

El gas inerte que se produce de este modo puede almacenarse o enviarse directamente mediante tuberías al punto de utilización. Es importante disponer de reservas adecuadas para garantizar la continuidad de la protección en caso de que se produzcan averías del aparato productor de gas.

También puede obtenerse gas inerte por medio de la oxidación catalítica del amoníaco con aire. Este método produce un nitrógeno de gran pureza.

Otro medio de obtener gas para inertización es por medio de la licuefacción del aire con un fraccionamiento subsiguiente para producir nitrógeno. Existen en el mercado aparatos completos de varias capacidades que se valen de este método para la producción de nitrógeno.

NOTA: Al igual que los supresores, es posible técnicamente pero muy costoso económicamente. Sólo en el caso de pequeños volúmenes será posible inertizar la atmósfera explosiva.

CRITERIOS TECNICOS PARA EL ESTUDIO DE LOS DISTINTOS PUNTOS DE RIESGO EN MAQUINAS

**Ponencia presentada en III
Coloquio Internacional Hombre-
Máquina-Ambiente de
Estrasburgo.**

Autor: JULIO ALBA RIESCO
Ingeniero Industrial
Servicio Social de Higiene
y Seguridad del Trabajo
Sevilla

INTRODUCCION

Los accidentes producidos por máquinas han sido siempre uno de los grupos más destacados dentro de aquellos que suelen establecerse para clasificar y analizar las distintas causas de accidentes de trabajo. De ahí deriva el hecho de que la seguridad en la utilización de maquinaria sea un problema permanentemente planteado en los niveles operativos de la prevención de riesgos profesionales en todo el mundo.

De hecho, aunque esta causa de accidentes no es la que arroja un mayor número de ellos, pues se limita a un orden medio del 10% del total de los accidentes, sus consecuencias suelen ser lesiones graves de carácter invalidante, amputaciones, traumatismo, etc. que hacen que se considere con una visión especial.

A pesar de todo ésto, no ha habido una doctrina técnica generalizada que haya posibilitado el estudio sistemático de las distintas causas de estos accidentes y las mejores formas de su prevención, mientras que sí encontramos estudios sistematizados para análisis de otras causas de accidentes como pueden ser el riesgo eléctrico; los riesgos derivados de los incendios, técnicas de higiene industrial, etc. Sin embargo por razones distintas en las técnicas de protección de máquinas no se ha dado hasta ahora esta sistematización que comentamos.

Evidentemente no es nuestra intención dar una doctrina, ni mucho menos pontificar sobre este problema, pero si pretendemos, de alguna manera, colaborar con una serie de ideas y aspectos técnicos con el fin de intentar dar un paso adelante en esta necesaria sistematización que pueda ayudar a la mejora de los criterios de prevención de accidentes en máquinas.

CAMPO DE APLICACION

Quizás el primer problema que se presente al trabajar en la seguridad en maquinaria sea definir exactamente o lo más exactamente posible que es lo que queremos entender por máquina. De hecho en la terminología normal y diaria entendemos por máquina cualquier aparato, equipo o instalación que suponga una mecanización del proceso productivo. En este sentido, es máquina igualmente una taladradora fija que una taladradora portátil o una cinta transportadora.

Sin embargo del examen de la clasificación realizada por los estadígrafos del Trabajo de la OIT en 1963 a efectos de clasificación de los agentes causantes de accidentes de trabajo, se observa una diferencia clara entre el grupo I, Máquinas y el grupo II, Medios de Elevación y Transportes, e incluso del grupo III Otros Aparatos y Equipos. Ahora bien, esta clasificación de la OIT, entendemos que es exclusivamente a efectos estadísticos sin que ello quiera establecer una diferenciación técnica entre las máquinas o entre los agentes materiales de uno u otro grupo clasificatorio. Por ello igual podrían ser consideradas máquinas los transportadores o las herramientas manuales eléctricas.

