

01168<sup>2</sup>  
25

Universidad Nacional Autónoma de México



División de Estudios de Posgrado  
FACULTAD DE INGENIERIA

**UNA MODELACION  
DEL ESTRES**

TESIS PROFESIONAL  
Que para Obtener el Grado de  
MAESTRO EN INGENIERIA  
( DEL AREA DE INVESTIGACION Y OPERACIONES )  
P r e s e n t a  
*Manuel Alvarez Madrigal*



México, D. F.

1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TITULO DE LA TESIS  
UNA MODELACION DEL ESTRÉS

RESUMEN :

En un sistema donde interviene el hombre, el estrés es uno de los factores principales que se deben tomar en cuenta para optimizar su funcionamiento. Las cargas de trabajo, las responsabilidades, los estímulos y las nuevas políticas producen estrés en las personas, alterando su desempeño.

El estrés no siempre tiene efectos negativos en las personas, una buena dosis de estrés permite mejorar el desempeño y estimula a las personas para que alcancen las metas que se proponen; el problema por estrés se presenta cuando el nivel se vuelve inmanejable o permanece constante durante mucho tiempo.

Para simular el estrés es importante notar que, de manera semejante a lo que ocurre en un sistema elástico (como un resorte) que se somete a una tensión producto de un estímulo externo (un peso que lo deforma), una persona bajo estrés responde con acciones que tienden a eliminarlo para regresar a su estado original de relajación.

Este hecho se emplea en la tesis para establecer una analogía entre el sistema psicológico del humano y el sistema físico, obteniendo un modelo que permite establecer las relaciones que existen entre el individuo, sus motivaciones, las características ambientales que lo rodean y el estrés que percibe, como consecuencia de encontrarse en una situación específica.

El modelo asigna un valor numérico al nivel de estrés y predice su evolución en el tiempo; la escala es arbitraria, pero sirve para evaluar el cambio de estrés en una persona (relativo al nivel con que inicia una situación particular). De la forma que tengan las curvas de estrés también se puede predecir si el nivel será potencialmente nocivo o adecuado.

La modelación del estrés que aquí se propone, se puede aplicar para diseñar cargas de responsabilidad, implementación de nuevas políticas, programas de descanso, etc., siempre y cuando se tengan presentes las limitaciones particulares del modelo.

## ÍNDICE

	pag
Introducción	1
<b>Cap I El estrés y el trabajo</b>	
I.1 Historia del estrés	1
I.2 Definición de estrés	2
I.2.1 Definiciones basadas en los estímulos	2
I.2.2 Definiciones basadas en las respuestas	3
I.2.3 Definiciones basadas en el concepto estímulo respuesta	4
I.3 Psicofisiología del estrés	4
I.3.1 Enfrentamiento o evasión	5
I.3.2 El Síndrome General de Adaptación	5
I.4 Consecuencias del estrés	7
I.5 Medición del estrés	8
I.5.1 La escala de rangos de reajuste social	9
I.5.2 La evaluación Michigan del estrés	9
I.5.3 Mediciones del estrés basadas en la medicina	10
I.6 Estrés y desempeño	12
I.6.1 La motivación y sus efectos sobre el desempeño	12
I.6.2 Estrés y activación	13
I.6.3 La búsqueda del punto óptimo de estrés	14
<b>Cap II Movimiento oscilatorio</b>	
Introducción	16
II.1 Movimiento armónico (fuerza restauradora de tipo lineal)	16
II.2 Energía en el movimiento armónico	18
II.3 Movimiento armónico amortiguado	19
II.3.1 La energía en el caso amortiguado	21
II.4 Movimiento armónico forzado (Resonancia)	22
II.5 Oscilaciones anarmónicas	24
II.6 Osciladores acoplados	25
<b>Cap III El modelo matemático del estrés</b>	
Introducción	31
III.1 Modelos del estrés	33
III.1.1 Modelo bioquímico	34
III.1.2 Modelo psicossomático	34
III.1.3 Modelo de combate	34
III.1.4 Modelo de adaptación	35
III.1.5 Modelo de desastre	36
III.1.6 Modelo ocupacional	36
III.1.7 Modelo de ambiente social	37
III.1.8 Modelo del proceso	38
III.2 El Modelo Matemático para los niveles de Estrés (MME)	39
III.2.1 Descripción del modelo matemático del estrés (MME)	40

<b>Cap IV</b>	<b>Posibles aplicaciones del MME al ambiente productivo</b>	
	Introducción	43
	IV.1 Validación del modelo	43
	IV.2 Ventajas de predecir el estrés	44
	IV.3 Enfermedades de adaptación	45
	IV.4 Posibles aplicaciones del MME	48
	IV.5 Análisis de los resultados básicos del MME	49
	IV.5.1 Curva armónica simple del MME	49
	IV.5.2 Curva amortiguada del MME	50
	IV.5.3 Curva sobreamortiguada del MME	51
	IV.5.4 Curva de oscilaciones forzadas	51
	IV.6 Perspectivas del MME	52
<b>Ap I</b>	<b>Medición del estrés (por encuestas)</b>	
	AI.1 Escala de Rangos de Reajuste Social (ERRS)	53
	AI.2 Evaluación Michigan del estrés	55
	AI.3 Evaluación del estrés por estresores del nivel individual (en el trabajo)	56
	AI.4 Evaluación del estrés por estresores de tipo organizacional	58
	AI.5 Evaluación para determinar el grado de estrés por causas extraorganizacionales	60
	AI.6 Evaluación del tipo de conducta de un individuo (propenso o no a las enfermedades por estrés)	63
	<b>Referencias</b>	<b>65</b>

## INTRODUCCION

A partir de la Revolución Industrial, el mundo ha tenido un crecimiento desmesurado en el tamaño y la complejidad de sus organizaciones; los talleres artesanales se convirtieron en las corporaciones actuales, incrementando la especialización, la división del trabajo y las responsabilidades en las organizaciones.

Los resultados han sido espectaculares, sin embargo, junto a los beneficios, la especialización y el aumento en la responsabilidad crearon muchos problemas nuevos y característicos de nuestro tiempo; uno de esos problemas es el estrés.

En la actualidad, el estrés es un factor tan importante en el desempeño y productividad de las personas, que es necesario tomarlo en cuenta para optimizar los sistemas donde interviene el hombre.

De no considerarse, se corre el riesgo de proponer políticas y estrategias que no funcionan en la realidad, puesto que el nivel de estrés incrementa o decrementa el desempeño de las personas.

Los problemas por estrés pueden ir, desde una disminución temporal en la eficiencia, hasta padecimientos mortales, como los infartos. Un manejo adecuado mejora la productividad y reduce los riesgos de salud.

Por tanto, al incluir el nivel de estrés en el conjunto de variables que describen al sistema, se tiene una visión más completa, y es un criterio adicional para tomar la mejor decisión.

De esta manera, modelar el estrés queda incluido, naturalmente, dentro del área de Investigación de Operaciones, ya que permite tomar en consideración el factor humano en la optimización de sistemas, que es decisivo en la fase de implementación de cualquier estrategia.

Actualmente, el impacto económico que tiene el estrés en las sociedades altamente industrializadas (como la de E.U.A.) es impresionante. Se estima que el costo aproximado por concepto de pérdida de productividad, gastos médicos, y reentrenamiento de remplazos (en ejecutivos con problemas por estrés), es de por lo menos 30 mil millones de dólares anuales [14]. De ahí que el costo total a la sociedad por problemas relacionados con el estrés debe ser mucho mayor.

El propósito de este trabajo es proporcionar un modelo del estrés, con el que se puedan planificar las estrategias más adecuadas para manejarlo de forma que su nivel sea óptimo, y pueda revertirse su impacto negativo en las organizaciones.

Para desarrollarlo se tomó en cuenta que, de manera semejante a lo que ocurre en un sistema elástico (como un resorte) que se somete a una tensión producto de un estímulo externo (un peso que lo deforma), una persona bajo estrés responde con acciones que tienden a eliminarlo.

Este nuevo modelo sintetiza los principales modelos que existen, donde únicamente se señalan las relaciones entre las causas posibles del estrés; además permite conocer su nivel y evolución de manera numérica. El trabajo se desarrolla como sigue:

En el cap I se presenta un acercamiento a lo que es el estrés y su relación con el trabajo; se muestra la importancia de tener bajo control esta característica humana, que puede ser perjudicial o benéfica, dependiendo de como se maneje.

En el cap II se tratan los casos básicos del movimiento oscilatorio, con el fin de tener elementos matemáticos que permitan describir a un sistema en oscilación, ya que de manera similar a algunos sistemas físicos como los resortes, el ser humano cuando se siente bajo estrés (por causa de un estímulo), responde de alguna forma para que el estrés disminuya; la respuesta puede ser de tipo conductual, fisiológica o ambas, lo importante es que siempre se desarrolla para tratar de resolver la situación estresante.

El cap III describe los principales modelos que se han hecho para describir el estrés, y que sirven de fundamento para proponer el modelo nuevo. El capítulo incluye las características deseables de un modelo para la predicción del estrés, desde el punto de vista de la ciencia del comportamiento y de la administración.

Finalmente en el cap IV se presentan las aplicaciones posibles, también se hace énfasis en las situaciones que surgen de manera cotidiana en un ambiente laboral y que en las últimas décadas, se presume, son las responsables de los padecimientos por estrés.

En base a las expectativas deseables en un modelo de estrés, se puede decir que éste es uno de los que tienen más aplicaciones potenciales en el ambiente organizacional.

## CAP I.

# EL ESTRES Y EL TRABAJO

### 1.1 Historia del estrés

La palabra *estrés* deriva del griego *stringere*, que significa provocar tensión (1). La palabra se usó por primera vez alrededor del siglo XIV; a partir de entonces se emplearon numerosas variantes de la misma, como *stress*, *stresse*, *strest* e, inclusive, *straisse*.

Aun cuando el término y sus derivados han existido durante siglos, el concepto se estableció a mediados del siglo XIX. En esa época, el fisiólogo francés Claude Bernard sugirió que los cambios externos en el ambiente pueden perturbar al organismo, y que era esencial alcanzar la estabilidad del "milieu intérieur" (medio interno) a fin de mantener el propio ajuste frente a tales cambios (2). Este parece ser uno de los primeros reconocimientos de las consecuencias potenciales de disfunción, producto del rompimiento del equilibrio en el organismo a causa del estrés.

En la década de 1920, el fisiólogo norteamericano Walter Cannon acuñó el término *homeóstasis* para denotar el mantenimiento del equilibrio en el medio interno (3). A pesar de que enfocó su investigación hacia reacciones específicas, esenciales para mantener el equilibrio interno en situaciones de emergencia, en realidad se enfrentaba a lo que se habría de convertir en el concepto actual del estrés.

En estudios posteriores adoptó el término *stress* (estrés) y se refirió a los "niveles críticos de estrés", los cuales definió como aquellos que podrían provocar un debilitamiento de los mecanismos homeostáticos. Incluso relacionó el término con la organización social e industrial (4,5).

El empleo actual del término tiene su antecedente en el Dr. Hans Selye, endocrinólogo de la Universidad de Montreal, a quien frecuentemente se le llama "el padre del concepto estrés". Sus investigaciones constituyeron las primeras aportaciones significativas al estudio del estrés.

Los esfuerzos de Selye por descubrir una nueva hormona sexual arrojaron luz sobre el hecho de que pueden desencadenarse daños en los tejidos, mediante una gama heterogénea de agentes, como el frío, los rayos X, los traumatismos y los estímulos nerviosos.

Concluyó que el daño en los tejidos representaba una respuesta no específica a prácticamente cualquier estímulo nocivo, y propuso denominarla Síndrome General de Adaptación (6). Sin embargo, fue hasta unas décadas después, cuando Selye empezó a usar el término *estrés* en sus escritos para referirse a las fuerzas externas que actúan sobre el organismo, o al desgaste y al deterioro que éste ocasiona a la vida.

Quizá la contribución más valiosa de Selye haya sido la publicación de su obra "Stress". En ella modificó su definición

de estrés, para denotar una condición interna del organismo, que se traduce en una respuesta a agentes evocadores.

Propuso inclusive un nombre para dichos agentes: estresores, sentó así las bases para gran parte de la terminología actual en este campo [7]. Se ha dicho que esta obra influyó en las investigaciones realizadas en todos los países, "probablemente con mayor rapidez e intensidad que cualquier otra teoría del citado padecimiento que se haya propuesto" [8].

En un principio, los investigadores del estrés fueron médicos que centraron su atención en los estímulos físicos y las consecuencias fisiológicas. En las últimas dos o tres décadas ha disminuido levemente el interés por el estudio del estrés, desde el punto de vista fisiológico, y se ha incrementado en el ámbito de las ciencias del comportamiento.

Consecuentemente, la investigación se ha desplazado en forma sutil, de los generadores físicos del estrés, tales como traumatismos mecánicos (lesiones), a los generadores psicológicos del estrés, como los conflictos del rol.

En la actualidad, los investigadores del comportamiento tienden a ocuparse más del estudio del estrés que los médicos, lo que ha dado lugar a diversas consecuencias importantes, la mayoría de las cuales ha hecho crecer la controversia en torno a lo que realmente significa el estrés.

## 1.2 Definición de estrés

Se ha dicho que la palabra estrés es la menos precisa del vocabulario científico. Tiene una gran variedad de significados para diferentes personas, las cuales lo usan para denotar algunas cuestiones complejas que requerirían muchas palabras para expresarlas.

