4.2.-B.1., 3.4.2.-B.5.
- M Matriz de $K \times 5$ que hace corresponder a una serie de ocurrencias de causas de accidente, el nº medio más probable de accidentados para cada tipo de consecuencia de lesión. Referencias: puntos 3.4.2.-A.2., 3.4.2.-A.5.
- M^* Matriz de $5 \times K$ que hace corresponder a una serie de accidentados según consecuencia de lesión, el nº medio más probable de ocurrencias de las diversas causas de accidente. Referencias: puntos 3.4.2.-B.2., 3.4.2.-B.5.
- P Vector de longitud m que cuantifica el estado de los parámetros de una o varias observaciones. Referencias: Punto 3.3.
- P' Vector de longitud m que cuantifica la probabilidad de responsabilidad de los parámetros. Referencias: punto 3.3.
- PC_y Vector de longitud K que cuantifica la peligrosidad máxima admisible para el año y , respecto a causas de acci-

dente. Referencias: punto 3.5.1.

- PI_y Vector de longitud 5 que cuantifica para el año y, la peligrosidad máxima admisible según accidentados. Referencias: Punto 3.5.1.
- PJ_y Vector de longitud 5 que cuantifica la peligrosidad máxima admisible en el año y, respecto a jornadas de baja. Referencias: punto 3.5.1.
- PR Vector de longitud K que cuantifica la peligrosidad real de las causas de accidente. Referencias: punto 3.5.2.
- R_y Ratio nº accidentes/población laboral para el año y, referente al total minería. Referencias: punto 3.5.1.

3.7. Operación del modelo en modo de prevención

✓ En el modo de prevención, los datos de partida son ^{más} más observaciones o estimaciones de los parámetros de una mina o una serie de ellas; y se pretende averiguar su peligrosidad y las responsabilidades de los parámetros en la misma.

Supongáse el caso de una observación directa de n minas, abarcando un total de N_p trabajadores, y referida al año a .

✓ Sean P_1, P_2, \dots, P_n los vectores de longitud m que expresan la medición de los parámetros de cada mina observada.

1^{er.} paso

✓ Se forma el vector P ^{RESUMIDO} número de las observaciones efectuadas, definido como:

✗
$$P = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / n$$
 es decir, el vector media aritmética de dichas observaciones.

2º Paso

Se multiplica matricialmente el vector P por la matriz A de $m \times k$ dimensiones con lo cual se obtiene el vector C' de longitud k , cuyos elementos indican la probabilidad de ocurrencia de las distintas causas de accidente.

✓
$$C' = P \times A$$

3^{er.} paso

Dependiendo del año sobre el cual ^{se desea} queremos hacer la previsión, se calcula el ratio N^o accidentes/población laboral correspondiente a este año (a).

$$PC_y \rightarrow PC_a$$

$$y \rightarrow a$$

$$R_a = \frac{k}{\sum_{i=1}^k PC_i^a}$$

4^o Paso

Se multiplica escalarmente el vector $C^{1'}$ por el escalar $R_a \times N_p$ para hallar el vector C que indica el N^o medio más probable de ocurrencias de causas de Accidente para el período de un año.

$$C = C^{1'} \times R_a \times N_p$$

5^o Paso

Se multiplica vectorialmente el vector C de longitud k por la matriz M de k x 5 dimensiones, para hallar el vector I que cuantifica el número medio más probable de accidentados para cada consecuencia de lesión.

$$I = C \times M$$

6º Paso

Se multiplica vectorialmente el vector C por la matriz D de $k \times 5$ dimensiones, para hallar el vector J que cuantifica el N° medio más probable de jornadas de baja para cada consecuencia de lesión.

$$J = C \times D$$

ANALISIS DE PELIGROSIDAD SEGUN JORNADAS DE BAJA

7º Paso.

Se divide el vector J por la población laboral que comprende la observación (N_p), para obtener el vector JP:

$$J/N_p = JP$$

que cuantifica la peligrosidad referida a jornadas de baja.

8º Paso

Se hallar el vector PJ_a que cuantifica la peligrosidad máxima admisible, respecto a jornadas de baja para el año a:

$$PJ_y \quad \text{---} \quad PJ_a$$
$$y \quad \text{---} \quad a$$

9º Paso

Se compara el vector JP con el vector PJ_a, para hallar la matriz ΔJ que cuantifica el índice de peligrosidad, referido a jornadas de baja en %:

$$J_i = \frac{JP_i - PJ_a}{PJ_i} \times 100$$

Handwritten notes: "4 i = 1,5" and "8" are written near the equation. There are also some faint scribbles above the equation.

10º Paso

Si ninguno de los elementos de la matriz ΔJ es positivo mayor que cero se dirá que esas minas observadas se encuentran dentro de la peligrosidad máxima admisible respecto a jornadas de baja.

Si al menos uno de dichos elementos es positivo mayor que cero, entonces existe un exceso de peligrosidad respecto a jornadas de baja, en las consecuencias de ~~lesión~~ para las cuales dichos elementos son positivos mayores que cero.

11º Paso

Se calcula el índice de gravedad G_j en %:

$$G_j = \frac{\sum_{i=1}^5 (JP_i)^2 - \sum_{i=1}^5 (PJ_i)^2}{\sum_{i=1}^5 (PJ_i)^2} \times 100$$

Handwritten notes: "Bajar. Mal..." and "Todo con..." are written below the equation.

12º Paso

Se calcula C^x que indica la peligrosidad intrínseca de las causas para el vector J según las siguientes etapas:

$$J^{i'} = J / \sum_{i=1}^5 J_i$$

13º Paso

Se calcula el vector PR que indica la peligrosidad real de las causas como producto de la ocurrencia por su peligrosidad intrínseca respecto a jornadas de baja.

$$i \in 1, k \quad pr_i = C_i \times C_i^x$$

14º Paso

Se calcula el vector $P^{i'}$ que indica la responsabilidad de cada parámetro en la peligrosidad real de las causas tomadas en su totalidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$C^{i'} = PR / \sum_{i=1}^k Pr_i$$

$$P^{i'} = C^{i'} \times A^x$$

15º Paso

Se calcula el vector DJ que indica las jornadas de baja correspondientes a aquellas consecuencias de lesión que sobrepasan su correspondiente peligrosidad máxima admisible, a partir de los siguientes estadillos:

$$H \quad i \in 1, 5 \quad \overset{\text{peligrosidad}}{+} \quad DJ_i^x = \begin{cases} 0 & \text{si } JP_i \leq PJ_i^a \\ JP_i - PJ_i^a & \text{si } JP_i > PJ_i^a \end{cases}$$
$$DJ = DJ^x \times \overset{N}{H}_p$$

este paso y siguientes hasta el 19 inclusive, no tiene sentido si no hay exceso de peligrosidad respecto a jornadas de baja

16º Paso

Se calcula el vector DC que indica el Nº medio de ocurrencias de causas de Accidente que son responsables del exceso de dicha peligrosidad:

$$DC = DJ \times D^x$$

17º Paso

Se calcula el vector DC^x que indica la peligrosidad intrínseca de las

causas responsables del exceso de accidentabilidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$DJ^{i'} = DJ / \sum_{i=1}^5 dj_i$$

$$DC^x = DJ^{i'} \times B^x$$

18º Paso

Se calcula el vector DPR que indica la peligrosidad real de las causas que producen el exceso de Accidentabilidad:

separar por causa

$$\forall i \in 1, k \quad dpr_i = dc_i \times dc_i^{k*}$$

19º Paso

Se calcula el vector DP^{i'} que indica la responsabilidad de cada parámetro en la peligrosidad real de las causas que provocan el exceso de accidentabilidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$DC^{i'} = DPR / \sum_{i=1}^k dpr_i$$

$$DP^{i'} = DC^{i'} \times A^x$$

Nota

A la vista de los resultados obtenidos referentes a \hat{A}_j , \hat{G}_j , $P^{i'}$ y $DP^{i'}$ se tienen unos criterios para poder actuar.