Pero la indefinición del problema no termina aquí. En el pasado mes de octubre en el II Congreso Nacional sobre la teoría de la máquina, celebrado en Sevilla, se planteó el problema de la determinación clara del concepto máquina e incluso de las características definitorias mínimas y comunes de lo que sería la

máquina teórica. Los expertos no se ponen de acuerdo y al parecer la divergencia de opiniones en este sentido es francamente elevada.

Evidentemente nosotros no pretendemos, insisto de nuevo, dar la solución a estos problemas. Nuestro único interés es intentar dar una guía que solucione o que metodice el estudio de los accidentes generados por estos equipos. Ahora bien, dados los problemas tan acusados que se presentan en el análisis genérico de las máquinas, nuestro objetivo se centrará en hacer máxima la utilidad de los riesgos en máquinas. Por ello no pretendemos elaborar un método que sea generalizable al total de las máquinas, sin que pueda ser aplicado al mayor número posible de ellas.

En el mismo sentido, la Norma inglesa British Standard 5.304 de 1975: Código de Prácticas de Seguridad en Maquinaria, establece una definición de máquinas que dice exactamente "Aparato para utilización y realización de energía que puede tener partes fijas y móviles, cada una de las cuales tiene una función determinada". Esta definición que evidentemente se acerca bastante a la realidad de lo que se entiende por máquinas, presenta sin embargo una gran generalidad, de tal manera que el campo de estudio de nuestro problema se nos haría amplísimo.

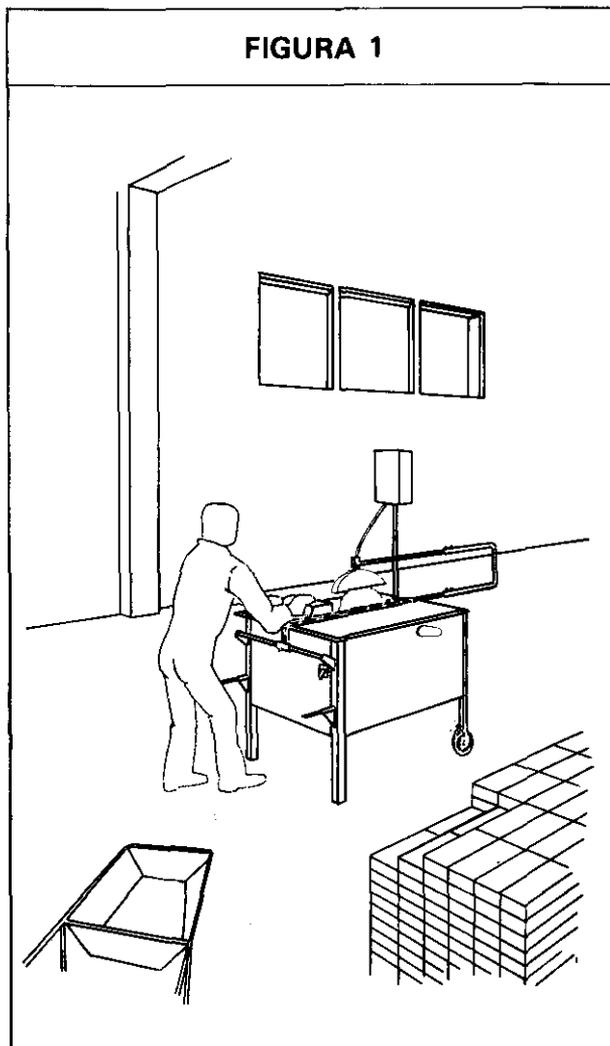
Por todo lo anterior, hemos decidido centrarnos exclusivamente en el Capítulo I de la clasificación de agentes materiales aprobada por la Organización Internacional del Trabajo en su resolución del 12 de Octubre de 1962.

Así pues, quedan excluidos de la clasificación del estudio que en este trabajo se realiza, por una parte, todos los equipos de manutención incluyendo los medios de elevación, medios de transporte y equipos de almacenamiento y por otra parte, aquellos otros equipos o instalaciones que se basan en fenómenos físicos de presión y temperatura, electricidad y otros no mecánicos, como pueden ser los equipos a presión, hornos, refrigeradores, etc. quedando de esta manera aquellos instrumentos y aparatos basados en intercambio de energía mecánica para transformación; todo ello, por supuesto, sin merma de que el estudio que se realiza en este trabajo puede ser de aplicación, con las modificaciones adecuadas, a aquellos otros tipos de máquinas que específicamente hemos dejado fuera de nuestro ámbito de estudio.