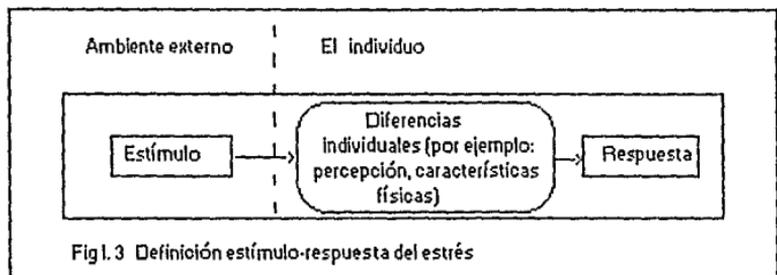
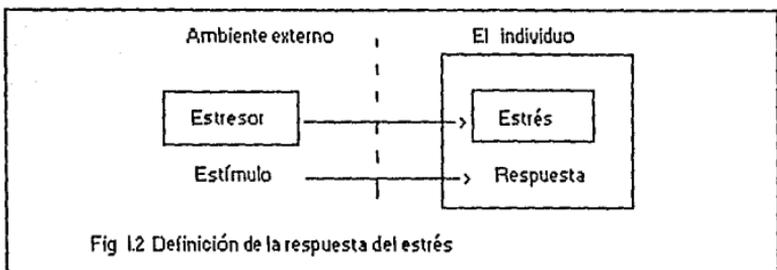
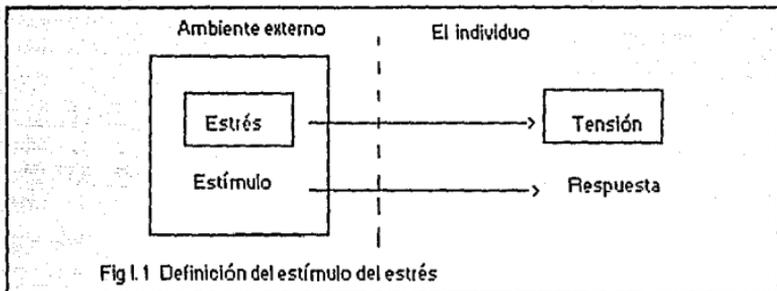
El estrés implica la interacción de un organismo con el medio ambiente. En nuestro caso, el organismo es el humano, y el medio ambiente puede consistir en propiedades físicas (calor, ruido, contaminación, etc.) o en otros organismos, los cuales también forman parte del medio ambiente.

Existen muchas maneras para definir el estrés [9, 10, 11, 12, 13 etc], pero en su mayoría caen en una de las siguientes categorías:

- a) definiciones basadas en los estímulos.
- b) definiciones fundamentadas en las respuestas
- c) definiciones centradas en el concepto estímulo-respuesta.

### 1.2.1 Definiciones basadas en los estímulos

Una de las definiciones dentro de este grupo podría ser: el estrés es la fuerza o el estímulo que actúa sobre el individuo y da lugar a una respuesta de tensión, en la cual la tensión es un sinónimo de presión o, en sentido físico, de deformación [14]. Por tanto, como puede verse en la fig. 1.1, una definición de esta



Indole considera el estrés como cierta característica, determinado evento o situación en el ambiente, que de algún modo tiene consecuencias potencialmente perturbadoras.

En física, estrés se relaciona con la fuerza externa aplicada a un cuerpo, y tensión es la consecuencia de aplicar dicha fuerza al cuerpo (o sistema). De acuerdo con la ley de Hooke, si la tensión sobre el sistema se mantiene dentro de los límites de elasticidad del mismo, entonces éste retornará a su estado original cuando la fuerza (o el estrés) desaparece. Análogamente, si el sistema es un ser humano y la tensión producida no excede los límites de restitución individuales, éste no quedará dañado al interrumpir el estímulo externo (estrés).

Una de las objeciones que han puesto a este tipo de definición es que las características situacionales por sí solas pueden resultar inadecuadas para predecir la respuesta del individuo. Así, dos sujetos pueden someterse al mismo grado de estrés y manifestar diferentes niveles de tensión, o uno de ellos podría manifestarla y el otro no, y se dice que:

"Aunque lo anterior puede explicarse mediante el equivalente conductual de la ley de Hooke, el razonamiento resulta inapropiado cuando se pretenden explicar las variaciones temporales de tensión en un mismo individuo" (14).

Tradicionalmente la analogía de Hooke está clasificada como un modelo basado en estímulo. Sin embargo, en esta tesis se presenta un enfoque que permite desarrollar la analogía del sistema de estrés físico con el humano, como un modelo estímulo-respuesta que puede explicar perfectamente las variaciones individuales y temporales del estrés.

Otro problema para la analogía es que: "debe reconocerse la existencia del estrés antes de que se produzca tensión en los individuos, y hace suponer que se lleva a cabo algún proceso que no se ha tenido en cuenta en este modelo". (14)

Esta objeción surge del desconocimiento de la física y de la ingeniería, ya que el estrés está contemplado como resultado de la aplicación de una "fuerza" motivante; las motivaciones pueden ser diversas y tener distintos valores para diferentes personas, lo cual lleva a distintos grados de estrés (Cap III).

Finalmente, Cox (1978) señala que éste enfoque supone como ideal una situación libre de estrés, pero eso no es verdad. Se sabe que un material que no está sujeto a tensión no tiene capacidad de hacer trabajo, así que la posición del presente trabajo es que la situación ideal (o conveniente) es operar bajo la carga adecuada de estrés, que no rebase los límites individuales.

### *1.2.2 Definiciones basadas en la respuesta*

Una de estas definiciones sería: estrés es la respuesta fisiológica o psicológica que manifiesta un individuo ante un estresor ambiental. El estresor puede consistir en un evento externo o en una situación, ambos potencialmente dañinos (14). Un ejemplo de este tipo de definición se representa en la fig I.2.

Este enfoque se centra en la respuesta del individuo a los

estresores potenciales del medio ambiente. La respuesta de estrés demuestra que un individuo ha sido sometido a un ambiente perturbador o disfuncional.

En este tipo de definiciones, el conocimiento del estresor no permite predecir la naturaleza de la respuesta al estrés, además de que los mismos estresores pueden asociarse a través del tiempo a distintas respuestas significativas en un solo individuo.

### *1.2.3 Definiciones basadas en el concepto de estímulo respuesta*

Constituyen una combinación de las dos clases anteriores. Un ejemplo sería: estrés es una consecuencia de la interacción de los estímulos ambientales y la respuesta idiosincrática del individuo (14), se representa esquemáticamente en la fig 1.3.

En esencia, esta forma de definir el estrés hace hincapié en la naturaleza particular de la relación entre la persona y su medio ambiente. Se considera al estrés como el resultado de una interacción única entre las condiciones del estímulo del ambiente y las respuestas que estas provocan.

La naturaleza de tipo idiosincrático de la respuesta, está en función de los procesos psicológicos que intervienen, y que son parte del individuo. Dicho enfoque no propicia la predicción ya que es más complejo y puede ofrecer mayor dificultad cuando se lleva a la práctica. Esta definición mejora a los dos tipos anteriores en el sentido de que reconoce el papel crítico que desempeñan las diferencias individuales.

Las características individuales pueden abarcar variables como edad, sexo, raza, condiciones de salud, y herencia; los procesos psicológicos pueden incluir componentes de las actitudes y creencias, los valores y muchas otras dimensiones de la personalidad.

### *1.3 Psicofisiología del estrés*

Cuando una persona coloca accidentalmente la mano sobre el quemador de una estufa al rojo vivo, puede darse una rápida e imprevisible sucesión de hechos, por ejemplo: es posible que la alta temperatura provoque dolor, cause daño en los tejidos de manera casi instantánea, además de las posibles exclamaciones como reacción al experimentar el dolor.

El hecho anterior representa una interacción de un individuo con el medio ambiente; es un evento que provoca lesiones físicas y quizá psicológicas, pero, más importante, es un ejemplo de estrés y de como se responde al medio ambiente.

La adaptación que exige el afrontar el estrés da lugar a numerosas alteraciones bioquímicas que resultan muy importantes -o incluso necesarias- para garantizar una respuesta eficaz. Sin embargo, en algunas ocasiones resultan impropias y disfuncionales. Los efectos de las alteraciones pueden acumularse a través del tiempo, hasta que ocurren cambios fisiológicos significativos que señalan el inicio de la enfermedad.

Resulta de particular interés que las alteraciones bioquímicas

producidas por los estresores de tipo físico (como una quemadura), son similares a las provocadas por las de tipo psicológico, tales como la carencia de armonía conyugal o las presiones del trabajo.

### 1.3.1 *Enfrentamiento o evasión*

Cuando un perro fiero, con la intención de pelear, se aproxima a otro que está apacible, éste último tiene dos opciones: quedarse y pelear, o huir. En otras palabras, tiene que sobrellevar al estresor.

Nuestros antepasados cavernícolas vivían en un ambiente sencillo, y sus preocupaciones principales eran obtener alimento, protegerse de los animales salvajes y de sus semejantes. Para ellos el estrés consistía en encontrar un tigre a sus espaldas, si esto ocurría, sus opciones eran idénticas a las del perro, enfrentar al estresor (tigre) o huir de él.

Al encontrarse con el estresor (tigre), ocurrían numerosos cambios corporales que lo preparaban, a fin de que pudiera enfrentarlo o huir eficientemente de él. Estos cambios bioquímicos y corporales eran esenciales para preparar a tales hombres para que afrontaran los desafíos que se les presentaban.

El problema que afrontamos hoy consiste en que el sistema nervioso humano todavía responde en la misma forma, aun cuando el ambiente es radicalmente distinto. Ya no existen tigres a la vuelta de la esquina, y con ello ha desaparecido lo apropiado de las respuestas para las que el cuerpo está preparado.

Cuando un supervisor rechaza la solicitud de un empleado o le asigna una labor difícil o desagradable, el empleado no puede atacar al supervisor ni abandonar su trabajo, ya que los convencionalismos sociales y las expectativas de la organización norman su actitud. Se espera que el empleado, en vez de atacar o huir, responda de manera digna, serena y condescendiente.

Para mostrar lo inadecuado de la respuesta de enfrentamiento o evasión en la actualidad, regresemos al caso del hombre cavernícola y analicemos el resultado de su experiencia con el tigre. Supongamos que tiene éxito al enfrentarse o huir, finalmente se refugia en su caverna y las alteraciones bioquímicas desaparecen junto con el estresor (tigre); su cuerpo regresa a la normalidad.

Este no es el caso del empleado actual, al cual le provoca estrés su situación con respecto al supervisor. El enfrentamiento o la evasión no constituyen opciones aceptables, y por tanto, no contribuyen al alivio del estrés.

Es de vital importancia el hecho de que el cuerpo se prepara para algo que no ocurre. A diferencia del caso de nuestros antepasados, nuestro cuerpo no regresa a la normalidad tan rápidamente.

Después de una prolongada preparación para pelear o huir, el estrés comienza a ejercer un efecto perjudicial en la salud. Así, el problema fundamental radica en tener programada una respuesta a los estresores, que en la mayoría de las situaciones actuales no es adecuada para afrontar los problemas con éxito.

### 1.3.2 El Síndrome General de Adaptación

Selye estableció por primera vez el concepto de Síndrome General de Adaptación o SGA [15]. Consideró al estrés como una respuesta no específica a cualquier demanda planteada al organismo.

La explicación del SGA es la siguiente: lo llamó Síndrome porque denota que las partes individuales de la reacción se manifiestan más o menos de manera conjunta y son, al menos en cierta medida, interdependientes; el término General es porque las consecuencias de los estresores ejercen influencia sobre las diversas partes del organismo, y de Adaptación, porque se refiere a la estimulación de las defensas destinadas a ayudar al organismo, para que se ajuste al estresor o lo afronte.

Las tres fases de la reacción defensiva no específica son: alarma, resistencia y agotamiento. El estado de alarma es el primero y tal vez el más importante de los tres. En él ocurren las alteraciones más significativas para la estructura bioquímica. Cuando se afronta un estresor "súena" la alarma y se activa el sistema de estrés en todo el organismo, lo cual a su vez pone en acción las reservas de energía del cuerpo.

Uno de los primeros cambios es el incremento en la secreción de la hormona adrenocorticotrópica, por parte de la glándula pituitaria, que provoca el aumento de las secreciones corticoides, como la adrenalina que actúa sobre los músculos y tejidos gruesos, provocando la liberación de las sustancias químicas que éstos almacenan. Posteriormente el hígado convierte tales sustancias en glucosa, que el corazón y otros órganos emplean como fuente de energía.

Otras consecuencias del estado de alarma son: aumento de colesterol en la sangre, aumento de los ritmos cardíaco y respiratorio, disminución del proceso digestivo, activación de los procesos de coagulación sanguínea (recurso de seguridad para los casos de lesión), hiperactivación de todos los sentidos incluyendo la dilatación de la pupila.

Si la amenaza es muy efímera, el SGA puede no pasar de éste estado. En realidad cuando la amenaza es fugaz o no intensa, una persona puede encontrarse en el estado de alarma del SGA y no darse cuenta.

El segundo estado es el de resistencia, se presenta cuando el estresor puede sobrellevarse y no desaparece. Este estado se caracteriza por la identificación del órgano o sistema mejor dotado para afrontar la amenaza que representa el estresor.

Los cambios asociados con el estado de alarma se reemplazan por otros, característicos de la estrategia que adopte el individuo. Mientras que la resistencia a un estresor específico puede ser anormalmente grande, la que se manifiesta con respecto a otros puede ser excepcionalmente escasa. Esto obedece al hecho de que los recursos son finitos, y cuando se concentran en un perímetro de defensa, se dejan expuestas otras partes. Desde el punto de vista conceptual esto explica el por qué las personas se vuelven más propensas a enfermarse durante periodos de conflicto emocional.

Existe un volumen limitado de energía adaptativa disponible, y concentrarla en un solo estresor aumenta la vulnerabilidad ante otros estresores.