Se recuerda que el vector P^4 representa la responsabilidad de los parámetros en la Peligrosidad total referida a consecuencias de lesión, por tanto es válido en cuanto a una medida global de reducción de la accidentabilidad; en tanto que el vector DP^4 representa la responsabilidad de los parámetros de la peligrosidad en exceso y por tanto es válido:

- ^{ano} ~~Para~~ tomar medidas encaminadas a conseguir este exceso de peligrosidad.
- Para seleccionar dentro de una medida global de reducción de la accidentabilidad, los más urgentes (aunque no coincidan con los de mayor importancia).

ANALISIS DE PELIGROSIDAD SEGUN ACCIDENTADOS

20º Paso

Se divide el vector I por la población laboral que comprende la observación (M_p), para obtener el vector IP :

$$IP = I / M_p$$

que cuantifica la peligrosidad referida a accidentados.

21º Paso

Se halla el vector PI_a que cuantifica la peligrosidad máxima admisible, respecto a accidentados, para el año a:

$$PI_y \rightarrow PI_a$$
$$y \rightarrow a$$

22º Paso

Se compara el vector IP con el vector PI_a , para hallar la matriz ΔAI que cuantifica el índice de peligrosidad en %, referido a accidentados:

$$\forall j \in 1,5 \quad \delta_{ij} = \frac{iP_j - PI_j^a}{PI_j^a} \times 100$$

23º Paso

Si ninguno de los elementos de la matriz ΔAI es positivo mayor que cero, se dirá que esas minas observadas se encuentran dentro de la peligrosidad máxima admisible respecto a accidentados.

Si al menos uno de dichos elementos es positivo mayor que cero, entonces existe un exceso de peligrosidad respecto a accidentados, en las consecuencias de lesión para las cuales dichos elementos son positivos mayores que cero.

24º Paso

Se calcula el índice de gravedad G_i en %:

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^5 (iP_j)^2 - \sum_{j=1}^5 (Pi_j^a)^2}{\sum_{j=1}^5 (Pi_j^a)^2} \times 100$$

25º Paso

Se calcula el nuevo C^x que indica la peligrosidad intrínseca de las causas para el vector I, según las siguientes etapas:

$$I^x = I / \sum_{j=1}^5 i_j$$

$$C^x = I^x \times M^x$$

26º Paso

Se calcula de nuevo el vector PR que indica la peligrosidad real de las causas como producto de la ocurrencia por su peligrosidad intrínseca respecto a accidentados:

$$pr_i = C_i \times C_i^x$$

27º Paso

Se calcula de nuevo el vector P^i , que indica la responsabilidad de cada parámetro en la peligrosidad real de las causas tomadas en su totalidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$C^i = PR / \sum_{i=1}^k pr_i$$

$$P^i = C^i \times A^x$$

28º Paso

Se calcula el vector DI que indica el número de accidentados correspondiente a aquellas consecuencias de lesión que sobrepasen su correspondiente peligrosidad máxima admisible a partir de los siguientes estadillos:

$$\forall j \in 1,5 \quad di_j^x = \begin{cases} 0 & \text{si } i_j^x \leq P_j^a \\ i_j^x - P_j^a & \text{si } i_j^x > P_j^a \end{cases}$$

$$DI = DI^x \times M_p N_p$$

este paso y siguientes hasta el 32 inclusive, no tienen sentido si no hay exceso de peligrosidad respecto a accidentados.

29º Paso

Se calcula el vector DC que indica el número medio de ocurrencias de causas de accidente que son responsables del exceso de dicha peligrosidad:

$$DC = DI \times M^x$$

30º Paso

Se calcula el vector DC^x que indica la peligrosidad intrínseca de las causas responsables del exceso de accidentabilidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$DI^x = DI / \sum_{j=1}^5 di_j$$

$$DC^x = DI^x \times L^x$$

31º Paso

Se calcula el vector DPR que indica la peligrosidad real de las causas que producen el exceso de accidentabilidad:

separación por causa

$$i) i \in 1, k | d_{pr_i} = dc_i \times dc_i^{k-k}$$

32º Paso

Se calcula de nuevo el vector $DP^{i'}$, que indica la responsabilidad de cada parámetro en la peligrosidad real de las causas que provocan el exceso de accidentabilidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$DC^{i'} = DPR / \sum_{i=1}^k dpr_i$$

$$DP^{i'} = DC^{i'} \times A^{\pi}$$

Nota:

Los resultados que se obtienen en esta segunda parte son de análisis de peligrosidad respecto a accidentes: ΔAI , G_i , $P^{i'}$, $DP^{i'}$. Por tanto estos últimos ($P^{i'}$ y $DP^{i'}$) son en esencia *distintos* a los hallados en la primera parte (aunque los valores lleguen a coincidir) ya que aquél se refería a la peligrosidad respecto a jornadas de baja.

Por lo demás para la interpretación de estos resultados *vale* lo indicado en la nota de la primera parte.

ANALISIS DE PELIGROSIDAD SEGUN CAUSAS

33º Paso

Se calcula el vector CP, que cuantifica la peligrosidad de la observación respecto a causas de accidente:

$$CP = C / NP$$

34º Paso

Se halla el vector PC_a que cuantifica la peligrosidad máxima admisible respecto a causas de accidente, para el año a.

$$PC_y \rightarrow PC_a$$
$$y \rightarrow a$$

35º Paso

Se compara el vector CP con el vector PC_a , para hallar la matriz ΔAC que cuantifica el índice de peligrosidad para cada causa de accidente en %.

$$\forall i \in 1, k \quad c_i = \frac{CP_i - PC_i^a}{PC_i^a} \times 100$$

MINUSCULAS

36º Paso

Si ninguno de los elementos de la matriz ΔAC es positivo mayor que cero, se dirá que esas minas observadas se encuentran dentro de la peligrosidad máxima admisible respecto a causas de accidente.

Si al menos uno de dichos elementos es positivo mayor que cero, entonces existe un exceso de peligrosidad respecto a causas de accidente.

37º Paso

Se calcula el índice de gravedad g_c en %.

$$g_c = \frac{\sum_{i=1}^k (CP_i)^2 - \sum_{i=1}^k (PC_i^a)^2}{\sum_{i=1}^k (PC_i^a)^2}$$

38º Paso

Se calcula el vector $P^{i'}$ que indica la responsabilidad de cada parámetro en la ocurrencia de las tomadas en su totalidad, a partir de los siguientes estadillos:

$$C^{i'} = C / \sum_{i=1}^k C_i$$

$$P^{i'} = C^{i'} \times A^x$$

39º Paso

Se calcula el vector DC que indica el número de causas de accidente que sobrepasan su correspondiente peligrosidad límite a partir de los siguientes estadillos:

$$\forall i \in 1, k \quad dc_i^x = \begin{cases} 0 & \text{si } CP_i < PC_i^a \\ CP_i - PC_i^a & \text{si } CP_i > PC_i^a \end{cases}$$

$$DC = DC^x \times N_p$$

Nº causas

este paso y siguientes hasta el final no tienen sentido si no hay exceso de peligrosidad respecto a causas de accidente.

40º Paso

Se calcula el vector $DP^{1'}$ que indica la responsabilidad de cada parámetro en la peligrosidad real de las causas que provocan el exceso de causas de accidente, a partir de los siguientes estadillos:

$$DC^{1'} = DC / \sum_{i=1}^k d c_i$$

$$DP^{1'} = DC^{1'} \times A^x$$

41º Paso

Fin operacional del Modelo.

Se pasa a procesar nuevos datos.

Nota:

Los resultados que se obtienen en esta tercera parte son de análisis de peligrosidad respecto a ocurrencias de causas de accidente:

$$\Delta AC, g_c, P^{1'}, DP^{1'}$$

y para su interpretación vale lo dicho en la nota de la 1ª parte.