Además de ésto, hemos de hacer constar que el método que aquí propugnamos no será de aplicación a la totalidad de las máquinas, por cuanto determinadas especificaciones concretas podrán limitar considerablemente la aplicación del método. Creemos que estas

limitaciones no invalidan el método sino que por el contrario establecen las características claras de la generalización que hay que hacer, determinando cuales son los puntos exceptuados.

Por otra parte, el estudio que realizamos se ciñe específicamente a la máquina in situ, es decir, diferenciando los tres factores clásicos del medio ambiente de trabajo y que dan nombre a este Coloquio, cuales son el hombre, la máquina y el ambiente y las interrelaciones entre sí: incluso citándonos a los cuatro factores de riesgos que indica Monteau en su Ensayo de Clasificación de Riesgos Profesionales y acciones para la prevención, éste es el individuo, la tarea, la máquina y el medio. (Fig. 1).



En cualquier caso, haremos especial abstracción de todos aquellos aspectos que no hagan referencia a la máquina, diferenciándolos incluso de las características propias de las relaciones entre la máquina y los demás factores de riesgo que intervienen en la relación de trabajo.

Evidentemente, desde un punto de vista lógico, la abstracción de la consideración de la máquina en sí, limita considerablemente el análisis de los riesgos inherentes a éstas, toda vez que en la generalidad de los accidentes que se producen, la intervención del hombre, del propio ambiente de trabajo y de las tareas o del método seguido, es determinante en la producción del accidente. No obstante haremos la abstracción mencionada y nos ceñiremos específicamente a las condiciones concretas de la máquina como si ella sola fuese la causante única de estas relaciones de accidentabilidad.