El tercer estado es el de agotamiento. La exposición prolongada y continua a un mismo estresor puede eventualmente acabar con la energía adaptativa disponible, y el sistema que se enfrenta al estresor se agota. Un resultado de este estado consiste en que la responsabilidad de enfrentarse al estresor pasa a otro sistema u órgano del cuerpo, y el ciclo del SGA se repite. Cuando no existe otro sistema alternativo el individuo sucumbe.

La activación del SGA plantea al organismo demandas extraordinarias y, como es evidente, cuanto más frecuente sea el uso del SGA y cuanto más permanezca activado mayor será el desgaste a que se expone el cuerpo. Al igual que un sistema físico, el cuerpo no puede funcionar más allá de sus límites.

#### *1.4 Consecuencias del estrés*

La activación de los mecanismos de defensa no es la única consecuencia del estrés. Las consecuencias son diversas y numerosas. Las hay directas, indirectas, positivas, disfuncionales y otras peligrosas. La mayoría de ellas constituyen efectos indirectos y a veces se relacionan con el estrés sólo de manera hipotética.

Cox (1978) muestra una taxonomía de las consecuencias del estrés, a continuación se muestran los puntos que propone.

- a) efectos subjetivos: ansiedad, agresión, apatía, aburrimiento, depresión, fatiga, frustración, culpabilidad, vergüenza, irritabilidad, mal humor, melancolía, poca autoestima, amenaza, tensión, nerviosismo y soledad.
- b) efectos conductuales: propensión a sufrir accidentes, drogadicción, arranques emocionales, excesiva ingestión de alimentos ó pérdida de apetito, consumo excesivo de bebida, o de cigarrillos, excitabilidad, conducta impulsiva, habla afectada, risa nerviosa, inquietud y temblor.
- c) efectos cognoscitivos: incapacidad para tomar decisiones y concentrarse, olvidos frecuentes, hipersensibilidad a la crítica y bloqueo mental.
- d) efectos fisiológicos: aumento de catecolaminas y corticosteroides en la sangre y la orina, elevación de los niveles de glucosa sanguíneos, incremento en el ritmo cardíaco y de la presión sanguínea, sequedad de la boca, exudación, dilatación de las pupilas, dificultad para respirar, escalofríos, nudo en la garganta, entumecimiento y escozor en las extremidades.
- e) efectos organizacionales: ausentismo, relaciones laborales pobres y baja productividad, alto índice de accidentes y rotación de personal, clima organizacional pobre, antagonismo e insatisfacción en el trabajo.

La lista que muestra Cox contiene las consecuencias más comunes en las que existe acuerdo unánime. No debe suponerse que siempre

es el estrés el que provoca tales consecuencias.

Evidentemente la insatisfacción en el trabajo, el aumento en la presión sanguínea, la incapacidad para tomar decisiones, la apatía y cualquiera de los fenómenos mencionados, pueden carecer totalmente de una relación con el estrés, ya que el estrés no es la única causa posible para tales síntomas.

En lenguaje matemático diríamos que entre el estrés y los síntomas mencionados hay una relación que no es biyectiva o alternativamente de manera lógica:

estrés → síntoma  
pero  
síntoma ≠ estrés

### 1.5 Medición del estrés

Entre los métodos que se emplean para recolectar medidas del estrés se encuentran los cuestionarios, las entrevistas y las pruebas fisiológicas.

En numerosos libros, revistas y periódicos populares existen artículos al respecto, cuyos autores en su mayoría, invitan a los lectores a medir su propio nivel de estrés. Desafortunadamente, dichas medidas no se someten a verificaciones sobre su confiabilidad y validez; son fáciles de realizar, pero los autores necesitan advertir a los lectores respecto de la cualidad psicométrica de estos cuestionarios autoadministrados.

Un ejemplo de las encuestas que se presentan en la prensa popular, se muestran en la tabla I.1

tabla I.1 prueba autoadministrada del nivel del estrés.  
(Ivanovich, Matteson [ 14 ] )

1. Ha aumentado usted su consumo de alcohol, de cigarros o alimentos recientemente?	Si	No
2. Tiene problemas con sus compañeros de trabajo?	Si	No
3. Discute frecuentemente con su esposa (esposo)?	Si	No
4. Tiene usted problemas económicos?	Si	No
5. Tiene problemas con su jefe?	Si	No
6. Tiene usted dificultades sexuales?	Si	No
7. Se siente molesto por la inflación?	Si	No
8. Tiene problemas con sus suegros?	Si	No
9. Esta usted expuesto frecuentemente a ruidos fuertes?	Si	No
10. Se siente usted tenso?	Si	No
11. Tiene usted problemas al pagar los impuestos o con Hacienda?	Si	No
12. Tiene problemas con sus hijos?	Si	No

## EVALUACION:

- Dese un punto por cada respuesta afirmativa.
- 1-3: Su nivel de estrés es bajo y probablemente controlable
- 4-6: Tiene moderadas cantidades de estrés que puede evitarse con un buen descanso, algo de ejercicio y una buena dieta.
- 7-10: Usted tiene un alto nivel de estrés y necesita hacer algo, como descansar o practicar algún ejercicio para reducir el nivel antes de que lo lastime físicamente.
- 11-12: Su nivel de estrés está en un nivel de peligro y usted es susceptible de sufrir un daño grave.

Afortunadamente también se cuenta con una gran cantidad de investigaciones de alto nivel, que aportan métodos y escalas que nos permiten estudiar este fenómeno, que es bastante complejo.

### 1.5.1 La escala de rangos de reajuste social

Thomas Holmes y Richard Rahe (1967) [16] desarrollaron una escala de eventos relacionados con la vida diaria, que se llamó Escala de Rangos de Reajuste Social (ERRS). Ellos estudiaron los efectos clínicos de los principales cambios que se dan en la vida de una persona; para ello tomaron una muestra de cinco mil pacientes con padecimientos relacionados con el estrés.

Como resultado de sus estudios Holmes y Rahe, pudieron asignar un valor numérico a cada uno de tales eventos, y establecieron una escala según su magnitud. La ERRS se ha empleado como una estimación aproximada del grado de estrés que padece una persona en el momento de responder a la prueba.

Si revisamos la escala, veremos que menos de una cuarta parte de los eventos totalmente estresantes se relacionan con el trabajo que realiza el individuo, y sólo diez son definitivamente negativos en cuanto a la forma de expresarlos. La mayoría de los acontecimientos se enuncian de manera neutral.

La ERRS evalúa el nivel de estrés en base a los cambios adaptativos que provocan un aumento en el estrés, lo cual parece razonable, sin embargo, la escala no toma en cuenta la capacidad de la persona para enfrentar y sobreponerse a los acontecimientos.

A pesar de esta limitación, la escala parece más confiable y válida que la mayoría de los instrumentos que ofrece la prensa popular.

*(Los eventos vivenciales considerados en la ERRS está en el ap 1)*

### 1.5.2 La evaluación Michigan del estrés

En 1962, French y Kahn [17] presentaron un modelo para identificar las principales variables que desempeñaban un papel sociopsicológico en la etiología del padecimiento cardíaco de las coronarias.

El modelo abarca los ambientes objetivo y subjetivo que

experimenta una persona. Estos dos conjuntos de variables independientes se miden con hojas de registro y cuestionarios autoadministrados. Por ejemplo, para obtener datos objetivos sobre la carga de trabajo, se le pidió a una secretaria que registrara sus observaciones sobre la frecuencia con que su jefe hacía llamadas telefónicas, recibía visitas en su oficina y efectuaba reuniones en ella.

*(Un ejemplo de la hoja de registro está en el ap 1)*

Los cuestionarios se usan para recabar información sobre los indicios de estrés derivados del ambiente subjetivo. Se incluyeron como variables subjetivas de estrés las medidas referentes a la ambigüedad del rol, la carga de trabajo subjetiva, los papeles conflictivos, la responsabilidad por cosas, la participación y las relaciones con su grupo de trabajo.

En el ap 1 se muestra un ejemplo de los reactivos que se usan para medir la responsabilidad respecto a las personas y las cosas; las preguntas se responden en una escala de 1 (muy poco) a 5 (muy grande).

Caplan [18] y Sales [19] usaron esta escala en estudios acerca del estrés, partían de que las mediciones Michigan del estrés eran confiables, y reunían todas las normas deseables.

Aplicaron el análisis factorial para determinar la validez de la construcción de las escalas, y obtuvieron confiabilidades que estaban entre 0.70 y 0.85; se consideraron aceptables.

Es importante notar que las medidas Michigan del ambiente subjetivo son indirectas. Además, constituyen lo que se llama medidas perceptuales, puesto que se le pregunta a las personas acerca de sus percepciones del estrés derivado del ambiente subjetivo.

A pesar de que las medidas no se han sometido a pruebas rigurosas de validación, se han usado para examinar el estrés, de hecho parecen ser las medidas más empleadas en la bibliografía científica.

### *1.5.3 Mediciones del estrés basadas en la medicina*

Entre las variables usadas por los científicos (médicos) para la medición de las respuestas al estrés, se encuentran el nivel de cortisol y de la hormona del crecimiento; ambas sustancias secretadas por la corteza adrenal.

Con el propósito de averiguar cómo cambian los niveles de esas sustancias cuando una persona está sometida a estrés, en 1978 Rose, Jenkins y Hurst [20], extrajeron sangre a unos controladores de tráfico aéreo (CTA).

Los investigadores recogían muestras sanguíneas mientras que los controladores realizaban sus actividades laborales; se les introdujo un pequeño cateter en una vena del antebrazo, el cual estaba conectado a una bomba que permitía extraer sangre de 500 CTA durante el transcurso del estudio.

Rose et al. revisaron las investigaciones anteriores sobre el cortisol y las secreciones de la hormona del crecimiento; encontraron que los niveles más altos de estas secreciones indicaban niveles de estrés más elevados.

Después incorporaron los resultados de su investigación para analizar las mediciones hechas a los CTA; los resultados del análisis del cortisol indicaron que, los CTA mostraban diferencias muy sustanciales entre ellos, en cuanto al promedio de cortisol diario y el máximo.

Se encontró que había una tendencia a que los niveles máximos fueran más altos cuando los CTA estaban en el trabajo.

Tradicionalmente en el ambiente científico las medidas fisiológicas, parecen tener más aceptación que las psicológicas como indicadores del nivel de estrés; a pesar de que son más complejas y requieren de personal especializado que las administre.

Una razón por la que tienen gran aceptación las medidas fisiológicas es, que las medidas perceptivas de autoevaluación no han producido (en general), resultados convincentes (14).

Además las correlaciones que se han establecido entre las medidas perceptivas del estrés y las que se estiman clínicamente, han resultado normalmente bajas (varían entre 0.10 y 0.30 (18)).

También está el hecho de que el estrés puede existir por debajo del nivel de conciencia completa, y solamente se identifique mediante pruebas fisiológicas. Pero quizá uno de los principales motivos sea el que los propios científicos del comportamiento tienden a creer que sus medidas son menos precisas que las obtenidas médicamente, lo cual es discutible.

Actualmente la disponibilidad de aparatos comerciales que no necesitan personal especializado para efectuar las medidas fisiológicas, junto con el desarrollo de los sofisticados análisis por computadora, hacen que los especialistas interesados, puedan emplear con gran facilidad medidas psicofisiológicas en sus investigaciones.

Quizá este sea el enfoque más adecuado, ya que el estrés tiene ambas componentes y ninguna se puede separar de la otra.

Dentro de este marco de nueva tecnología, es importante mencionar los "medidores" de estrés, que se han vuelto muy populares. Consisten en un trozo de cristal líquido termosensible que cambia de color de acuerdo con la temperatura.

Regularmente estos medidores cuentan con una escala que va de relajado a tenso, y corresponde al color que adquiere el cristal al contacto con el dedo pulgar.

Estos medidores están basados en el hecho de que bajo tensión, el cuerpo contrae los músculos al adquirir la condición de pelear o huir, y por tanto los capilares de los dedos conducen menos flujo sanguíneo, produciendo un descenso en la temperatura.

La estimación que proporcionan este tipo de aparatos es cuestionable, desde el punto de vista de que no contemplan más que un sólo aspecto de las manifestaciones del estrés; ya que la asocian directamente con el hecho de tener una temperatura baja.

Sin embargo es interesante que las personas puedan contar con un instrumento que les pueda servir para efectuar un monitoreo continuo (autoadministrado) de una medición fisiológica; es de esperarse que puedan identificar algunas situaciones que les produzcan estrés.

## 1.6 Estrés y desempeño

La discusión de por qué unas personas desempeñan bien su trabajo mientras que otras no, ha sido una cuestión muy debatida. Los conductistas ven el desempeño como un complejo operante; los psicólogos diferenciales atribuyen las diferencias como variantes individuales; los ergónomos creen que las diferencias del desempeño se explican mejor por la interacción de una persona con su ambiente de trabajo.

Sin embargo una variable que falta en casi todas las explicaciones del desempeño es el estrés.

Algunos investigadores argumentan que el estrés siempre produce una degradación del desempeño. No obstante, en la actualidad, esta es ya una postura muy simplista y trillada; ya que los efectos pueden ser muy complejos.

Por ejemplo, el ruido puede ser un estresor que, en primera instancia, puede mejorar el desempeño y que posteriormente lo deteriora.

El impacto del estrés sobre el desempeño del trabajo en los ámbitos organizacionales, aún no se investiga a fondo, a pesar de ello es un punto fundamental a tomar en cuenta, sobre todo en la sociedad actual en la que un diseño de la carga adecuada de estrés, puede motivar de manera importante la calidad y la productividad en el trabajo diario.