3.8. Operación del modelo en modo corrección

En modo corrección, son 6 los posibles tipos de datos de partida:

- a) Observación o estimación del número de causas de accidente. Vector C de longitud k
- b) Observación o estimación de número de accidentados según consecuencias de lesión. Vector I de longitud 5.
- c) Observación o estimación de números de jornadas de baja según consecuencias de lesión. Vector J de longitud 5.
- d) Observación o estimación del total de accidentes. Número N_e .
- e) Observación o estimación del total de accidentados. Número N_a .
- f) Observación o estimación del total de días de baja. Número N_b .

unidos a un período de tiempo t, es decir, dentro del año a; y referido a una población laboral de N_p trabajadores.

Cuando se tiene sólo uno de estos datos, hay que efectuar los siguientes cálculos previos según los apartados anteriores:

$$\begin{aligned} - a) \quad I &= C \times M \\ J &= C \times D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - b) \quad C &= I \times M^x \\ J &= C \times D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - c) \quad C &= J \times D^x \\ I &= C \times M \end{aligned}$$

- d) Hay que recurrir al siguiente artilugio para hallar las frecuencias relativas en que se dan las distintas causas de accidente en el año a:

$$PC_y \xrightarrow{\quad} PC_a$$

$$y \xrightarrow{\quad} a$$

$$C^{i'} = PC_a / \sum_{i=1}^k PC_i^a$$

a partir de aquí se calcula:

$$C = C^{i'} \times M_c^N$$

$$I = C \times M$$

$$J = C \times D$$

- e) Se recurre al siguiente artilugio para hallar las frecuencias relativas en que se dan los accidentados, según consecuencias de lesión, en el año a:

$$PI_y \longrightarrow PI_a$$

$$y \longrightarrow a$$

$$I^{a'} = PI_a / \sum_{j=1}^{*5} PI_j^a$$

manuscript

a partir de aquí se calcula:

$$I = I^{a'} \times N_a$$

$$C = I \times M^x$$

$$J = C \times D$$

- f) Se recurre al siguiente artilugio para hallar las frecuencias relativas en que se dan las jornadas de baja, según consecuencia de lesión, en el año a:

$$PJ_y \longrightarrow PJ_a$$

$$y \longrightarrow a$$

$$J^{a'} = PJ_a / \sum_{i=1}^5 PJ_i^a$$

manuscript

a partir de aquí se calcula:

$$J = J^{a'} \times N_b$$

$$C = J \times D^x$$

$$I = C \times M$$

Cuando se introducen en el Modelo varios o todos los datos anteriores, el Modelo tiene por criterio utilizar ^{los} dichos datos en él introducidos como base operacional para todos sus cálculos, y sólo calculará aquellos que no se le hayan suministrado. La escala de valores - que utilizará es, según un orden de mayor a menos fiabilidad:

- Vector C
- Vector ~~I~~ F
- Vector ~~J~~ I
- Número N_c
- Número N_{ba}
- Número N_{ab}

Cuando el modelo calcula uno de los vectores C, J, I y se ha introducido como dato alguno de los números N_a , N_b , N_a , el criterio seguido por el Modelo es el de considerar como vector verdadero el resultante de multiplicar el número N_c , N_b , N_a por los correspondientes - vectores calculados, expresados en frecuencias relativas.

($C^{1'}$, $J^{1'}$, $I^{1'}$). Ejemplo: Supóngase que se ~~suministra~~ al Modelo los ~~Da-~~tos del vector C y los números N_b , N_a . Entonces:

- Cálculo del vector verdadero J.

$$J = C \times D$$

vector J calculado

$$J^{1'} = J / \sum_{i=1}^5 J_i$$

vector J a frecuencias relativas.

$$J = J^{1'} \times N_b$$

vector J verdadero.

- Cálculo del vector verdadero I

$$I = C \times M \quad \text{vector I calculado}$$

$$I' = I / \sum_{j=1}^5 i_j \quad \text{vector I a frecuencias relativas.}$$

$$I = I' \times N_a \quad \text{vector I verdadero.}$$

Una vez efectuados los cálculos previos destinados a calcular los vectores C, J e I, se siguen los mismos pasos ya explicados en el punto anterior (2.7.) con las siguientes salvedades:

- comienza a partir del 79 paso inclusive.
- el escalar N_p que aparece en los pasos 7, 15, 20, 28, 33 y 39 queda sustituido por el escalar $(N_p \times t) / 365$ a todos los efectos de cálculo.
- cuando el modelo opere sobre agrupaciones obtenidas del archivo mecanizado, sólo ofrecerá resultados para aquellas agrupaciones que sobrepasen la peligrosidad límite - tanto referida a jornadas de baja, accidentados, como a causas de accidente (listado por excepción).

Para efectuar dichas agrupaciones, se ejecutará un programa previo de extracción, clasificación y compactación de la información; el cual, calculará, además de los vectores P, C, I y J, los escalones ^o N_p , t y a, para cada agrupación obtenida.

4
§. ANÁLISIS HISTÓRICO.

Se parte de la base de que el total de accidentes ocurridos en la Minería puede dividirse en dos grupos, de acuerdo con la Legislación vigente :

- a) Accidentes que por sus consecuencias se recogen en el parte de accidentes. Estos accidentes son los que se califican como graves y producen accidentados de todos los tipos (M, IPA, IPT, IPP, IT).
- b) Accidentes que no se recogen en el parte de accidentes. Estos accidentes son los que se califican como leves y producen accidentados mayoritariamente del tipo incapacidad laboral transitoria (IT) con una media de unos 22 días de baja.

El análisis histórico se centra primordialmente en los accidentes recogidos en el grupo a) , y se divide en dos partes :

- Análisis histórico enfocado a los datos necesarios para el modelo matemático. Se han computado para este análisis los datos de partes de accidente de los años 1972, 1973 y 1974.
- Análisis histórico enfocado a otros datos de interés. Se han computado para este análisis los datos de partes de accidente desde 1966 hasta 1974, ambos inclusive.

Como dato adicional a estos análisis históricos, se ha computado la población laboral minera de esos años (1966-1974) desglosada por tipo de minería (carbones, minería metálica, minería no metálica y rocas).

En el Anexo A 1 se encuentran recogidos los listados correspondientes al análisis histórico 1972-1974, en el Anexo A 2 se encuentran recogidos los listados correspondientes al análisis histórico 1966-1974, y en el Anexo A 3 la evolución de la población laboral minera en donde se ha computado solamente las personas realmente expuestas a riesgo de accidente (se han suprimido las personas administrativas y de dirección).

4.1

~~5.1~~. Datos necesarios para el modelo matemático.

En primer lugar es necesario hallar las matrices probabilísticas y de correspondencia que describen la fenomenología causa accidente \rightleftarrows consecuencia de lesión.

Para ello, previamente hay que formar el cuadro de observaciones - (Ver cuadro 3.4.1.), dicho cuadro es el 5.1.a. y se muestra a continuación.

Este cuadro se ha formado a partir de todas las observaciones recogidas en los años 1972, 1973 y 1974 según la estadística causa - incapacidad que se encuentra en la página 13 del listado recogido en el - Anexo A 1. Se observa que en dicho listado existen una serie de accidentados, a los que no se ha podido asignar consecuencia de lesión ni días de baja por no encontrarse recogidos ni en el I. N. P. ni en el Servicio Social de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

El criterio seguido es de asignarlos a Incapacidad Transitoria (puesto que si alguno de ellos fuera de mayor gravedad debería estar recogido en alguno de los archivos antes mencionados) con 22 jornadas de baja que resulta ser la media aproximada de los heridos leves, de los accidentes referentes a minería no recogidos en los partes de accidente.

El cuadro de observaciones se ha hecho para causas globales ya que no existe suficiente información como para ~~hsvrt~~ fiable el análisis - en base a causas desglosadas.

CUADRO 5.1.a.