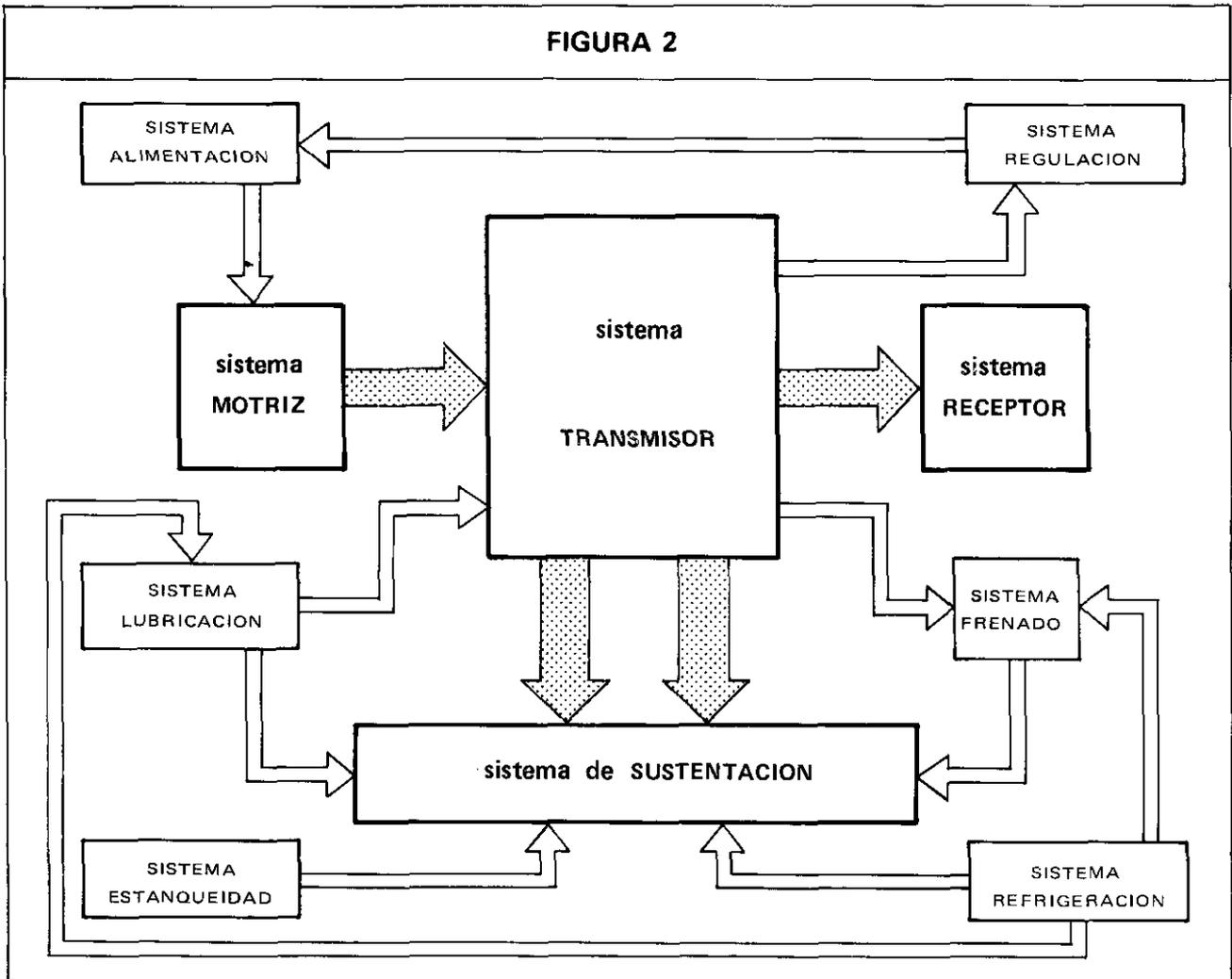
Por ello, vamos a referirnos fundamentalmente a las características constructivas de la máquina, si bien posteriormente podrán tenerse en cuenta los problemas que entrañan la instalación de la máquina en el lugar de trabajo, los problemas derivados del uso de la máquina que ya conlleva el problema de relación entre el hombre y la máquina y por último los problemas derivados del cuidado, mantenimiento y revisiones a que la máquina debe ser sometida para tenerla en todo momento en permanente estado de seguridad y de productividad. Todo ello, sin olvidar aquellos aspectos de la instalación, uso y mantenimiento que son absolutamente precisos tener en cuenta en la etapa de diseño.

EL SISTEMA MAQUINA

A la vista de lo que anteriormente hemos considerado vamos a intentar hacer un estudio sistemático de lo que es la máquina con abstracción de los distintos factores adicionales que pueden intervenir en el desarrollo de su trabajo y que fundamentalmente van a dirigirse a la problemática del diseño de la máquina y problemas de ingeniería de proyectos que en su construcción pueden presentarse y que de alguna manera tengan relación o puedan tenerla con la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Siguiendo al Catedrático de la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid, profesor Bautista, en el esquema general de un conjunto mecánico que recientemente ha propuesto en el II Congreso Nacional de la Teoría de Máquina, al que anteriormente nos hemos referido, en un sistema mecánico podríamos distinguir fundamentalmente los sistemas siguientes: (Fig 2).

FIGURA 2



- Sistema motriz.
- Sistema transmisor.
- Sistema receptor.
- Sistema de sustentación.

Estos cuatro son los sistemas fundamentales que hay que considerar en cualquier tipo de máquinas: adicionalmente a ellos pueden considerarse otros sistemas de segundo orden igualmente importantes que serían los siguientes:

- Sistema de alimentación.
- Sistema de regulación.
- Sistema de lubricación.

- Sistema de estanqueidad.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de frenado.

Estos sistemas básicos son válidos para cualquier tipo de máquina con independencia de la que se trate: de hecho cualquier otra clasificación que pueda realizarse, puede ser igualmente válida e incluso puede establecerse la correlación adecuada entre los términos de este sistema que acabamos de mencionar y cualquier otro que pueda definirse.