### 1.6.1 La motivación y sus efectos sobre el desempeño

La mayor parte de las teorías de la motivación pueden agruparse en tres grandes clasificaciones:

- a) biológicas y físicas.
- b) de tradición cultural, que ha puesto de relieve que los sentimientos y necesidades, pueden conducir a una activación y un direccionamiento de la conducta.
- c) filosófico-teológicas de la motivación, que enfatiza los aspectos de crecimiento personal y humanista.

En todas ellas existe consenso respecto a que el sentido de la acción de los trabajadores, ocurre como un esfuerzo en mejorar condiciones que no son óptimas.

Dentro de este marco, la acumulación de estrés se da cuando las condiciones que motivan no mejoran mediante las acciones de la persona, por ejemplo, al trabajar de manera intensa durante un periodo prolongado de tiempo sin recibir un estímulo que mejore la condición de la persona.

Welford (21) presentó en 1973 algunos supuestos como marco de referencia para integrar los conceptos de motivación y estrés, que son:

- a) Puede dispararse la acción individual no solo al desplazarse el punto óptimo de motivación, sino también cuando existen signos de dicho desplazamiento. Los efectos a menudo tienen lugar antes de que se presente la situación

estresante y pueden disminuir cuando esta llegue.

b) El esfuerzo por cambiar cualquier desplazamiento del punto óptimo, parece estar relacionado inversamente con la dificultad o desagrado que implica su corrección.

c) En casi todas las situaciones de la vida real, diversos motivos operan simultáneamente en diferentes escalas de tiempo para determinar la conducta.

d) La gente tiende a evitar los extremos de estimulación y a buscar los niveles moderados.

Estos supuestos sugieren que la estimulación moderada, el conflicto y la predicción de eventos estimulantes, tienden a incrementar la activación.

Además, que la gente desempeña mejor su trabajo bajo condiciones de demanda moderada (estrés moderado). Por lo tanto los problemas de desempeño en las organizaciones pueden ser a causa de mucha o poca demanda.

También se desprende de estos supuestos, que la especificación del punto óptimo debe concebirse en términos de la capacidad física, y de procesar información.

La realidad parece reflejar las hipótesis de Welford, ya que en la mayoría de las situaciones de trabajo, la activación y el desempeño están más restringidos por el corto tiempo para tomar decisiones o procesar información, que por causas de habilidad física.

### 1.6.2 Estrés y activación

Para analizar la relación entre el estrés y la activación, primero se establece la lógica que conecta la motivación con la activación, con base en los siguientes enunciados:

a) La estimulación física que afecta un organismo, contribuye a su nivel de activación fisiológica y psicológica.

b) El impacto de un estímulo en el nivel de activación del organismo, está en función de variables como su intensidad, su significancia y su complejidad.

c) Alcanzando un estado de activación normal, el organismo se vuelve más sensitivo a otros aspectos del medio ambiente, y tiene mayor capacidad de manejarlos de forma eficiente.

Se desprende que el grado de motivación (proporcional al grado de estrés), provoca una activación variable en el individuo.

La activación que se logre puede ser óptima, en este punto los organismos son más receptivos a los estímulos externos que están en ese momento en el medio ambiente (21).

Por lo tanto si una persona enfrenta una tarea laboral que demanda cierto tipo de conducta, como la preparación de un informe o la operación de una máquina, tendrá una relación tipo "U" entre su activación y el desempeño que logre (fig 1.4).

En el nivel de activación óptima, el desempeño se encuentra en su punto más alto. Este resultado del modelo es interesante, pero no brinda mucha información sobre el momento en que una persona

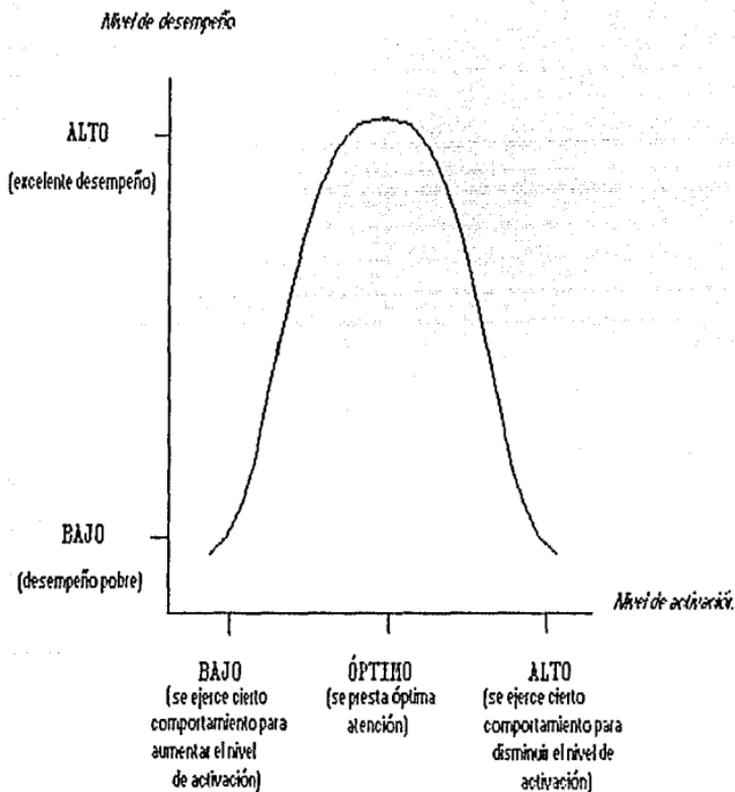


Fig 14 Relación de U invertida entre la activación y el desempeño

alcanza el óptimo.

La observación del desempeño de una persona al ejecutar una tarea, puede brindar una estimación de la cantidad de estrés que esté experimentando.

El desempeño erróneo por parte de un ejecutante constantemente bueno, puede ser la señal de que el estrés está imposibilitando el desempeño.

La clave para usar el desempeño como indicador de estrés, es hacer evaluaciones válidas y confiables de desempeño característico en una persona.

Desde luego, todo mundo tiene un mal día, o inclusive, una mala semana, por lo que es necesario tomar una muestra aleatoria de las evaluaciones del desempeño en el trabajo, antes de concluir que se encuentra bajo y por tanto su estrés alto.

Cuando las disminuciones en el desempeño sugieran altos niveles de estrés, se debe identificar a los estresores que causan el problema. Este es un trabajo difícil que requiere de diagnóstico y observación; es necesario contar con algo más que los reportes subjetivos de los empleados.

El examen del desempeño, la observación de las actividades dentro del trabajo, oír atentamente los argumentos y opiniones del empleado, son los pasos necesarios para diagnosticar las disminuciones en el desempeño y señalar sus causas.

### 1.6.3 La búsqueda del punto óptimo de estrés

Las exposiciones teóricas relativas al estrés y desempeño óptimos son útiles, puesto que brindan información en el sentido de que los puntos de estrés óptimo:

- a) difieren entre los individuos
- b) son imposibles de identificar con precisión absoluta para cada persona
- c) varían con el tiempo y con las situaciones
- d) pueden convertirse en energía productiva

La información respecto al punto óptimo de estrés, sugiere que la gente que alcanza el éxito logra a causa de cierta cantidad de estrés. El estrés excita a los individuos a la acción y puede ser positivo cuando estimula la motivación y el logro.

Un empleado sin cierta cantidad de estrés, no sentirá el desafío y el entusiasmo suficientes como para ejecutar un trabajo. El estrés óptimo prepara al empleado para un desempeño máximo.

Forbes en 1979 (23) creó una escala continua de estrés óptimo vs. desempeño; sugirió conductas que indican el momento en que se alcanzan estos niveles. Identificó las actitudes conductuales que están en cada uno de los niveles del continuo y son:

Alta energía, alerta mental, alta motivación, calma bajo presión, análisis cuidadoso de los problemas, mejor memoria, percepción aguda y apariencia optimista.

Un gerente podría usar estas categorías como puntos de verificación para determinar los niveles de estrés y desempeño que operan en un momento específico.

La medición de los indicadores de Forbes, de estrés y desempeño óptimo es poco fácil; pues sólo ofrece una pequeña lista de verificación autoadministrada.

Este tipo de medida no es aceptable para aquellos que necesitan una evaluación válida, confiable, y rápida, pues se requiere de mucho trabajo para desarrollar medidas que brinden una buena aproximación.

Por tanto siguen existiendo problemas para determinar si una persona está sobrecargada o subcargada de estrés.

Las señales de advertencia de subcarga o falta de activación, incluyen aburrimiento, apatía, aumento en los accidentes, agravios, ausentismo, apariencia negativa, aumento en la fatiga, insomnio y cambio en el apetito.

También hay señales al estar sobrecargado o demasiado activado. La sobrecarga da como resultado un número mayor de errores, indecisión y pérdida de la perspectiva, además de los síntomas de subcarga.

Estos signos, en su mayoría, no se pueden medir con precisión, sin embargo se debe ser capaz de identificarlos ya que pueden determinarse a grandes rasgos, observando la conducta de los individuos.

La palabra estrés, se ha convertido en una palabra sucia para mucha gente, se asocia a un desempeño pobre. Sin embargo como se aprecia en la curva de "U" invertida (que ha sido ampliamente aceptada como válida), una cantidad moderada de estrés y una cantidad moderada en la dificultad en la tarea tienen efectos positivos en el desempeño.

Así que el trabajo trazado para los directivos incluye, encontrar la mezcla perfecta de estrés y dificultad para su personal, que eleve el desempeño y la productividad dentro de la organización.

## CAP II

### MOVIMIENTO OSCILATORIO

#### Introducción.

El movimiento oscilatorio (o vibratorio) es uno de los movimientos más importantes que se observan en la naturaleza; una partícula oscila cuando se mueve periódicamente con respecto de una posición de equilibrio, el movimiento de un péndulo es oscilatorio, un cuerpo en el extremo de un resorte estirado (cuando se suelta) comienza a oscilar, los átomos de un sólido también están vibrando.

En general casi todos los cuerpos oscilan de una u otra forma, desde el nivel atómico hasta el nivel de las estrellas, las cuales también oscilan como consecuencia de su inmensa presión interna, que compensa la fuerza de gravitación que tiende a colapsarlas.

El universo entero puede ser oscilante, de acuerdo a las teorías actuales de creación y evolución del Universo; se dice que dejará de expandirse (como en la actualidad) para empezar a colapsarse, si la masa que hay en él es lo suficientemente grande como para frenar su expansión. [24]

El movimiento oscilatorio tiene lugar en los sistemas en que intervienen fuerzas que se equilibran de manera dinámica, es decir, que no se mantienen estáticas, sino que varían en el espacio y el tiempo, manteniendo al sistema dentro de un cierto estado acotado.

Uno de los ejemplos más sencillos es el de un resorte (o un péndulo) que se mueve de su posición inicial mediante un impulso; el movimiento es de tipo oscilatorio simple, y es la base para comprender los movimientos oscilatorios más complejos.

#### 11.1 Movimiento armónico. (fuerza restauradora de tipo lineal)

Uno de los casos más importantes de movimiento es el que se produce por una fuerza lineal de restauración, cuya magnitud es proporcional al desplazamiento de una partícula desde su posición de equilibrio, y su dirección es siempre opuesta a la del movimiento, por ejemplo, una cuerda elástica o un resorte (dentro del rango lineal de operación), la que se describe por la ley de Hooke como:

$$F = -K(X-a) = -Kx \quad \text{ec 2.1.1}$$

Donde

- X longitud total
- a longitud sin estirar del resorte
- K constante lineal del resorte

Si una partícula de masa  $m$  se fija a un resorte (fig II.1), la fuerza que actúa sobre la partícula, en el caso horizontal, se expresa mediante la ec. 2.1.1; para el caso vertical, la ecuación es:

$$F = -K(x-a) + mg \quad \text{ec 2.1.2}$$

donde la dirección positiva es hacia abajo; la nueva posición de equilibrio es  $a + mg/K$ ; esto implica que si  $x = X - a - mg/K$ , resulta nuevamente  $F = -Kx$ , por lo que la ecuación de movimiento para ambos casos es:

$$-Kx = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

ec 2.1.3

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + Kx = 0$$

La ecuación de movimiento 2.1.3 se encuentra en una gran cantidad de sistemas físicos. En el ejemplo empleado, las constantes  $m$ ,  $k$  se refieren a la masa del cuerpo, y a la constante de elasticidad lineal del resorte, respectivamente; el desplazamiento  $x$  corresponde a la distancia.

La misma ecuación se encuentra en el caso del péndulo, donde el desplazamiento es un ángulo y las constantes de movimiento involucran la aceleración gravitacional y la longitud del péndulo.

En algunos tipos de circuitos eléctricos, se encuentra dicha fórmula donde las constantes representan parámetros de los circuitos, y la cantidad  $x$  la corriente eléctrica o el voltaje.

La ec 2.1.3 se resuelve de muchas formas; pertenece a una clase importante de ecuaciones diferenciales, conocidas como ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes. A continuación se ilustra cómo se resuelve este tipo de ecuaciones:

Se propone una solución y se determinan los coeficientes de acuerdo con el caso real.

Sea  $Ae^{qt}$  la función propuesta, con  $A$  y  $q$  como constantes a evaluar.