CUADRO OBSERVACIONES AÑOS 1972, 1973 y 1974

	1 M		2 IPA		3 IPT		4 IPP		5 IT		TOTAL		
	Ados	Jornadas	Ados	Jornadas	Ados	Jornadas	Ados	Jornadas	Ados	Jornadas	Ados	Jornadas	Ates
1. Caídas de objetos	8	48.000	1	6.000	8	36.547	2	9.166	25	9.577	44	109.290	41
2. Caídas de obreros	28	168.400	3	19.096	2	9.000	1	4.500	24	7.886	58	208.882	52
3. Desprendimientos	153	918.211	13	80.152	23	110.512	4	18.479	107	41.972	300	1.169.326	246
4. Explosiones	5	30.000			1	4.986			8	159	14	35.145	2
5. Incendios	3	18.004			1	4.500			5	88	9	22.592	5
6. Explosivos	12	72.000	5	30.000	1	4.699	2	9.000	19	5.040	39	120.739	29
7. Electricidad	12	72.000	1	6.000					3	3.081	16	81.081	14
8. Manejo o utilización de máquinas	21	126.000	4	24.129	8	36.545			33	15.090	66	201.773	52
9. Medios de transporte	79	474.347	5	31.003	32	148.915	2	7.500	98	41.481	216	703.246	198
10. Manejo de herramientas o útiles	2	12.000			1	4.638			13	8.935	16	25.573	16
11. Sustancias peligrosas	6	36.000							3	66	9	36.066	6
12. Otras causas	4	24.000			2	9.000	1	4.539	3	66	10	37.605	8
TOTAL	333	1.998.962	32	196.380	79	369.342	12	53.184	341	133.450	797	2.751.318	669

4.1.1. Cálculo matrices probabilísticas y de correspondencia.

A partir del cuadro 5.1.a se obtienen las siguientes matrices :

- Cuadro 5.1.b. Matriz probabilística,
Causa \longrightarrow consecuencia lesión según accidentados (Matriz L).
- Cuadro 5.1.c. Matriz probabilística,
Causa \longrightarrow Consecuencia lesión, según jornadas de baja (Matriz B).
- Cuadro 5.1.d. Matriz de correspondencia,
Causa \longrightarrow Nº medio más probable de accidentados (Matriz M).
- Cuadro 5.1.e. Matriz de correspondencia,
Causa \longrightarrow Nº medio más probable de jornadas de baja (Matriz D).
- Cuadro 5.1.f. Matriz probabilística,
Consecuencia lesión \longrightarrow Causas, según accidentados (Matriz L^{*}).
- Cuadro 5.1.g. Matriz probabilística,
Consecuencia lesión \longrightarrow Causas, según jornadas de baja (Matriz B^{*}).

- Cuadro 5.1.h. Matriz de correspondencia,
Consecuencia de lesión \longrightarrow N^o medio más probable ocurrencia causas de accidente, según accidentados (Matriz M^{*}).

- Cuadro 5.1.i. Matriz de correspondencia,
Consecuencia de lesión \longrightarrow N^o medio más probable ocurrencia causas de accidente, según jornadas de baja (Matriz D^{*}).

CUADRO 5.1.b.

MATRIZ PROBABILISTICA CAUSA → CONSECUENCIA LESION, SEGUN ACCIDENTADOS.

<u>MATRIZ L.</u>	1 M	2 IP A	3 IPT	4 IPP	5 IT
1. Caídas de objetos	0,1818	0,0227	0,1818	0,0455	0,5682
2. Caídas de obreros	0,4828	0,0517	0,0345	0,0172	0,4138
3. Desprendimientos	0,5100	0,0433	0,0767	0,0133	0,3567
4. Explosiones	0,3572	0,-	0,0714	0,-	0,5714
5. Incendios	0,3333	0,-	0,1111	0,-	0,5556
6. Explosivos	0,3077	0,1282	0,0256	0,0513	0,4872
7. Electricidad	0,7500	0,0625	0,-	0,-	0,1875
8. Manejo o utilización de máquinas	0,3182	0,0606	0,1212	0,-	0,5000
9. Medios de transporte	0,3657	0,0231	0,1481	0,0093	0,4538
10. Manejo de herramientas o útiles	0,01250	0,-	0,0625	0,-	0,8125
11. Sustancias peligrosas	0,6667	0,-	0,-	0,-	0,3333
12. Otras causas	0,4000	0,-	0,2000	0,1000	0,3000
MEDIA	0,4178	0,0402	0,0991	0,0150	0,4279

CUADRO 5.1. c.MATRIZ PROBABILISTICA CAUSA → CONSECUENCIA LESION, SEGUN JORNADAS DE BAJA.MATRIZ B

	1 M	2 IPA	3 IPT	4 IPP	5 IT
1. Caídas de objetos	0,4392	0,0549	0,3344	0,0839	0,0876
2. Caídas de obreros	0,8062	0,0914	0,0431	0,0215	0,0378
3. Desprendimientos	0,7852	0,0686	0,0945	0,0158	0,0359
5 4. Explosiones	0,8536	0,-	0,1419	0,-	0,0045
7 5. Incendios	0,7969	0,-	0,1992	0,-	0,0039
6. Explosivos	0,5964	0,2485	0,0389	0,0745	0,0417
7. Electricidad	0,8880	0,0740	0,-	0,-	0,0380
7 8. Manejo o utilización de máquinas	0,6245	0,1196	0,1811	0,-	0,0748
20 9. Medios de transporte	0,6745	0,0440	0,2118	0,0107	0,0590
5 10. Manejo de herramientas o útiles	0,4692	0,-	0,1814	0,-	0,3494
11. Sustancias peligrosas	0,9982	0,-	0,-	0,-	0,0018
12. Otras causas	0,6382	0,-	0,2393	0,1207	0,0018
MEDIA	0,7265	0,0715	0,1342	0,0193	0,0485

CUADRO 5. 1. d.

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA CAUSA → Nº MEDIO MAS PROBABLE DE ACCIDENTADOS

MATRIZ M.

	1 M	2 IPA	3 IPT	4 IPP	5 IT	TOTAL
1. Caídas de objetos	0,1951	0,0244	0,1951	0,0488	0,6098	1,0732
2. Caídas de obreros	0,5385	0,0577	0,0385	0,0192	0,4615	0,1154
3. Desprendimientos	0,6220	0,0528	0,0935	0,0163	0,4350	1,2195
4. Explosiones	2,5000	0,-	0,5000	0,-	4,0000	7,0000
5. Incendios	0,6000	0,-	0,2000	0,-	1,0000	1,8000
6. Explosivos	0,4138	0,1724	0,0345	0,0690	0,6552	1,3448
7. Electricidad	0,8571	0,0714	0,-	0,-	0,2143	1,1429
8. Manejo o utilización de máquinas	0,4038	0,0769	0,1538	0,-	0,6346	1,2692
9. Medios de transporte	0,3990	0,0253	0,1616	0,0101	0,4949	1,0909
10. Manejo de herramientas o útiles	0,1250	0,-	0,0625	0,-	0,8125	1,0000
11. Sustancias peligrosas	1,0000	0,-	0,-	0,-	0,5000	1,5000
12. Otras causas	0,5000	0,-	0,2500	0,1250	0,3750	1,2500
MEDIA	0,4976	0,0478	0,1181	0,0179	0,5097	1,1913

CUADRO 5.1.e.

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA CAUSA → Nº MEDIO MAS PROBABLE DE JORNADAS DE BAJA

MATRIZ D.