De hecho la sistemática de estudio que las distintas normas llevan adelante para determinar las condiciones de seguridad en máquinas no dejan de suponer una

Seguridad.

clasificación de estos sistemas en que se puede dividir las distintas partes de la máquina; así nos encontramos las características propias de las normas ANSI, para la construcción, cuidado y uso de máquinas o de las normas AFNOR o ISO o BRITISH STANDARD, etc.

Desde nuestro punto de vista hacer seguridad del trabajo mediante el estudio sistemático de los distintos sistemas en que anteriormente hemos dividido la máquina, es un método posible, aunque las posibilidades de accidente, el riesgo intrínseco propio de cada uno de estos sistemas es absolutamente distintos de unos a otros; así por ejemplo, el riesgo propio de los sistemas de sustentación de máquinas, tales como transmisión de vibraciones al suelo, resbalamientos o tropezones, etc., prácticamente no es comparable en su gravedad con los riesgos derivados del sistema transmisor, y éste a su vez, reviste un riesgo inferior a los propios del sistema receptor, en el cual podríamos encuadrar tanto el punto de operación como los riesgos derivados del sistema de alimentación de la pieza o de la propia pieza que se tiene que trabajar.

Adicionalmente otros problemas que suelen estar presentes serían aquellos derivados de los servicios auxiliares que pueden encuadrarse en los sistemas de estanqueidad, refrigeración, frenado, lubricación, etc. o los dispositivos de mando y control que pueden agruparse en los sistemas de alimentación o regulación.

Otros aspectos totalmente distintos pero también a considerar son los riesgos derivados del entorno, ambiente y condiciones generales en que se desarrolla el trabajo si bien, de acuerdo con lo dicho anteriormente, los consideraremos sólo en tanto en cuanto dichas modificaciones del ambiente y el entorno vengán generadas por la propia máquina; entre estas modificaciones están los problemas de ruido, emisión de posibles contaminantes, tales como polvo, vapores de aceite, etc. así como los posibles problemas de señalización, de amortiguación, iluminación puntual, de distancias entre puntos, etc. que vengán impuestos por la propia estructura de la máquina y sus partes en movimiento.

A la vista de ello, no consideramos aquí los aspectos ergonómicos más que en cuanto suponen una técnica de diseño de los distintos puntos de peligro en la máquina pero no en tanto en cuanto suponga una adaptación entre el hombre y el puesto de trabajo que forma ya parte de los problemas de interrelación entre el hombre y la máquina y que como tales se escapan al estudio que estamos realizando.

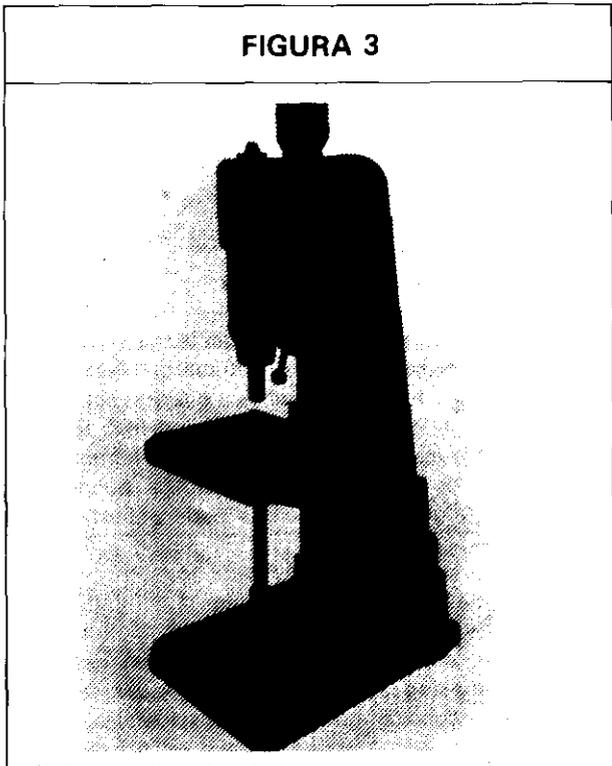
CLASIFICACION DE ZONAS DE RIESGOS

A la vista de todo lo anterior y en líneas generales, podemos establecer en una máquina las siguientes zonas de riesgos: (Fig. 3) y Cuadro 1.