Si  $x = Ae^{qt}$  es en efecto una solución, entonces satisface la ec 2.1.3, es decir:

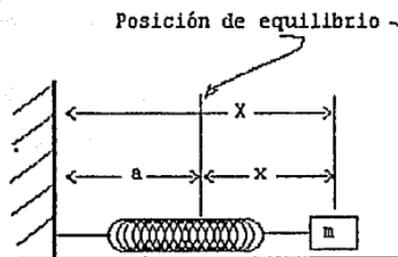
$$m \frac{d^2}{dt^2} (Ae^{qt}) + K (Ae^{qt}) = 0 \quad \text{ec. 2.1.4}$$

entonces

$$m q^2 e^{qt} + K e^{qt} = 0 \quad \rightarrow \quad m q^2 + K = 0$$

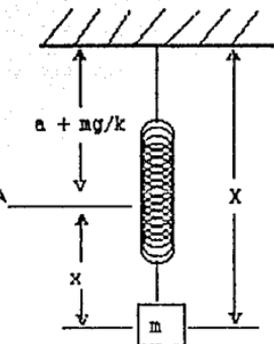
de donde:

$$q = \pm i \sqrt{\frac{K}{m}} = \pm i \omega \quad \text{ec. 2.1.5}$$



(a)

a) Oscilador horizontal



(b)

b) Oscilador vertical

Fig II.1

donde:

$$i = \sqrt{-1} \quad \text{y} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Para las ecuaciones diferenciales lineales las soluciones son aditivas; entonces la solución general es:

$$x = A e^{i\omega_0 t} + A e^{-i\omega_0 t} \quad \text{ec 2.1.6}$$

y puesto que

$$e^{iu} = \cos(u) + i \sin(u)$$

entonces

$$x = A \cos(\omega_0 t + \theta_0) \quad \text{ec 2.1.7}$$

Las constantes de integración ( $A$ ,  $\theta_0$ ), se determinan por las condiciones iniciales. La forma funcional del movimiento es una oscilación senoidal del desplazamiento  $x$ , por esta razón la ec 2.1.3 se conoce como la ecuación del oscilador armónico u oscilador lineal.

Al coeficiente  $\omega_0$  se le llama frecuencia angular de oscilación, donde  $A$  representa el valor máximo que puede alcanzar  $x$ , y se le llama amplitud de la oscilación; el tiempo requerido para que  $x$  complete un ciclo se le designa periodo de oscilación y se denota por  $T_0$  (fig II.2).

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \quad \text{ec 2.1.8}$$

La frecuencia lineal de oscilación  $f_0$  está definida como el número de ciclos que se llevan a cabo por unidad de tiempo por tanto:

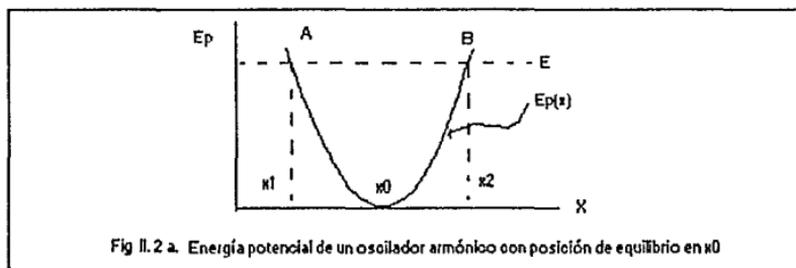
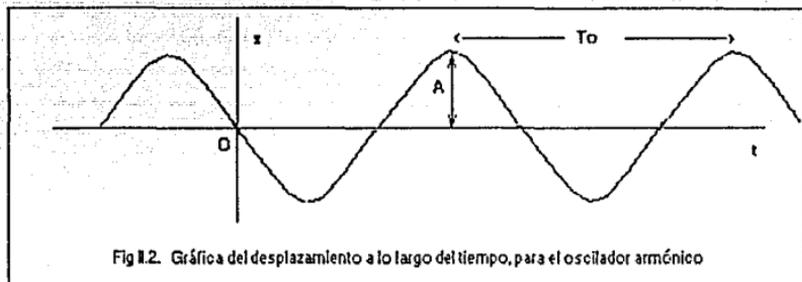
$$\omega_0 = 2\pi f_0 \rightarrow f_0 = 1/T_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} \quad \text{ec 2.1.9}$$

Es común el empleo del término "frecuencia" para evaluar la frecuencia lineal o angular de manera indistinta, ya que usualmente el contexto aclara de qué tipo de frecuencia se trata.

## II.2 Energía en el movimiento armónico

Considerando una partícula que se mueve bajo una fuerza restauradora de tipo lineal  $F = -Kx$ , se calcula el trabajo  $W$  que hace una fuerza externa  $F_e$  sobre una partícula, moviéndola de su posición de equilibrio ( $x=0$ ) hasta cierta posición  $x$ .

Si se tiene que  $F_e = -F = Kx$ , entonces:



$$W = \int F_e dx = \int_0^x Kx dx = Kx^2/2 \quad \text{ec 2.2.1}$$

El trabajo  $W$  se almacena en el resorte como energía potencial (fig II.2a)

$$U(x) = W = Kx^2/2 \quad \text{ec 2.2.2}$$

Entonces  $F = -dU/dx = -Kx$  tal y como se requiere por definición de energía potencial  $U$ ; la energía total  $E$  es la suma de la energía cinética y la energía potencial:

$$E = 1/2 m (dx/dt)^2 + 1/2 Kx^2 \quad \text{ec 2.2.3}$$

y se puede plantear una función para la velocidad:

$$dx/dt = \left( 2E/m - K/m x^2 \right)^{1/2} \quad \text{ec 2.2.4}$$

De la ec 2.2.3 y de la ley de la conservación de la energía, se deduce que la velocidad máxima a la cual puede moverse es:

$$V_{\max} = A (K/m)^{1/2} = A\omega \quad \text{ec 2.2.5}$$

ya que la energía potencial máxima ( $U = 1/2 K A^2$ ) es igual a la energía cinética máxima ( $E = 1/2 m V_{\max}^2$ )

### II.3 Movimiento armónico amortiguado

El análisis hecho para el movimiento armónico corresponde a una idealización de los hechos; en ella falta tomar en cuenta la fuerza de fricción, ya que el objeto en el extremo del resorte se mueve en un medio que produce una resistencia al movimiento, como es el caso del aire.

Esto ocurre en sistemas mecánicos y también en los eléctricos, donde siempre existe una resistencia en el circuito eléctrico.

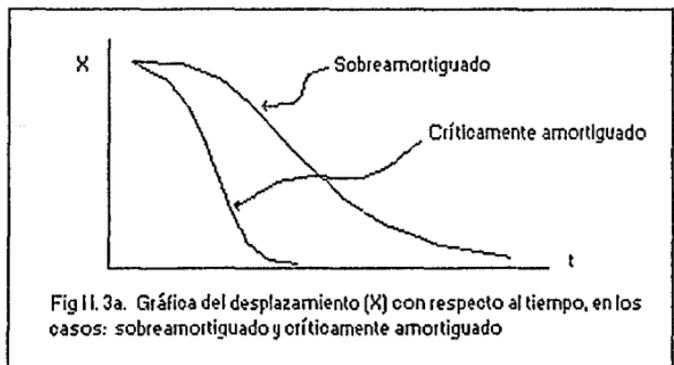
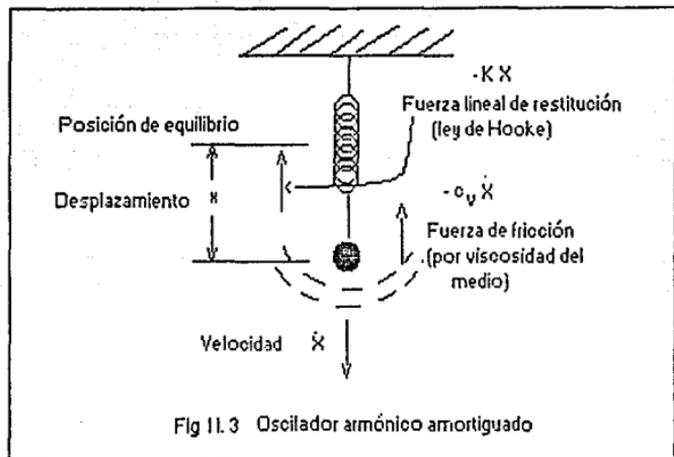
Considérese el movimiento de un objeto fijo a un resorte con elasticidad  $K$ ; se asume la existencia de una fuerza viscosa que se opone al movimiento, y que varía linealmente con la velocidad (como es común para bajas velocidades). Las fuerzas que intervienen se indican en la fig II.3.

Si  $x$  es el desplazamiento respecto a la posición de equilibrio, entonces la fuerza restitutiva que ejerce el resorte es  $-Kx$ , y la de retardo es  $(-cv)dx/dt$ , donde  $cv$  es una constante de proporcionalidad; la ecuación diferencial de movimiento,  $F = m (d^2x/dt^2)$  toma la siguiente forma:

$$-Kx - cv (dx/dt) = m (d^2x/dt^2) \quad \text{ec 2.3.1}$$

6

$$m (d^2x/dt^2) + cv dx/dt + Kx = 0$$



Nuevamente, propondremos una función solución, para resolver la ecuación, que será la función exponencial, como antes,  $Ae^{qt}$ . Si esta es solución entonces cumple que:

$$m \frac{d^2}{dt^2} (Ae^{qt}) + cv \frac{d}{dt} (Ae^{qt}) + K(Ae^{qt}) = 0 \quad \text{ec 2.3.2}$$

Para toda  $t$ . Esto es posible si  $q$  satisface la siguiente ecuación auxiliar:

$$mq^2 + cvq + k = 0 \quad \text{ec 2.3.3}$$

las raíces se obtienen por la fórmula cuadrática

$$q = \frac{-cv \pm (c^2v^2 - 4mk)^{1/2}}{2m} \quad \text{ec 2.3.4}$$

En los casos en que  $c^2v^2 > 4mk$  (caso sobreamortiguado) y cuando  $c^2v^2 = 4mk$  (caso críticamente amortiguado),  $q$  es real y negativa, por lo que el movimiento es no oscilatorio ya que el desplazamiento decae a cero exponencialmente con el tiempo, como se muestra en la fig II.3a.

En el caso sobreamortiguado le llamaremos  $-\gamma_1$  y  $-\gamma_2$  a los dos valores de  $q$  que se obtienen de la ecuación 2.3.4. La solución general puede escribirse como

$$x = A_1 e^{-\gamma_1 t} + A_2 e^{-\gamma_2 t} \quad \text{ec 2.3.5}$$

y en el caso de críticamente amortiguado la ecuación es

$$x = e^{-\gamma t} (A_1 + A_2 t) \quad \text{ec 2.3.6}$$

donde

$$\gamma = \frac{cv}{2m}$$

en el caso de que  $c^2v^2 < 4mk$  tenemos un tercer caso de amortiguamiento. En este caso  $q$  es compleja. Las dos raíces de la ecuación auxiliar son números complejos y el movimiento se describe por la solución general

$$x = A + e^{(-\gamma - i\omega)t} + A - e^{(-\gamma + i\omega)t} \quad \text{ec 2.3.7}$$

donde

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{c^2v^2}{4m^2}} = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \quad \text{ec 2.3.8}$$

y como

$$x = e^{-\gamma t} (A_+ e^{i\omega t} + A_- e^{-i\omega t})$$

$$\begin{aligned}
 &= e^{-\gamma t} [(1A_+ - 1A_-) \text{sen } \omega t + (A_+ + A_-) \text{cos } \omega t] \\
 &= e^{-\gamma t} (a \text{sen } \omega t + b \text{cos } \omega t)
 \end{aligned}
 \quad \text{ec 2.3.9}$$

donde  $a = i(A_+ - A_-)$  y  $b = A_+ + A_-$

Tambi3n se puede escribir la soluci3n como:

$$x = Ae^{-\gamma t} \text{cos} (\omega t + \theta_0) \quad \text{ec 2.3.10}$$

donde  $A = (a^2 + b^2)^{1/2}$  y  $\theta_0 = -\tan^{-1}(b/a)$

La forma real de las soluciones muestra que el movimiento es oscilatorio y que la amplitud  $Ae^{-\gamma t}$  decae exponencialmente con el tiempo. Tambi3n se nota que la frecuencia angular de oscilaci3n  $\omega_1$  es menor que la frecuencia del oscilador no amortiguado  $\omega_0$ ; la frecuencia  $\omega_1$  se llama frecuencia natural.

En el caso de una amortiguaci3n d3bil, esto es, si  $\gamma$  es muy peque1a comparada con  $\omega_0$  tenemos la siguiente aproximaci3n

$$\omega_1 \approx \omega_0 - \frac{\gamma^2}{2\omega_0} \quad \text{ec 2.3.11}$$

Esta relaci3n se obtiene por expansi3n del lado derecho de la ecuaci3n 2.3.8, mediante el Teorema del Binomio (27), (35), reteniendo los dos primeros t3rminos; una gr1fica del movimiento se muestra en la fig II.4.

De la ecuaci3n 2.3.10 se sigue que las dos curvas

$$x = Ae^{-\gamma t} \quad \text{y} \quad x = -Ae^{-\gamma t}$$

forman una envolvente de la curva de movimiento, puesto que el factor coseno toma valores entre +1 y -1, en estos puntos la curva toca a la envolvente. Los puntos de contacto est1n separados por un intervalo de tiempo de medio periodo ( $\pi/\omega_1$ ).