	1 M	2 IPA	3 IPT	4 IPP	5 IT	TOTAL
1. Caídas de objetos	1.170,73	146,34	891,37	223,56	233,59	2.665,81
2. Caídas de obreros	3.238,46	367,23	173,08	86,54	151,65	4.016,96
3. Desprendimientos	3.732,57	325,82	449,24	75,12	170,62	4.753,37
4. Explosiones	15.000,00	0,-	2.493,00	0,-	79,50	17.572,50
5. Incendios	3.600,80	0,-	900,00	0,-	17,6	4.518,40
6. Explosivos	3.482,76	1.034,48	162,03	310,34	173,79	4.163,41
7. Electricidad	5.142,86	428,57	0,-	0,-	220,07	5.791,50
8. Manejo o utilización de máquinas	2.423,08	464,02	702,79	0,-	290,37	3.880,25
9. Medios de transporte	2.395,69	156,58	752,10	37,88	209,50	3.551,75
10. Manejo de herramientas o útiles	750,00	0,-	289,88	0,-	558,44	1.598,31
11. Sustancias peligrosas	6.000	0,-	0,-	0,-	11	6.011,00
12. Otras causas	3.000	0,-	1.125,00	567,38	8,25	4.700,63
MEDIA	2.987,99	293,54	552,08	79,50	199,48	4.112,59

CUADRO 5.1.f.

MATRIZ PROBABILISTICA CONSECUCENCIA LESION → CAUSAS, SEGUN ACCIDENTADOS.

MATRIZ L*

		Caídas objetos 1	Caídas de obrerros 2	Despren- dimien- tos 3	Explo- siones 4 5	Incendios 6 7	Explosi- vos 8	Electri- cidad 9 10	Manejo o utiliza- ción de máquinas. 11	Medios de transporte 12	Manejo de herra- mientas o útiles 13	Sustan- cias pe- ligrosas 14	Otras causas 15
M	1	0,0240	0,0841	0,4596	0,0150	0,0090	0,0360	0,0360	0,0631	0,2372	0,0060	0,0180	0,0120
IPA	2	0,0313	0,0938	0,4062	0, --	0, --	0,1562	0,0313	0,1250	0,1562	0, --	0, --	0, --
IPT	3	0,1012	0,0253	0,2911	0,0127	0,0127	0,0127	0, --	0,1012	0,4051	0,0127	0, --	0,0253
IPP	4	0,1667	0,0833	0,3333	0, --	0, --	0,1667	0, --	0, --	0,1667	0, --	0, --	0,0833
IT	5	0,0733	0,0704	0,3137	0,0235	0,0147	0,0557	0,0088	0,0968	0,2874	0,0381	0,0088	0,0088
MEDIA		0,0552	0,0728	0,03764	0,0176	0,0113	0,0489	0,0201	0,0828	0,2710	0,0201	0,0113	0,0125

CUADRO 5.1.g.

MATRIZ B*

MATRIZ PROBABILISTICA CONSECUENCIA LESION → CAUSAS, SEGUN JORNADAS DE BAJA.

		Caídas objetos 1	Caídas de obrerros 2	Despren- dimien- tos 3	Explo- siones 4	Incendios 5	Explosi- vos 6	Electri- cidad 7	Manejo o utiliza- ción de máquinas 8	Medios de transporte 9	Manejo de herra- mientas o útiles 10	Sustan- cias pe- ligrosas 11	Otras causas 12
M	1	0,0240	0,0842	0,4594	0,0150	0,0090	0,0360	0,0360	0,0630	0,2374	0,0060	0,0180	0,0120
IPA	2	0,0306	0,0972	0,4080	0, -	0, --	0,1528	0,0306	0,1229	0,1579	0, -	0, -	0, -
IPT	3	0,0990	0,0244	0,2992	0,0135	0,0122	0,0127	0, -	0,0989	0,4031	0,0126	0, -	0,0244
IPP	4	0,1723	0,0846	0,3476	0, -	0, -	0,1692	0, -	0, -	0,1410	0, -	0, -	0,0853
IT	5	0,0725	0,0591	0,3146	0,0012	0,0007	0,0378	0,0231	0,1131	0,3109	0,0670	0,0005	0,0005
MEDIA		0,0397	0,0759	0,4250	0,4250	0,0082	0,9439	0,0295	0,0733	0,2556	0,0093	0,0131	0,0137

CUADRO 5.1.h.

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA CONSECUENCIA LESION → N° MEDIO MAS

PROBABLE OCURRENCIA CAUSAS DE ACCIDENTE, SEGUN ACCIDENTADOS:

MATRIZ M*

		Caídas objetos 1	Caídas de obreros 2	Despreñ- dimien- tos 3	Explo- siones 4	Incendios 5	Explosi- vos 6	Electri- cidad 7	Manejo o utiliza- ción de máquinas 8	Medios de transporte 9	Manejo de herra- mientas o útiles 10	Sustan- cias pe- ligrosas 11	Otras causas 12
M	1	0,0224	0,0754	0,3768	0,0021	0,0050	0,0268	0,0315	0,0497	0,2175	0,0060	0,0120	0,0096
IPA	2	0,0291	0,0841	0,3331	0, -	0, -	0,1162	0,0273	0,0985	0,1432	0, --	0, -	0, -
IPT	3	0,0944	0,0227	0,2387	0,0018	0,0070	0,0094	0, -	0,0798	0,3713	0,0127	0, -	0,0203
IPP	4	0,1553	0,0747	0,2733	0, -	0, -	0,1239	0, -	0, -	0,1528	0, --	0, -	0,0667
IT	5	0,0683	0,0631	0,2573	0,0034	0,0081	0,0414	0,0077	0,0762	0,2634	0,0381	0,0059	0,0070
MEDIA		0,0514	0,0652	0,3087	0,0025	0,0063	0,0364	0,0176	0,0652	0,2484	0,0201	0,0075	0,0100

CUADRO 5.1.i.

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA CONSECUENCIA LESION → Nº MEDIO MAS PROBABLE OCURRENCIA CAUSAS DE ACCIDENTES, SEGUN JORNADAS DE BAJA . -

MATRIZ D*

		Caídas objetos 1	Caídas de obrerros 2	Despren- dimien- tos 3	Explo- siones 4	Incendios 5	Explosi- vos 6	Electri- cidad 7	Manejo o utiliza- ción de máquinas 8	Medios de transporte 9	Manejo de herra- mientas o útiles 10	Sustan- cias pe- ligrosas 11	Otras causas 12
M	1	9,01	20,97	114,35	0,85	1,99	8,65	6,22	16,24	66,81	3,76	3,00	2,55
IPA	2	11,46	24,21	101,61	0,-	0,-	36,69	5,28	31,67	44,45	0,-	0,-	0,-
IPT	3	37,12	6,07	74,49	0,77	2,70	3,06	0,-	25,50	113,52	7,86	0,-	5,18
IPP	4	64,66	21,06	86,50	0,-	0,-	40,65	0,-	0,-	39,70	0,-	0,-	18,16
IT	5	26,92	14,71	78,30	0,07	0,15	9,07	3,99	29,16	87,51	41,89	0,08	0,11
MEDIA		14,90	18,90	89,41	0,73	1,82	10,54	5,09	18,90	71,97	5,82	2,18	2,91

Nota : Los elementos de la matriz se encuentran multiplicados por 10⁶.

5. ENCUESTA A ESPECIALISTAS.

Tras consultar a expertos en análisis de accidentes, y analizar la diversa información que sobre el tema "condiciones peligrosas" - parámetros - existe en el mundo, se elaboró la siguiente encuesta que trataba de recoger la experiencia subjetiva que varios especialistas del país tenían sobre la influencia que determinados parámetros técnicos tenían sobre las causas productoras de accidentes. En el fondo lo que se trataba era de "recoger" los datos existentes en el "archivo mental" - de cada especialista, ya que no existe hasta la fecha ningún archivo físico que pueda servir de base para suministrar estos datos.

La encuesta que se pasó a estos especialistas fue la siguiente :

DATOS RELACIONADOS CON LA ENCUESTA :

Fecha en que fue contestada :

Tiempo empleado en contestarla

Opinión que le merece la presente encuesta :

.....

.....

.....

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

1.- CAIDAS DE OBJETOS.

Aislados :

- Mala sujeción en transportes

- Apoyo inseguro del material en el para
mento o plataforma de trabajo

- Ausencia de rodapiés en plataformas,
andamios, etc.

- Abandono de material al borde de ram
pas, huecos, etc.

.....
.....
.....