CUADRO I
CLASIFICACION GENERICA DE ZONAS
DE RIESGO EN MAQUINAS

Zona I	Punto de operación	<ol style="list-style-type: none">1. La herramienta o útil propiamente dicho2. El punto de contacto3. Entorno cercano
Zona II	Parte cinemática	<ol style="list-style-type: none">1. Motor2. Transmisiones
Zona III	Pieza a trabajar	<ol style="list-style-type: none">1. La pieza propiamente dicha2. Partículas emitidas
Zona IV	Alimentación de la Pieza	<ol style="list-style-type: none">1. Sistema alimentador-evacuador de la pieza2. La pieza propiamente dicha3. Entorno cercano
Zona V	Servicios Auxiliares	<ol style="list-style-type: none">1. Refrigeración2. Engrase
Zona VI	Dispositivo de Control	<ol style="list-style-type: none">1. Del sistema de energía2. Del sistema receptor (herramienta-útil)3. Del sistema de alimentación de la pieza4. De los servicios auxiliares.
Zona VII	Entorno y ambiente	<ol style="list-style-type: none">1. Distancias entre puntos y zonas barridas2. Iluminación específica3. Señalización4. Ruido y vibraciones5. Bancada y fundaciones

FIGURA 3



Zona I. Punto de operación

1. La herramienta o útil propiamente dicho
2. El punto de contacto
3. Entorno cercano

Entre ambos constituyen el sistema receptor de la máquina, es decir aquel con el que la máquina aplica la energía mecánica disponible, a la pieza que es la que la recibe.

Zona II. Parte cinemática

1. Motor
2. Transmisiones

Tanto el motor como las transmisiones forman parte del sistema motriz y del sistema transmisor que hemos considerado anteriormente. Aquí se incluirían los problemas derivados de la energía eléctrica o de otro tipo que suministra energía al motor.

Zona III. Pieza a trabajar

1. La pieza propiamente dicha
2. Partículas emitidas

Aunque la pieza a trabajar no forma parte de la máquina, es evidente que la máquina se diseña para un trabajo determinado, sobre una determinada pieza; por tanto, la pieza condiciona fundamentalmente a la máquina y las herramientas de la máquina van diseñadas en función de la pieza, las propias características de la pieza por tanto nos vienen integradas en las características de la máquina hasta el punto que los riesgos propios de las piezas, en muchas ocasiones se confunden con los de la máquina.

Zona IV. Alimentación de la pieza

1. Sistema alimentador-evacuador de la pieza
2. La pieza propiamente dicha
3. Entorno cercano

Tanto el sistema de alimentación y evacuación de la pieza como la propia pieza a trabajar, forman parte también del sistema receptor del que hemos hablado.

Zona V. Servicios Auxiliares

1. Refrigeración
2. Engrase

Estos servicios auxiliares constituyen evidentemente la reunión de los sistemas de lubricación y estanqueidad y refrigeración, a los cuales no hace referencia el esquema de la máquina mencionado por ser colaterales a él.

Zona VI. Dispositivos de control

1. Del sistema de energía
2. Del sistema receptor (herramienta-útil)
3. Del sistema de alimentación de la pieza
4. De los servicios auxiliares

Constituyen evidentemente la reunificación de los distintos sistemas de regulación, frenado, etc. también colaterales del esquema considerado.

Zona VII. Entorno y ambiente

1. Distancias entre puntos y zonas barridas
2. Iluminación específica
3. Señalización
4. Ruido y vibraciones
5. Bancada y fundaciones

Constituyen estos puntos las características externas o mejor expresado, la interfase entre la máquina y el medio ambiente que hay que tener presente por las consideraciones que anteriormente hemos dicho.

CLASIFICACION DE LOS RIESGOS

Ahora bien, en las distintas zonas de la máquina pueden presentarse diferentes riesgos, que según su naturaleza y el trabajo y servicio que desarrolla y deba prestársele a esa zona diferenciada de la máquina, nos determinan las circunstancias de peligro que pueden presentarse y los medios de prevención más idóneos según su grado de eficacia.