### II.3.1 La energa en el caso amortiguado

La energa total del oscilador arm3nico amortiguado es, en cualquier instante igual a la suma de la energa cin3tica  $1/2m\dot{x}^2$  y la energa potencial  $1/2 kx^2$  (donde  $\dot{x} = d/dt (x)$ )

$$E = 1/2 m\dot{x}^2 + 1/2 kx^2 \quad \text{ec 2.3.12}$$

diferenciando 2.3.12 tenemos que

$$\frac{dE}{dt} = m\ddot{x}\dot{x} + kx\dot{x} = (m\ddot{x} + kx)\dot{x} \quad \text{ec 2.3.13}$$

pero, de la ecuaci3n diferencial de movimiento 2.3.1 tenemos que

$$m\ddot{x} + kx = -c\dot{x} \quad \text{ec 2.3.14}$$

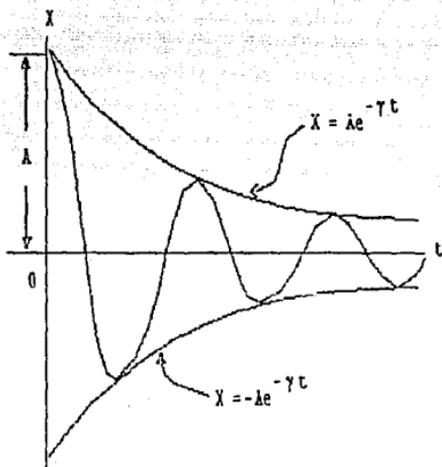


Fig II.4 Gráfica del desplazamiento de un oscilador armónico poco amortiguado.

en consecuencia

$$\frac{dE}{dt} = -cv\dot{x}^2 \quad \text{ec 2.3.15}$$

esta tasa representa la cantidad de energía que se pierde por disipación en forma de calor, a causa de la fricción.

Se concluye que, en este caso, no se conserva la energía dentro del sistema del resorte oscilador, sino que se disipa hacia el medio en el se mueve. Como consecuencia se tiene un gasto extra de energía, respecto del caso no amortiguado.

#### 11.4 Movimiento armónico forzado (Resonancia)

En esta sección se estudia el movimiento de un oscilador armónico amortiguado, al que se le aplica una fuerza externa que varía senoidalmente con el tiempo (una fuerza armónica). Supongamos que ésta fuerza  $F_{ext}$  tiene una frecuencia angular  $\omega$  y una amplitud  $F_0$ , entonces:

$$F_{ext} = F_0 \cos(\omega t + \theta) \quad \text{ec 2.4.1}$$

que, para mayor conveniencia en su manejo, se expresará como:

$$F_{ext} = F_0 e^{i(\omega t + \theta)} \quad \text{ec 2.4.2}$$

esta función 2.4.2 en su parte real es igual a la ecuación 2.4.1 y cumple la misma ecuación diferencial tanto en su parte real como imaginaria, por lo que podemos emplearla para obtener las soluciones de 2.4.1 aprovechando la facilidad de manejo de las exponenciales.

Ahora, se puede plantear el conjunto de fuerzas que actúa sobre el sistema; las fuerzas que actúan son: la fuerza elástica  $-kx$ , la amortiguación por viscosidad  $-cv\dot{x}$ , y la fuerza externa  $F_{ext}$ . Entonces, la ecuación diferencial del movimiento es:

$$-kx - cv\dot{x} + F_{ext} = m\ddot{x}$$

o bien

$$m\ddot{x} + cv\dot{x} + kx = F_{ext} = F_0 e^{-i(\omega t + \theta)} \quad \text{ec 2.4.3}$$

La solución de esta ecuación diferencial lineal está dada por la suma de dos partes. La primera es la solución de la ecuación homogénea

$$m\ddot{x} + cv\dot{x} + kx = 0 \quad \text{ec 2.4.4}$$

que se resolvió en la sección II.3, donde se analiza el caso del oscilador amortiguado; la segunda es una solución particular.

La solución de la ecuación homogénea representa una oscilación que eventualmente decae a cero y se le llama Término de

Transición.

Puesto que la fuerza es constante en amplitud y varía senoidalmente en el tiempo, podemos esperar, razonablemente, encontrar una solución para la cual el desplazamiento de  $x$  es también senoidal en el tiempo. Por lo tanto, para la ecuación no homogénea propondremos una solución de la siguiente forma:

$$x = Ae^{i(\omega t + \theta')} \quad \text{ec 2.4.5}$$

si este intento es correcto tendremos que:

$$m \frac{d^2}{dt^2} [Ae^{i(\omega t + \theta')}] + cv \frac{d}{dt} [Ae^{i(\omega t + \theta')}] + k e^{i(\omega t + \theta')} = F_0 e^{i(\omega t + \theta')} \quad \text{ec 2.4.6}$$

para todos los valores de  $t$ . La expresión puede reducirse a:

$$-m\omega^2 A + i\omega cA + kA = F_0 e^{i(\theta - \theta')} = F_0 [\cos(\theta - \theta') + i \sin(\theta - \theta')] \quad \text{ec 2.4.7}$$

(véase (25))

igualando las partes real e imaginaria tenemos que

$$A(k - m\omega^2) = F_0 \cos \varphi \quad \text{ec 2.4.8}$$

$$c\omega A = F_0 \sin \varphi \quad \text{ec 2.4.9}$$

donde, la diferencia de fase o ángulo es  $\theta - \theta'$  y se denota como  $\varphi$ . Dividiendo 2.4.9 entre 2.4.8, se tiene que:

$$\tan \varphi = \frac{c\omega}{k - m\omega^2} \quad \text{ec 2.4.10}$$

Elevando al cuadrado 2.4.8, 2.4.9 y empleando el hecho de que  $\sin^2 + \cos^2 = 1$ , tenemos que la suma de ambos cuadrados es:

$$A^2 (k - m\omega^2)^2 + c^2 \omega^2 A^2 = F_0^2$$

resolviendo para  $A$ , la amplitud para el estado estacionario es

$$A = \frac{F_0}{[(k - m\omega^2)^2 + c^2 \omega^2]^{1/2}} \quad \text{ec 2.4.11}$$

en términos de  $\omega_0 = (k/m)^{1/2}$ ,  $\gamma = c/\sqrt{2m}$  podemos escribir

$$\tan \varphi = \frac{2\gamma\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad \text{ec 2.4.12}$$

por tanto

$$A = \frac{F_0/m}{[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2 \omega^2]^{1/2}} \quad \text{ec 2.4.13}$$

La ec. 2.4.13 relaciona la amplitud  $A$  con la frecuencia que se le imprime al oscilador y esto es de suma importancia. En la fig II.5 se muestra una gráfica para los valores de la amplitud como función de la frecuencia  $\omega$ ; se aprecia un máximo a una frecuencia que llamaremos frecuencia de resonancia  $\omega_r$ .

Para encontrar  $\omega_r$  se resuelve  $dA/d\omega = 0$  y se obtiene que

$$\omega_r = (\omega_0^2 - 2\gamma^2)^{1/2} \quad \text{ec 2.4.14}$$

En el caso de un oscilador poco amortiguado ( $c_v \ll 2(mk)^{1/2}$  ó  $\gamma \ll \omega_0$ ), la frecuencia de resonancia  $\omega_r$  toma un valor muy cercano a la frecuencia en que el oscilador está libre y no amortiguado ( $\omega_0$ ).

Al expandir la ecuación 2.4.14 por el Teorema del Binomio, tendremos que reteniendo términos a segundo orden: [27], [35]

$$\omega_r \cong \omega_0 - \frac{\gamma^2}{\omega_0} \quad \text{ec 2.4.15}$$

si denotamos a  $\gamma^2/\omega_0 = \epsilon$  podemos decir que, para el caso de un oscilador amortiguado

$$\omega_r \cong \omega_0 - 1/2 \epsilon \quad \text{ec 2.4.16}$$

y para el caso de la frecuencia de resonancia

$$\omega_r \cong \omega_0 - \epsilon \quad \text{ec 2.4.17}$$

La frecuencia de resonancia es la frecuencia que necesita tener la fuerza externa para que el oscilador alcance una amplitud máxima, considerando la viscosidad del medio y considerando que el resorte tiene una respuesta lineal.

### 11.5 Oscilaciones anarmónicas

El movimiento armónico simple se genera por una fuerza  $F = -kx$  correspondiente a una energía potencial  $E_p = 1/2 kx^2$ , midiéndose  $x$  a partir de la posición de equilibrio  $O$ .

Cuando la posición de equilibrio se encuentra en  $x_0$  en lugar del origen (fig. II.2a), entonces  $E_p = 1/2 k(x - x_0)^2$ ; el gráfico de  $E_p$  es una parábola con su vértice en  $x_0$ . Si la energía total  $E$  interseca a  $E_p$  en el punto A y en el punto B, la partícula oscila entre las posiciones  $x_1$ ,  $x_2$ , que están colocadas simétricamente con respecto de  $x_0$ .

Nótese que:

$$dE_p/dx = k(x-x_0) \quad \text{y} \quad d^2E_p/dx^2 = k \quad \text{ec 2.5.1}$$

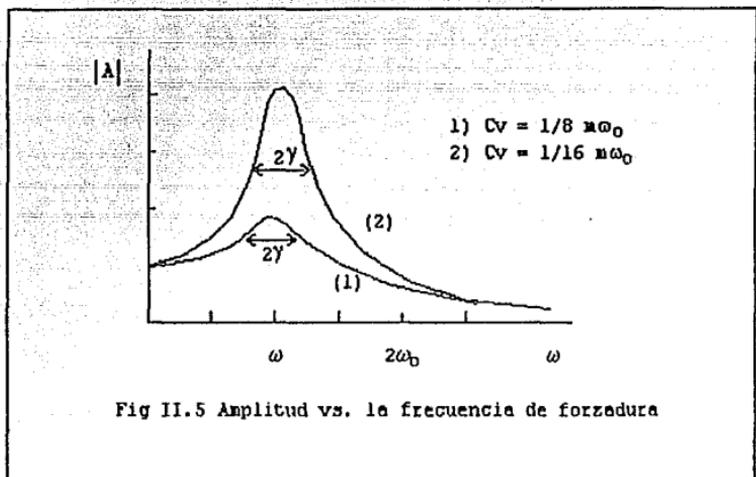


Fig II.5 Amplitud vs. la frecuencia de forzadura

entonces la frecuencia angular:

$$\omega = (k/m)^{1/2} = [(d^2E_p/dx^2)/m]^{1/2} \quad \text{ec 2.5.2}$$

Ahora consideremos el caso en que la energía potencial no es una parábola, pero tiene un mínimo bien definido, como se ilustra en la fig II.8, es la situación más frecuente en los sistemas físicos y da como resultado un movimiento oscilatorio anarmónico.

Si la energía total de la partícula es E, la partícula oscilará entre las posiciones  $x_1$ ,  $x_2$ , las cuales ahora son asimétricas con respecto a la posición de equilibrio  $x_0$ ; la frecuencia de las oscilaciones depende ahora de la energía.

Para obtener una estimación de la frecuencia, se procede como sigue: Dada una función  $f(x)$ , el Teorema de Taylor [27] nos permite expresarla como una serie de potencias

$$f(x) = f(x_0) + (df/dx)_{x_0} (x-x_0) + \frac{1}{2} (d^2f/dx^2)_{x_0} (x-x_0)^2 + \frac{1}{6} (d^3f/dx^3)_{x_0} (x-x_0)^3 + \dots$$

ec 2.5.3

el subíndice  $x_0$  indica que las derivadas se evalúan en  $x = x_0$ . Aplicando este teorema a  $E_p(x)$  y notando que en  $x_0$

$$(dE_p/dx)_{x_0} = 0$$

entonces

$$\begin{aligned} E_p(x) &= E_p(x_0) + \frac{1}{2} (d^2E_p/dx^2)_{x_0} (x-x_0)^2 + \frac{1}{6} (d^3E_p/dx^3)_{x_0} (x-x_0)^3 + \dots \\ &= E_p(x_0) + \frac{1}{2} k(x-x_0)^2 + \frac{1}{6} k'(x-x_0)^3 + \dots \end{aligned}$$

ec 2.5.4

donde hemos supuesto que

$$k = (d^2E_p/dx^2)_{x_0}, \quad k' = (d^3E_p/dx^3)_{x_0}, \quad \text{etc.}$$

El primer término es constante y corresponde a un cambio en el cero de la energía potencial. El segundo es el término cuadrático que corresponde a un oscilador armónico con  $k = (d^2E_p/dx^2)_{x_0}$ .

Los términos restantes son los responsables de la anarmonicidad y se denominan términos anarmónicos.

Si la energía E no es muy alta, la amplitud de las oscilaciones es pequeña y como una aproximación razonable podemos conservar los dos primeros términos solamente,  $E = E_p(x_0) + \frac{1}{2} k(x-x_0)^2$ ; el movimiento es prácticamente armónico simple, con una frecuencia de oscilación de

$$\omega = (k/m)^{1/2} \approx [(d^2E_p/dx^2)_{x_0}/m]^{1/2}$$



Fig II. 6 Energía potencial de un oscilador anarmónico con posición de equilibrio en  $x_0$

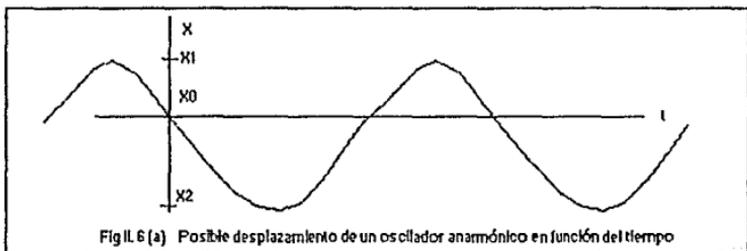


Fig II. 6 (a) Posible desplazamiento de un oscilador anarmónico en función del tiempo

Esta aproximación es aceptable en muchos casos, pero para energías mayores este valor de  $\omega$  es, en general, muy diferente a la frecuencia real, y la aproximación armónica simple es inadecuada. En dichos casos debe tomarse en cuenta el efecto de los términos anarmónicos.

La fuerza que actúa sobre la partícula, correspondiente a la energía potencial de la ec. 2.5.4, es

$$F = - \frac{dE_p}{dx} = - k(x-x_0) - \frac{1}{2} k'(x-x_0)^2 + \dots \quad \text{ec 2.5.5}$$

donde el primer término es el de una fuerza armónica simple y los restantes son los términos anarmónicos.