Apilados :

- Apilado incorrecto o sobrecargado

.....
.....
.....

CAUSAS DE ACCIDENTEPARAMETROS

2. - CAIDAS DE OBREROS.

A nivel :

- Obstrucción de galerías y planos con materiales abandonados
- Acumulación de materiales (por ejem. en una reparación) de no utilización inmediata
- Entremezclamiento de cables o mangueras
- Entremezclamiento de tubería de ventilación
- Puntos peligrosos no señalados, desniveles, baches, etc.
- Falta de iluminación o puntos de luz sucios, mal mantenidos, etc.
- Terreno resbaladizo por humedad, grasa, etc., sin colocar cuerda o barra para sujetarse
- El mismo estado del terreno por raspado con scraper
- El mismo estado del terreno en pisos inclinados con escombros naturales
-
-
-

De alturas :

- Escalas situadas en pisos de resistencia insuficiente
- Apoyo inseguro de la parte superior de la escala, no sobrepasar suficientemente el plano de apoyo, etc.
- Las escalas inclinadas más de 70°
- Zona de situación de la escala sin balizar o proteger
- Escalas situadas sobre superficies curvas o aristas

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

De alturas (sigue) :

- Escaleras situadas sobre superficie deslizando
- Escaleras faltas de peldaños
- Escaleras con materiales envejecidos, corroídos, etc.
- Escaleras con reparaciones chapuceras (atadas con cuerdas, etc.)
- Escaleras empalmadas, no estando acondicionadas para ello
- Andamios o plataformas de resistencia insuficiente
- Escaleras sin barandillas o guardacuerpos en los lados de las mismas que den al hueco
- Pisos deslizantes de las plataformas, falta de drenaje de productos resbaladizos, etc.
-
-
-

En pozos, pocillos, huecos :

- Falta de barandillas protectoras
- Deficiente fijación de las mismas
- Pasarelas situadas sobre ellos demasiado sumarias, sin protección lateral, mal sujetas, etc.
-
-
-

En tolvas o depósitos :

- Falta de protecciones contra caída a depósitos o tolvas
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

3. - DESPRENDIMIENTOS.

- Lisos : - Zonas de techo friable no entibadas
- Derrabes : - Entibación demasiado débil
- Costeros : - Falta de saneo o saneo deficiente des -
pues de disparar las pegas
- Madera : - Insuficiente entramado de tablas entre
largueros
- Excesiva distanciación de los cuadros
- Falta de mantenimiento que prevenga -
y corrija fallos de entibación
- Material envejecido
- Entibación incorrecta que provoca ra -
jas en los pies derechos
- Luz excesiva en métodos de hundimien -
to controlado, que puede producir gol -
pes de techo
-
-
-

4. - EXPLOSIONES.

- Grisú, polvo de carbón, hidró - Utilización de lámparas de llama
geno u otros gases explosivos
- Chispas eléctricas en ambientes explo -
sivos o mal aislamiento de instalacio -
nes eléctricas
- Trabajos de soldadura o corte sin pre -
via comprobación de gases explosivos
presentes
- Ausencia de material antideflagrante
en minas grisutuosas, etc.
- Existencia de electricidad estática en
ambientes explosivos
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

5. - INCENDIOS.

- Frotamiento en correas de transmisión, bandas transportadoras, etc
- Falta de control de incendio en el propio mineral (carbón, otros minerales combustibles)
-
-
-

6. - EXPLOSIVOS.

Transporte :

- Transportar explosivos en un vehículo con motor de gasolina
- Id. con depósito de combustible contiguo al motor, batería, cables, etc.
- Transportar explosivos en un vehículo con cables sin aislar o sueltos
- Id. con revestimiento interior capaz de producir chispas
- Partes metálicas del vehículo, sin puesta a tierra
- Carecer de extintores
- Transportar simultáneamente explosivos y detonadores, fulminantes, etc.
- Presencia de aceite, grasas, etc. en chasis o caja
-
-
-

Almacenamiento :

- Guardar explosivos fuera del polvorín
- Trasladar polvorines móviles con carga
- Existencia sin advertir de explosivos

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

6. - EXPLOSIVOS (sigue)

Almacenamiento :

- Existencia de materias inflamables o peligrosas dentro del recinto vallado o del polvorín
- Inadecuación de los accesos al polvorín para la circulación y maniobra de vehículos que transportan explosivos
- Humedad o falta de ventilación en cámaras o nichos del polvorín
- Alumbrado del polvorín no antideflagrante o deficiente mantenimiento del mismo
- No existen pararrayos o no cubren éstos la totalidad de pabellones o nichos
- Almacenaje juntos de explosivos y detonadores, fulminantes, etc.
- Deficiente organización de la salida de explosivos provocando su envejecimiento, deflagración, etc.
- No se revisan periódicamente las existencias y no se destruye el explosivo deteriorado
-
-
-

Distribución :

- Distribuye una misma persona explosivos y detonadores, fulminantes, etc.
- Se transportan explosivos fuera de sus envases de origen o de cartucheras adecuadas
- No se guarda el explosivo sobrante en cofres, no se cierran éstos con llave, etc.
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

6. - EXPLOSIVOS (sigue)

Empleo :

- Utilizan explosivos no aprobados
- Cortan cartuchos, los deshacen la envoltura, etc.
- Retacan con atacadores metálicos productores de chispas
- No impiden el acceso a la zona de pega
- Utilizan mecha insuficientemente larga
- En pega eléctrica, empalmes desnudos en contacto con el terreno o materiales
- Retacan con máquina de aire comprimido
- Utilizan la corriente en lugar de explosores sin autorización ni adopción de las precauciones previstas para ésta
- Conectan detonadores eléctricos en paralelo, sin autorización ni precauciones
- No cortan corriente en líneas próximas a una pega, antes de cargar ésta
-
-
-

Después de la pega :

- No señalizan de forma adecuada y visible los barrenos fallidos
- Perforan a distancia demasiado próxima en el caso de un barreno fallido
- Recargan fondos de barreno o los utilizan para continuar perforando
- Taquean, sin comprobar si en el bloque existen fondos de barreno cargados
- Perforado incorrecto, con barrenos excesivamente próximos al muro, entre sí, con inclinaciones convergentes ...
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

7.- ELECTRICIDAD.

Generales :

- Excesiva tensión nominal en instalaciones o aparatos
- Carecen las instalaciones de limitadores de tensión, relés de seguridad, etc...
- Carecen de pararrayos las acometidas de superficie
-
-
-

Aparatos de pequeña tensión:

- Alimentan elementos de pequeña tensión con resistencias o autotransformador
- Encierran en mangueras cables de distintas tensiones
-
-
-

Puestas a tierra :

- No ponen a tierra partes o elementos sujetos a contactos accidentales o fallas de aislamiento
- Deficiencias en la instalación de puesta a tierra : posibilidad de ser cortada por choques, caída de bloques, labores próximos ...
- Utilizan canalizaciones de agua o de aire comprimido, carriles, etc. como conductores de puesta a tierra
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

7. - ELECTRICIDAD (sigue)

Conductores :

- Utilizan conductores desnudos, salvo en tracción, en el interior de las minas
- No disponen los conductores de puestas a tierra aisladas
- No es incombustible el revestimiento-protector de los conductores
- Anclan cables al guionaje de las jaulas
- Situan cables demasiado bajos, de modo que puede afectarles un descarrilamiento
- No protegen adecuadamente los cables en trabajos de conservación de galerías
- Situan conductores en el mismo hastial que tuberías metálicas, sin poner a tierra éstas cada 250 m. como mínimo.
- No dejan sin tensión, concluído el trabajo, los cables de alimentación de aparatos móviles
-
-
-

Subestaciones y transformadores :

- No tiene el piso de hormigón los centros de transformadores o interruptores con aceite en cantidad superior a 5 litros
- No tienen los centros suficiente ventilación
- No instalan en ellos dos extintores, uno en el interior y otro en el exterior
- Almacenan cualquier tipo de materiales en una estación de transformación

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

7. - ELECTRICIDAD (sigue)

Subestaciones y transformadores (sigue)

- No están protegido los transformadores contra cortocircuitos y sobrecargas

.....