No obstante, las circunstancias de uso y servicios de una máquina solamente deberán tenerse en cuenta en un segundo grado de prevención, pues en principio toda máquina debe ser segura independientemente del adiestramiento y constante atención del operario.

Por todo ello es necesario correlacionar las zonas enumeradas con todos los posibles riesgos de accidentes que puedan preverse, que de una manera esquemática son las siguientes:

A) Riesgos de naturaleza física

1. Riesgos de origen mecánico que son, por su generalidad los que deben recibir una mayor atención y análisis más detenido: éstos pueden a su vez subdividirse:
 - a) Según la naturaleza de la agresión, en presiones, rozamientos, impactos, etc.
 - b) Según el elemento causante, piezas a rotación, piezas de movimiento lineal, movimientos combinados, etc., y éstos a su vez con origen en piezas aisladas, piezas en relación con otras partes fijas o móviles, etc.
2. Riesgos de origen electromagnético, que se presentarán puntualmente, éstos a su vez se subdividen en:

- a) Radiaciones de cualquier tipo ionizantes o no ionizantes.
- b) Fenómenos eléctricos de cualquier tipo.

3. Riesgos de origen térmico, como los efectos de radiación o contacto, con partes calientes o frías, e incluso posible proyección de materias sometidas a temperaturas agresivas.

B) Riesgos de naturaleza química

Estos riesgos tienen su origen en la máquina o bien en la pieza a trabajar, que por su naturaleza o con motivo de los trabajos o transformaciones a que son sometidas pueden desprender partículas sólidas (polvos), líquidos (salpicaduras o nieblas) o gases (vapores o humos), que dependiendo de su composición química pueden ser agresivos y origen de accidentes o de enfermedades profesionales.

C) Riesgos de naturaleza biológica

Que sólo se presentan en determinados casos de máquinas para industrias farmacéuticas, alimentación etc. y que no consideramos en líneas generales.

EVALUACION DE LAS ZONAS DE RIESGOS

De la correlación propuesta podemos obtener varias conclusiones que a efectos de estudio podemos resumir en la determinación para todas las máquinas, de dos zonas básicas:

- a) Zona de la máquina sin riesgos y
- b) Zona de la máquina con algún riesgo que puede estar correctamente protegido, deficientemente protegido, o sin proteger.

El paso siguiente, a la evaluación mencionada es la propuesta de corrección que deberá llevar asignado un grado de eficacia.

Como grado de eficacia creemos adecuado el desarrollo del Capítulo cuatro de la norma British Standard 5304:1975 antes mencionada que ha sido ya adoptada por AFNÓR como norma NF 63250 y está a punto de integrarse en las normas UNE españolas, o algún otro similar, que nos marquen una cadencia de la fiabilidad de cada sistema de protección conocido, en relación con los riesgos estudiados.

Finalmente, indicaremos que el objeto de ordenar y racionalizar el estudio, de cualquier máquina de cara a su diseño, así como para evitar los posibles fallos debidos a la rutina, se considera conveniente la utilización de una ficha de estudio o proyecto de máquinas donde puedan correlacionarse las partes de la máquina con el riesgo que puedan tener, así como el grado de control del

riesgo o peligro que presenta. Esta ficha podría confeccionarse de manera similar a las empleadas en mantenimiento preventivo que son de gran difusión y de todos conocidas y como aquéllas, deberán adaptarse a las características de cada grupo de máquinas considerando los datos anteriormente expuestos (Fig. 4).

FIGURA 4

CLASE DE RIESGO	<ul style="list-style-type: none"> ● - Sin riesgo P - Protegido D = Defic. Protegido S - Sin Proteger 							OBSERVACIONES
	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV	ZONA V	ZONA VI	ZONA VII	
1. RIESGOS FISICOS								
1.1 MECANICOS								
1.2 ELECTROMAGNETICOS								
1.3 FONDULATORIOS								
1.4 TERMICOS								
2. RIESGOS QUIMICOS								
2.1 POLVOS								
2.2 LIQUIDOS								
2.3 GASES								