El movimiento de la partícula dependerá mucho de la forma de la fuerza que actúa sobre ella. Sin embargo, cualitativamente puede tener la forma que se ilustra en la fig II.6a.

## II.6 Osciladores acoplados

Una situación que se encuentra con frecuencia es aquella con dos osciladores acoplados; en la fig II.7 se ilustran tres situaciones posibles. En (a) tenemos dos masas ( $m_1, m_2$ ) unidas a dos resortes ( $k_1, k_2$ ) y acoplados por el resorte  $k$ , de modo que los movimientos de  $m_1$  y  $m_2$  no son independientes.

En (b) tenemos dos péndulos acoplados por una cuerda (AB), y en (c), los cuerpos  $I_1, I_2$  unidos a las barras  $k_1, k_2$  están unidos por la barra  $k$ , formando dos péndulos de torsión acoplados. El efecto total del acoplamiento de dos osciladores puede describirse como un intercambio de energía entre ellos.

Para discutir el problema dinámicamente debemos establecer la ecuación de movimiento de cada oscilador. Consideremos el caso especial de dos masas  $m_1$  y  $m_2$ , unidas a resortes como en la fig II.7a.

Llamaremos  $x_1, x_2$  a los desplazamientos de  $m_1$  y  $m_2$  a partir de la posición de equilibrio, medidos como positivos cuando están a la derecha; el resorte  $k_1$  ejerce una fuerza  $-k_1x_1$  sobre  $m_1$  y similarmente  $k_2$  ejerce una fuerza  $-k_2x_2$  sobre  $m_2$ .

El resorte  $k$  ha sufrido una elongación  $x_2 - x_1$  y, por lo tanto, las fuerzas que ejerce sobre cada partícula al tratar de recobrar su longitud son:  $k(x_2 - x_1)$  sobre  $m_1$  y  $-k(x_2 - x_1)$  sobre  $m_2$ . Entonces las ecuaciones de movimiento para cada partícula son:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = - k_1 x_1 + k(x_2 - x_1)$$

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} = - k_2 x_2 - k(x_2 - x_1)$$

ec 2.6.1

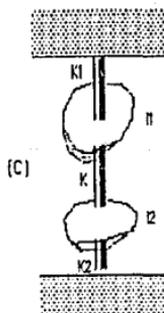
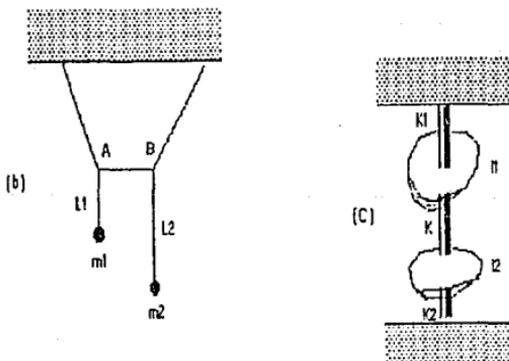
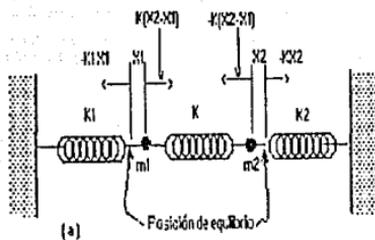


Fig II.7 Varios tipos de osciladores acoplados

que se pueden reescribir como

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{k_1+k}{m_1} x_1 = \frac{k}{m_1} x_2$$

ec 2.6.2

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{k_2+k}{m_2} x_2 = \frac{k}{m_2} x_1$$

En lugar de intentar obtener la solución general de las ecuaciones 2.6.2, se indican los resultados principales, limitándose al caso especial en que los osciladores son idénticos, es decir,  $k_1 = k_2$ ;  $m_1 = m_2$ . Este caso, aunque más simple, tiene esencialmente todas las características del caso general.

Bajo estas suposiciones, las ecuaciones 2.6.2 se modifican a:

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{k_1+k}{m_1} x_1 = \frac{k}{m_1} x_2$$

ec 2.6.3

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{k_1+k}{m_1} x_2 = \frac{k}{m_1} x_1$$

Puede demostrarse que el movimiento general de los osciladores acoplados, descrito por las ecuaciones 2.6.3, puede considerarse como la superposición de dos modos normales de oscilación. En uno de los modos normales los dos osciladores se mueven en fase con amplitudes iguales. Es decir:

$$x_1 = A_1 \text{ sen } (\omega_1 t + \alpha_1) \\ x_2 = A_1 \text{ sen } (\omega_1 t + \alpha_1)$$

ec 2.6.4

donde  $\omega_1 = (k_1/m_1)^{1/2}$ .

Significa que la frecuencia de los osciladores acoplados es la misma, que la que cada masa tendría si no hubiera acoplamiento.

Esto es fácilmente comprensible porque los osciladores tienen igual amplitud y están en fase, el resorte central no sufre ningún estiramiento y por lo tanto no ejerce ninguna fuerza sobre las masas, que se mueven como si no estuvieran acopladas.

En el segundo modo normal, los dos osciladores se mueven en oposición con amplitudes iguales. Esto es

$$x_1 = A_2 \text{ sen } (\omega_2 t + \alpha_2) \\ x_2 = -A_2 \text{ sen } (\omega_2 t + \alpha_2)$$

ec 2.6.5

donde  $\omega_2 = [(k_1+2k)/m_1]^{1/2}$

En consecuencia, la frecuencia es mayor que la frecuencia del primer modo. Esto se comprende fácilmente ya que ahora el resorte central se estira y se comprime, y esto equivale a aumentar la constante elástica de cada oscilador.

Los dos modos normales 2.6.4 y 2.6.5, corresponden a una situación en la que las dos masas se mueven con diferencia de fase

constante, la cual es cero en el modo 2.6.4 y  $\pi$  en el modo 2.6.5. Las dos masas pasan simultáneamente a través de su posición de equilibrio y alcanzan sus desplazamientos máximos simultáneamente.

La solución general de las ecuaciones 2.6.3 es una combinación lineal de los modos normales de oscilación, y se expresa a continuación:

$$\begin{aligned}x_1 &= A_1 \sin(\omega_1 t + \alpha_1) + A_2 \sin(\omega_2 t + \alpha_2) \\x_2 &= A_1 \sin(\omega_1 t + \alpha_1) - A_2 \sin(\omega_2 t + \alpha_2)\end{aligned}$$

ec. 2.6.6

Podemos ver que estas dos ecuaciones expresan la solución general de la ec. 2.6.3, ya que contienen cuatro constantes arbitrarias:  $A_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $A_2$ , y  $\alpha_2$ , como corresponde a un sistema de dos ecuaciones diferenciales acopladas de segundo orden.

Estas dos ecuaciones indican que  $x_1$ ,  $x_2$  son los resultados de las interacciones de dos movimientos armónicos simples en la misma dirección pero de frecuencia y fase distintas.

Si suponemos que  $A_1 = A_2$ , y que las fases iniciales son cero ( $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ ) entonces tenemos que: [26]

$$\begin{aligned}x_1 &= A_1 \sin \omega_1 t + A_1 \sin \omega_2 t = A_1 (\sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t) \\&= [2A_1 \cos \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t] \sin \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t\end{aligned}$$

ec. 2.6.7

$$\begin{aligned}x_2 &= A_1 \sin \omega_1 t - A_1 \sin \omega_2 t = A_1 (\sin \omega_1 t - \sin \omega_2 t) \\&= [2A_1 \sin \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t] \cos \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t\end{aligned}$$

ec. 2.6.8

La amplitud modulada de  $x_1$  es  $2A \cos [\frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t]$ , y la de  $x_2$  es  $2A [\sin \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t]$ , que también se expresa como  $2A \cos [\frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2)t - \pi/2]$ .

Se desprende que las amplitudes moduladas tienen una diferencia de fase de  $\pi/2$ , o un cuarto del periodo modulante; las variaciones de  $x_1$ ,  $x_2$  en función de  $t$  se ilustran en la fig II.8.

Existe un intercambio de energía entre los dos osciladores debido a la diferencia de fase entre las dos amplitudes modulantes.

Durante un cuarto del periodo, la amplitud de un oscilador disminuye y la del otro aumenta, dando lugar a una transferencia de energía del primero al segundo.

En el siguiente cuarto del periodo la situación se invierte y la energía fluye en la dirección opuesta; el proceso se repite continuamente. Este fenómeno puede observarse usando dos péndulos como se indica en la fig II.7b.

Es importante considerar la energía total del sistema, la energía cinética total es  $E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$ ; la energía potencial total es  $E_p = \frac{1}{2} k_1 x_1^2 + \frac{1}{2} k_2 x_2^2 + \frac{1}{2} k(x_1 - x_2)^2$ , ya que  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_1 - x_2$  son las elongaciones de cada resorte, ó bien de manera alternativa

$$E_p = \frac{1}{2} (k_1 + k) x_1^2 + \frac{1}{2} (k_2 + k) x_2^2 - k x_1 x_2 \quad \text{ec. 2.6.9}$$

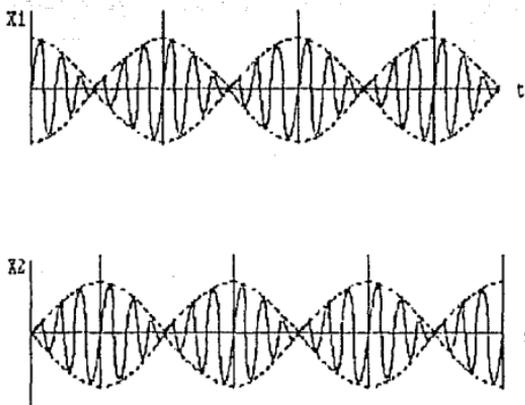


Fig. II.8 Desplazamiento de los puntos  $X_1$ ,  $X_2$ , en un oscilador acoplado de igual amplitud.

y por lo tanto la energía total es:

$$E = E_k + E_p = \left[ \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} (k_1+k) x_1^2 \right] + \\ + \left[ \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \frac{1}{2} (k_2+k) x_2^2 \right] - k x_1 x_2$$

ec 2.6.10

El primer término depende sólo de  $x_1$  y puede llamarse la energía de  $m_1$ ; el del segundo paréntesis corresponde a la energía de  $m_2$ . Pero el último término contiene tanto  $x_1$  como  $x_2$  y se denomina la energía de acoplamiento o de interacción. Este último describe el intercambio de la energía entre los dos osciladores; en su ausencia, la energía de cada oscilador es constante.

Cuando hay un acoplamiento, la energía total es constante; es un resultado general cuando interactúan dos sistemas, dando por resultado un intercambio de energía. La energía total del sistema es de la forma:

$$E = (E_k + E_p)_1 + (E_k + E_p)_2 + E_{p12} \quad \text{ec 2.6.11}$$

(donde el último término representa la interacción)

Los osciladores acoplados se encuentran en muchas situaciones físicas, uno de los casos importantes es la vibración de los átomos en una molécula. Una molécula no es una estructura rígida puesto que los átomos que la forman oscilan con respecto a su posición de equilibrio.

La oscilación de cada átomo afecta su interacción con los otros y entonces se forma un sistema de osciladores acoplados.

El caso de una molécula triatómica, como el  $\text{CO}_2$ , que geoméricamente tiene el ordenamiento  $\text{O} = \text{C} = \text{O}$  (como se ilustra en la fig II.9), es muy similar al caso de los osciladores de la fig II.7. El movimiento relativo de los tres átomos puede describirse en función de osciladores normales.

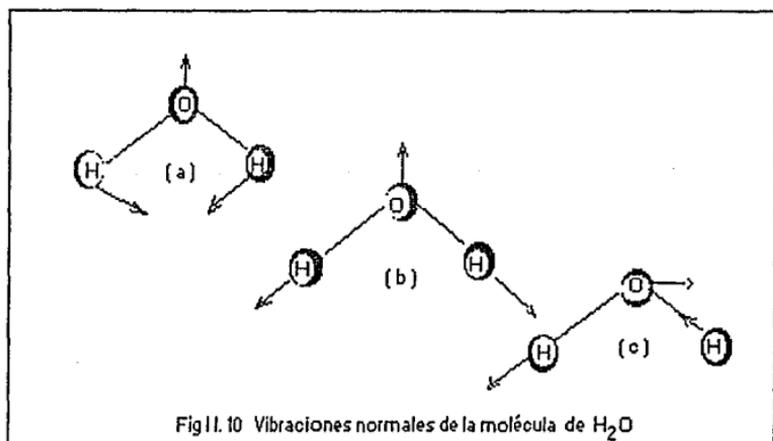
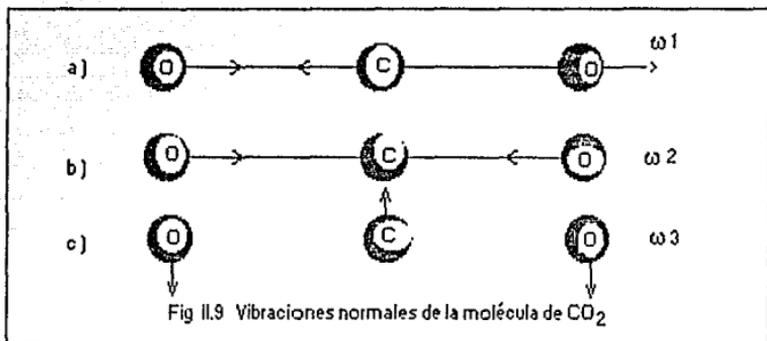
En la fig II.9a, los átomos de oxígeno oscilan en fase, con el átomo de carbono moviéndose en dirección opuesta para conservar la posición del centro de masa; este modo corresponde a la oscilación  $\omega_1$  de la figura.