Interruptores y fusibles :

- Utilizan en interior interruptores de palanca de tipo abierto
- Usan fusibles que pueden producir llama o proyectar al exterior metal fundido

.....

Aparatos móviles y portátiles:

- No ponen a tierra las partes metálicas - no sometidas a tensión de los aparatos
- No están protegidos los aparatos móviles y los cables flexibles con dispositivos especiales de seguridad con tensión nominal superior a 250 voltios

.....

Motores eléctricos :

- No están protegidos los motores trifásicos contra posibles marchas en dos fases
- No protegen contra posibles fallos de la tensión si, al restablecerse ésta, el arranque del motor pudiera provocar accidente

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

7. - ELECTRICIDAD (sigue)

Motores eléctricos (sigue):

- Utilizan elementos eléctricos (reostatos, autotransformadores, etc.) sumergidos en aceite
- No instalan doble alimentación a motores de ventiladores, bombas de desagüe, etc. cuya parada haga peligrar la seguridad del personal

.....
.....
.....

Alumbrado :

- Situan conductores de alumbrado cerca de canalizaciones de alta tensión
- Suspenden aparatos de alumbrado de los propios hilos conductores

.....
.....
.....

Redes telefónicas y de señales:

- No protegen estas redes contra cortacircuitos
- No protegen cualquier efecto de inducción
- No está instalado en la sala de máquinas un aparato que indique, sin lugar a dudas, cualquier fallo del circuito de señales de la extracción

.....
.....
.....

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

7. - ELECTRICIDAD (sigue)

Líneas de contacto :

- No están protegidos del agua del techo los cables desnudos, situados a menos de 2,20 m. sobre cabeza de carriles
- No sitúan interruptores seccionadores en el hilo del trole o en los alimentadores, cuando se transporta personal en los trenes
-
-
-

Locomotoras eléctricas :

- No está protegido totalmente el maquinista de todo contacto accidental con conductores en tensión
- No están aislados los conductores y elementos en tensión o no se evitan de terrioros del aislamiento
- No están protegidos los motores con disyuntores automáticos o fusibles contra sobreintensidades
-
-
-

Planos y esquemas :

- No disponen de planos actualizados de canalizaciones, aparatos, etc...
- No estan puestos avisos que prohiban la manipulación de instalaciones eléctricas o la entrada en locales con aparatos en tensión a personas no autorizadas
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

8. - MANEJO O UTILIZACION DE MAQUINAS.

Máquina de extracción, skip, etc :

- No están protegidos suficientemente la jaula, skip, etc. contra la caída de un objeto exterior
- Transportan a la vez personal con vagones de mineral o materiales pesados
- Velocidad excesiva, superior a 12 m. por segundo, en conducción de personal
- No guían cubas dotadas de cable no anti giratorio
- Utilizan cables empalmados, con cocas, hilos rotos, etc.
- No están puestos a punto los dos frenos obligatorios, de maniobra y seguridad
-
-
-

Otras máquinas (rozadoras, minadores, scrapers, etc.) :

- Falta de protecciones en engranajes, árboles de transmisión, ejes, etc.
- Inutilizan protecciones existentes
- No existe sistema de bloqueo del mecanismo de puesta en marcha cuando la protección está levantada
- Protecciones rotas, o en mal estado, por falta de conservación
- Existen interruptores de palanca con juego en sentido horizontal
- No son accesibles los botones o mandos de parada en la posición normal del maquinista
- Puede haber facilidad de confusión entre mandos de puesta en marcha, embrague parada, etc.

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

8. - MANEJO O UTILIZACION DE MAQUINAS (sigue).

Otras máquinas (rozadoras, minadores, scrapers, etc) (sigue) :

- Diseño o proyecto de la máquina, introductor de riesgo
- Angulos o aristas vivos no protegidos
-
-
-

Mecanismos, transmisiones, etc. :

- No está prohibida la entrada en recintos especiales de transmisiones separados del lugar en que se trabaja
- No están protegidas con una caja o guardación partes descubiertas de ejes situadas a menos de 2,60 m. del suelo o plataforma de trabajo
- No tienen el canto y la superficie bien lisos los extremos de ejes que sobresalen una distancia superior a la mitad de su diámetro
- No rellenan o cubren los chaveteros de ejes no utilizados
-
-
-

9. - MEDIOS DE TRANSPORTE.

Continuos (mecanismos oscilantes, bandas transportadoras, transportadores de racletas, etc.) :

- Excesiva pendiente de la cinta transportadora
- Excesiva tensión de la correa en función de su armadura
- Condiciones resbaladizas en pisos y plataformas de trabajo en puntos de carga y descarga

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

9.- MEDIOS DE TRANSPORTE. (sigue)

Continuos (mecanismos oscilantes, bandas transportadoras, transportadores de racletas, etc) (sigue) :

- Condiciones resbaladizas en pisos y plataformas de trabajo por aceite o grasa que gotea de los mecanismos
- No están montadas pasarelas de cruce, si se ha de cruzar sobre las bandas
- No están aseguradas las poleas tenso--ras, por cadena o cable, a un objeto su perior fijo
- No está normalizada la puesta en marcha
- No existe cable de parada de urgencia, a la altura de la banda y en todo su recorrido
- No está situada una plancha o pantalla de resguardo y la cinta cruza sobre operarios trabajando
- No están instalados mecanismos anti-retorno al fallar la corriente, en transportadores que transportan cargas hacia arriba
- No fijan segura y rígidamente las tolvas móviles utilizadas
- Usan ropa de trabajo inadecuada, que no ajusta perfectamente, en cuello, muñecas y tobillos, posee bolsillos o partes sueltas

.....
.....
.....

Discontinuos : Locomo-
toas y vagones :

- No tiene la galería un mínimo de 80 cm. más de ancho que los salientes de locomotora, vagones, etc. o no excavan refugios capaces para dos personas cada 50 m.

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

9. - MEDIOS DE TRANSPORTE (sigue).

Discontinuos : Locomotoras y vagones (sigue):

- No están concebidos dispositivos de unión entre vagones de modo que el enganche y desenganche puedan realizarse sin introducirse entre las cajas
- No son las galerías 0, 50 m. más altas que el gálibo de locomotoras y vagones
- No ofrecen las dimensiones de carriles, empalmes y soportes suficiente seguridad en relación con peso y velocidad trenes
- No están colocados en el elemento de tracción o el convoy una luz blanca delante y una roja detrás
- No señalizan visiblemente las partes más salientes de obstáculos continuos o aislados
- Apilado o estibación incorrectos de materiales, por superar éstos el gálibo, etc.
- Falta de mantenimiento de las instalaciones fijas : vías-agujas-señalización
- No retiran vehículos con anomalías en ganchos, topes o elementos de rodamiento
- Se efectúan enganches en zona de cambio de agujas
- Presencia de obstáculos que impiden el paso de la cadena o cable de tracción

.....
.....
.....

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

9. - MEDIOS DE TRANSPORTE (sigue).

- | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------|
| Mulas y otros animales : | - Manejan caballerías en zonas oscuras y de difícil circulación | <input type="checkbox"/> |
| | | |
| | | |
| | | |
| Camiones, tractores, etc.: | - No eliminan manchas y charcos de aceite, grasas, etc. en suelo de cabina o pedales | <input type="checkbox"/> |
| | - Dejan herramientas, manivelas, cadenas, sobre el suelo de la cabina, con riesgo de bloqueo de los pedales de mando durante la conducción | <input type="checkbox"/> |
| | | |
| | | |
| | | |
| Excavadoras, palas cargadoras, etc. : | - Mala visibilidad de la zona de trabajo de la máquina | <input type="checkbox"/> |
| | - Carencia de limitadores de esfuerzo y carrera | <input type="checkbox"/> |
| | - Mala adaptación de los mandos y concretamente del freno de bajada | <input type="checkbox"/> |
| | - Carencia de protección en piezas móviles | <input type="checkbox"/> |
| | - Ausencia de advertidores de tensión | <input type="checkbox"/> |
| | | |
| | | |
| | | |

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

9. - MEDIOS DE TRANSPORTE (sigue).

Grúas, monocarriles,
diferenciales, etc. :

- Carencia de topes o ménsulas de seguridad en armazones de carros y extremos del puente
- Falta de accesos seguros a la cabina del gruísta
- Existe menos de 50 cm. entre el lateral más sobresaliente de la grúa y cualquier punto fijo
- Existe menos de 2 m. entre los lugares accesibles de la grúa y las estructuras más bajas del techo
- Carece el gruísta, desde la cabina, de visibilidad completa de la operación a realizar
- No está resguardado el gruísta de emanaciones, radiaciones o proyecciones del material que maneja
- Carecen de "puesta a tierra" las estructuras metálicas de grúas con tracción eléctrica
- Falta de limitadores de carga enclavados con el mecanismo de frenado
- No disponen las grúas, independientemente de los topes, de fines de carrera o no se revisan frecuentemente
- No está situado independientemente del conmutador de la cabina, otro en el exterior de la misma

.....
.....
.....

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

9. - MEDIOS DE TRANSPORTE (sigue).

Utillaje de transporte :
Cuerdas de fibra :

- Existencia de posibles raspaduras, fibras rotas, desgastes, etc
- No ligan los hilos de los extremos al cortar las cuerdas
-
-
-

Cables :

- No están provistos de guardacabos adecuados los ojales, lazos, anillos, etc.
- Están en utilización cables con alambres rotos, gastados o corroídos
- Usan cables con cocas, nudos, arracimamientos, partes aplastadas y variaciones irregulares del diámetro
- Están anudados cables entre sí
- No están tratados los cables con lubricantes, libres de ácidos o sustancias alcalinas, para conservar su flexibilidad y evitar su oxidación
-
-
-

Ganchos :

- No tienen la forma adecuada o un dispositivo que impida el desenganche previstos de la carga
- Presentan corrosiones, frotamientos, golpes, o deformaciones por esfuerzos
-
-
-

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

9. - MEDIOS DE TRANSPORTE (sigue).

- Poleas :
- No están cubiertas con guardas o protecciones las situadas a menos de 2,60 m. del suelo o plataforma de trabajo
 - No colocan una guarda en forma de disco, que cubra sus radios, en poleas que sirvan de volante regulador
 - Utilizan poleas rotas, agrietadas o con la cara incompleta
 -
 -
 -

10. - MANEJO DE HERRAMIENTAS O UTILES.

- Herramientas de mano :
- No guardan las herramientas libres de suciedad y de aceite o grasa
 - Usan herramientas con cabezas deformadas y abiertas (cincales floreados, etc.)
 - No se protegen o protegen a otros con pantallas, trabajando con martillo y cincel
 - No están ajustados en martillos, hachas, etc. mango y cabeza con una cuña con garras
 - No guardan protegidas las herramientas punzantes y cortantes
 - Utilizan cuchillos grandes sin guardamonte o cruz que evite que resbale la mano desde el mango al filo
 - Utilizan en reparaciones de instalaciones en baja o útiles eléctricos herramientas sin aislar, no homologadas

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

10.- MANEJO DE HERRAMIENTAS Y UTILES (sigue).

- | | | |
|--|--|---|
| Herramientas de mano (sigue): - | Utilizan en ambientes con riesgos de -
explosión herramientas de materiales
no antichispas | <input type="checkbox"/>
.....
.....
..... |
| Utiles manuales :
(Salvo maquinillas de barre-
nar, y elementos de soldadu-
ra / corte) | - Utilizan máquinas eléctricas portátiles
sin puesta a tierra | <input type="checkbox"/> |
| | - Eliminan o dejan inoperantes las guar-
das o protecciones suministradas con
la maquinaria | <input type="checkbox"/> |
| | - Debilidad de los muelles de las guar-
das de sierras circulares | <input type="checkbox"/> |
| | - No emplean útiles neumáticos o de bajo
voltaje en ambientes húmedos y corro-
sivos | <input type="checkbox"/>
.....
.....
..... |
| Soldadura autógena y
oxicorte : | - Trabajan con el manómetro estropeado | <input type="checkbox"/> |
| | - Por no lavar bien los bidones vacíos o
no secarlos bien antes de almacenarlos | <input type="checkbox"/> |
| | - No montan los tubos flexibles sobre cas-
quillos portatubos con collares de pre-
sión o anillos engastados | <input type="checkbox"/>
.....
.....
..... |

CAUSAS DE ACCIDENTEPARAMETROS

10. - MANEJO DE HERRAMIENTAS O UTILES (sigue).

Soldadura eléctrica :

- No protegen al personal próximo mediante pantallas protectoras, cortinas ininflamables y aviso indicador
- No protegen el cable de unión de posibles roturas
- No aíslan totalmente la pinza portaelectrodos
- No utilizan corriente continua en espacios reducidos, recipientes, depósitos, etc.
- No sitúan el aparato de soldar fuera del recipiente, depósito, etc., bien frenado y aislado
- No utilizan bases aisladas, guantes y delantal de cuero

11. - SUSTANCIAS PELIGROSAS.

Tóxicas, corrosivas,
quemantes, inflamables,
etc. :

- Deficiencias de identificación que pueden inducir a error
- No colocan discos de rotura por sobre presión, conectados a tuberías de evacuación cuando hay riesgo de mezcla explosiva.
- Las transportan con vehículos en los que el elemento tractor no puede independizarse del de carga, en caso de dificultad
- No colocan los envases ordenados y alineados, con pasillos intermedios que permitan retirar con facilidad cualquiera de ellos
- No existen en los almacenes dos puertas que abran ambas hacia fuera

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

11. - SUSTANCIAS PELIGROSAS (sigue).

Tóxicas, corrosivas,
quemantes, inflamables,
etc. : (sigue)

- No intercalan una "lira" (largo tramo ascendente y descendente) que evite el retroceso de gas en la descarga
- No eliminan fugas incipientes en pletinas y racores
- No ponen cajas de cierre en bridas o juntas
- No existen aparatos basculadores para vaciar recipientes
- No adoptan disposiciones generales contra incendios y explosiones en almacenamientos de sustancias peligrosas
- No mantienen despejados los lugares de paso o los accesos a los mismos
- No disponen de un acceso libre y fácil a dispositivos de seguridad, extintores, materiales de primeros auxilios, etc.
- No está instalada una red de agua para incendios, independiente de la general
-
-
-

Radiactivas :

- Utilizan métodos de explotación y reconocimiento que no permiten una rápida evacuación del mineral
- No organizan explotaciones parciales de pequeñas dimensiones
- Realizan trazajes auxiliares en capa
- Ventilación insuficiente
- No evitan retrocesos en la ventilación

CAUSAS DE ACCIDENTE

PARAMETROS

11. - SUSTANCIAS PELIGROSAS (sigue).

Radiactivas (sigue) :

- No llevan el aire lo más cerca posible del frente
- No utilizan exclusivamente martillos - perforadores de inyección de agua central
- No sitúan pantallas protectoras de plomo
- No usan aparatos de control de radiaciones (contadores Geiger, papel sensible, dosímetros, etc.)

.....
.....
.....

12. - CAUSAS DIVERSAS.

Aire comprimido :

- No instalan una válvula antiretorno entre compresor y calderín
- No instalan en los calderines manómetros y válvulas de seguridad tarados - a una presión máxima de 8 kg.
- No instalan a la salida de cada caldern una válvula antiretorno, en el caso de compresores funcionando en paralelo

.....
.....
.....

Ventilación :

- No establecen, siempre que sea posible, la dirección de la ventilación de módoque, en caso de parada de los ventiladores generales, se evite la inversión