En la fig II.9b, los dos átomos de oxígeno se mueven en direcciones opuestas con respecto al átomo de carbono, el cual permanece fijo respecto del centro de masa; este modo de oscilación corresponde a  $\omega_2$ .

La situación que se ilustra en la fig II.9c no se ha considerado previamente; corresponde a un movimiento perpendicular a la línea que une a los átomos, con frecuencia angular  $\omega_3$ , resultando en una flexión de la molécula.

Para la molécula de  $\text{CO}_2$ , los valores de las tres frecuencias angulares son:

$$\omega_1 = 4.443 \times 10^{14} \text{ seg}^{-1} \\ \omega_2 = 2.529 \times 10^{14} \text{ seg}^{-1} \\ \omega_3 = 1.281 \times 10^{14} \text{ seg}^{-1}$$



Si la molécula no es lineal ó tiene más de tres átomos, el análisis de las oscilaciones normales se vuelve más complicado pero en esencia es el mismo.

Por ejemplo, en la molécula de H<sub>2</sub>O, en la que el átomo se encuentra a cada lado, las vibraciones normales se ilustran en la fig II.10, y sus frecuencias son:

$$\begin{aligned}\omega_1 &= 3.017 \times 10^{14} \text{ seg}^{-1} \\ \omega_2 &= 6.908 \times 10^{14} \text{ seg}^{-1} \\ \omega_3 &= 7.104 \times 10^{14} \text{ seg}^{-1}\end{aligned}$$

## CAP III

### EL MODELO MATEMATICO DEL ESTRES

#### Introducción

Cualquier teoría sobre el estrés debería estar orientada hacia dos metas científicas: la predicción y la comprensión. Al hablar de predicción se hace referencia al valor de las variables del modelo, o bien al estado de todo el sistema que se estudia.

El término comprensión se refiere a la interacción de las variables de un modelo; cómo interactúan las variables, por qué interactúan y cuando es de gran importancia la interacción.

Un modelo debería de poder describir las reacciones ante el estrés, sugerir conjuntos de acciones prescriptivas y también predecir y explicar los vínculos causales entre las variables del modelo.

En la actualidad un modelo con éstas características sería de gran utilidad, ya que el estrés parece ser el símbolo de nuestros tiempos, en donde la vida se desarrolla a gran velocidad y el mundo está en un constante cambio, exigiendo una gran capacidad de adaptación y trabajo eficiente, para desempeñarse con éxito.

El estudio de la relación entre estrés y trabajo tiene particular importancia; al respecto se muestra una cita: "Los gerentes no tienen modelos que predigan las consecuencias de la relación estrés-trabajo y, que a la vez, les permitan comprender los fenómenos involucrados.

Se requiere un modelo funcional de dicho vínculo, a fin de ofrecer a los administradores cierta explicación acerca de cómo y por qué algunas personas empiezan a padecer estrés, y sobre la manera en que la gente responde al estrés" (14).

En esta cita se hace patente que el estudio del estrés es más que una cuestión académica, una necesidad práctica que hay que tomar en cuenta en el ámbito productivo.

El gerente típico posee una serie de creencias sobre la relación estrés-trabajo y, en un sentido no riguroso, estos supuestos constituyen su teoría al respecto.

Es posible que su teoría se base en la experiencia y sin embargo aún cuando es posible que una teoría de tal índole resulte incompleta, y no muy confiable, el ejecutivo se basa en ella para tomar sus decisiones.

En consecuencia, disponer de un modelo que permita incorporar sus experiencias para poder predecir los niveles de estrés, es de gran interés y de mucha importancia.

Los enfoques médico y conductual del vínculo estrés-trabajo pretenden integrar experiencia, hallazgos derivados de la investigación, y variables basadas en los aspectos individuales. Por tanto, ningún modelo de estrés coincidirá exactamente con la

experiencia de un gerente en particular, ni puede aceptarse como definitivo.

Según Ivancevich (14): " Para lograr un modelo integral del vínculo estrés-trabajo este deberá:

- a) Propiciar la comprensión de la gerencia en lo que respecta a la relación estrés-trabajo.
- b) Incluir la terminología y conceptos que cobren sentido, desde una perspectiva administrativa.
- c) Despertar el interés de la gerencia general y no de grupos específicos o reducidos en la administración.
- d) No ser considerado como la solución absoluta y definitiva a los aspectos de la relación estrés-trabajo
- e) Integrar las variables médicas y de las ciencias del comportamiento que resulten pertinentes.
- f) Sugerir cursos de acción que puedan seguir los gerentes, para contrarrestar el estrés en sus subordinados y en ellos mismos.
- g) Ofrecer sugerencias para someter a prueba e investigar las variables de la relación estrés-trabajo
- h) Incorporar variables individuales, grupales y organizacionales, así como variables extraorganizacionales que estén potencialmente relacionadas con las organizaciones resultantes.

Estas metas sirven de base para juzgar a los modelos existentes sobre la relación estrés-trabajo, para criticarlos y también para desarrollar otro modelo; con el objetivo de que concuerden con el enfoque de la medicina, la ciencia conductual y las ciencias administrativas. En la tabla III.1 se muestran las principales razones para imponer las diferentes metas.

Tabla III.1

(según Ivancevich 1989 (14))

Metas	Razones para la meta
Mejorar la comprensión del fenómeno	Los gerentes necesitan trabajar con los empleados que sufren estrés y necesitan lograr metas de desempeño
Uso de terminología y conceptos aceptables	Para que pueda ocurrir un diálogo común y preciso entre aquellos que estudian, trabajan o investigan el estrés y el trabajo.

sigue tabla III.1

Debe ser una manera de ver el estrés y no una respuesta final

Las respuestas finales en el campo de la conducta organizacional y en la administración, se ven en forma sospechosa. Existen tantos factores y diferencias individuales por considerar, que las respuestas finales no son factibles.

Integración de variables médicas y conductuales

El estrés en la enfermedad y el estrés del comportamiento son importantes para describir el comportamiento humano.

Sugerir cursos de acción

Se deben alterar las condiciones de tal forma que el estrés no disminuya la capacidad de los empleados. Se requiere de la acción una vez que se identifican los problemas de estrés

Sugerir comprobación e investigación

La teoría debe comprobarse antes que pueda tener una amplia aceptación, por lo tanto se necesitan proposiciones comprobables e investigación real, para verificar y para obtener el diagnóstico confiable de la teoría para aplicarla con confianza.

Incorporar variables individuales, grupales y organizacionales

Las variables individuales, grupales y organizacionales afectan al nivel del estrés y al trabajo. Cada nivel necesita incluirse en un modelo tendiente a presentar una imagen realista del estrés.

### III.1 Modelos del estrés

Existen numerosos modelos médicos y conductuales que pretenden explicar el estrés. Algunos de ellos se formularon por investigadores que los usaron para orientar sus propios estudios sobre el fenómeno.

Los modelos que se presentan en este trabajo se seleccionaron como representativos, y como marcos de referencia útiles para el desarrollo de un modelo integral del estrés.

### III.1.1 Modelo bioquímico

El doctor Hans Selye desarrolló un modelo bioquímico del estrés [15] y fue quién aportó los fundamentos de gran parte de la corriente actual de pensamiento e investigación en torno al estrés.

Selye estableció el concepto de Síndrome General de Adaptación (SGA), y consideró al estrés como una respuesta no específica a cualquier demanda no planteada por el organismo.

La explicación del estrés la hace a través del SGA de la siguiente manera: las consecuencias que los estresores tienen en diferentes partes del organismo hizo que se tuviese como general, mientras que el término adaptación se refiere a la estimulación de las defensas destinadas para ayudar al organismo a que se ajuste al estresor o bien lo afronte. *(véase cap. 1)*

### III.1.2 Modelo psicosomático

Este modelo está basado en la premisa de que las tensiones y el sobreesfuerzo que inciden en un sistema del cuerpo, tienen consecuencias patológicas en otros sistemas corporales. Por ejemplo, un gerente angustiado y temeroso por el informe de evaluación de desempeño correspondiente al fin de año, puede experimentar significativos cambios fisiológicos, durante el periodo previo a la verdadera fecha en que habrá que conocer el resultado.

Esos cambios internos pueden provocar alteraciones importantes en los procesos orgánicos: constricción de los vasos sanguíneos, del tracto digestivo, aumento de glóbulos rojos en el torrente circulatorio, flujo de adrenalina (epinefrina) e incremento del contenido del azúcar en la sangre.

El modelo psicosomático intenta descubrir cómo estas reacciones fisiológicas y otras son inducidas por los procesos psicológicos. Así mismo, pretende determinar las reacciones fisiológicas y los procesos psicológicos que guardan relación.

Este tipo de modelo no sugiere cursos de acción para el ámbito gerencial y administrativo, más que otra cosa, está centrado en las reacciones entre los procesos fisiológicos y los psicológicos. [28]

### III.1.3 Modelo de combate

Basowitz y sus colaboradores desarrollaron un modelo de estrés que se basaba en un estudio de los soldados en combate [29]. Empleó la idea de la "ansiedad" para determinar como estresantes a ciertos tipos de estímulos durante una situación de combate, sin tener en cuenta las respuestas; supuso que los estímulos eran estresantes de igual forma en todos los individuos.

Basowitz et al. definieron la "ansiedad" como una experiencia consciente y comunicable de intenso temor, que surge, en general,

cuando se ve amenazada la integridad del organismo; teóricamente cualquier estímulo se considera como amenaza potencial y podría producir "ansiedad".

Este modelo se ha usado para explicar las respuestas de combatientes sometidos simultáneamente a condiciones de extremo rigor.

El autor da por sentado, implícitamente, que lo estresante para una persona debe serlo, en la misma medida, para otra; lo cual es una deficiencia, pues no reconoce las diferencias individuales y, aún más, sólo se aplica en condiciones similares a las de combate.

#### *III.1.4 Modelo de adaptación*

En 1972 Mechanic [30] formuló un modelo del estrés que se daba entre los estudiantes que participaban en exámenes preliminares para obtener el doctorado. Concibió el estrés como las respuestas de incomodidad manifestadas por las personas en situaciones particulares.

El autor sostuvo que una situación era estresante o no, dependiendo de cuatro factores:

- a) Habilidad y capacidad de la persona
- b) Habilidades y limitaciones resultantes de las prácticas y tradiciones del grupo a que pertenece.
- c) Los medios que ofrece el ambiente social a los individuos
- d) Los nombres que determinan dónde y cómo, una persona puede utilizar los medios.

El modelo de adaptación muestra que, cuando la gente se siente poco preparada para afrontar una situación, puede experimentar una aguda incomodidad. Estos sentimientos pueden traducirse en carencia de conocimientos y habilidades, incertidumbre ante la situación, poca confianza en sí mismo.

En general quienes tienen habilidades y una preparación sólida, son más propensos a sentir confianza y actuar con la seguridad que les falta a aquellas personas no preparadas.

El autor no trató específicamente situaciones organizacionales o de trabajo; la preparación de los estudiantes para sus exámenes predoctorales es un tanto diferente a la que necesitan los empleados o los ejecutivos al presentar su informe de labores.

Mechanic ignoró la diferencia de percepción que existe entre las personas y la importancia que tiene la recepción de estímulos en las situaciones de estudio.

En resumen, este modelo clasifica a las situaciones en forma de estresantes o no estresantes, y se aplica sólo en el caso de condiciones similares a la de los estudiantes de doctorado en la etapa de exámenes.

### III.1.5 Modelo de Desastre

Janis (1954) [31] propuso un modelo explicativo del estrés, que analizaba las respuestas psicológicas de los individuos durante eventos traumáticos. Las variables y relaciones presentadas se basaron en la investigación de Janis acerca de las víctimas de ataques aéreos en tiempos de guerra, y de los pacientes en la etapa previa a las intervenciones de cirugía mayor.

El modelo de desastre de Janis consta de tres segmentos principales, a saber:

- a) El evento desastroso
- b) La respuesta psicológica a éste, por parte de los individuos
- c) Los determinantes intrapsíquicos y situaciones de tales respuestas.

El modelo afirma que la manera exacta en que una persona responde al evento desastroso depende de factores como:

Las expectativas previamente formadas en cuanto a las formas de evitar situaciones peligrosas, la cantidad y calidad de un entrenamiento previo, que la persona haya recibido estrategias defensivas y tácticas para afrontar peligros, niveles crónicos de ansiedad e intensidad de las necesidades de dependencias personales, finalmente, de la percepción del rol que desempeña en la situación correspondiente.

El modelo de desastre se ocupa sólo de eventos cuya naturaleza es en extremo traumática, y no se desprenden sugerencias específicas para manejar el estrés y/o sus consecuencias.

### III.1.6 Modelo ocupacional

Este es un modelo que pretende integrar los datos existentes sobre la relación entre el estrés ocupacional y los padecimientos cardíacos; el modelo ocupacional fué propuesto por House en 1974 [32]; empleó los hallazgos derivados de la investigación relativa al rol de los factores sociales y psicológicos en la etiología de padecimientos crónicos, especialmente del corazón.

La fig III.1 presenta el modelo de House, las líneas continuas indican las relaciones causales entre las variables; las flechas discontinuas muestran la interacción que existe con las "variables condicionantes".

El modelo de House indica que la experiencia relativa al estrés constituye una respuesta subjetiva, resultante de la interacción de las condiciones sociales con características personales, por ejemplo: habilidades, necesidades y valores.

Las características de las situaciones sociales, tales como las relaciones (conflictivas ó armoniosas) en el trabajo, pueden determinar el grado en que una situación potencialmente estresante se traduce en estrés susceptible de percibirse.

El modelo sugiere que la relación entre condiciones sociales y

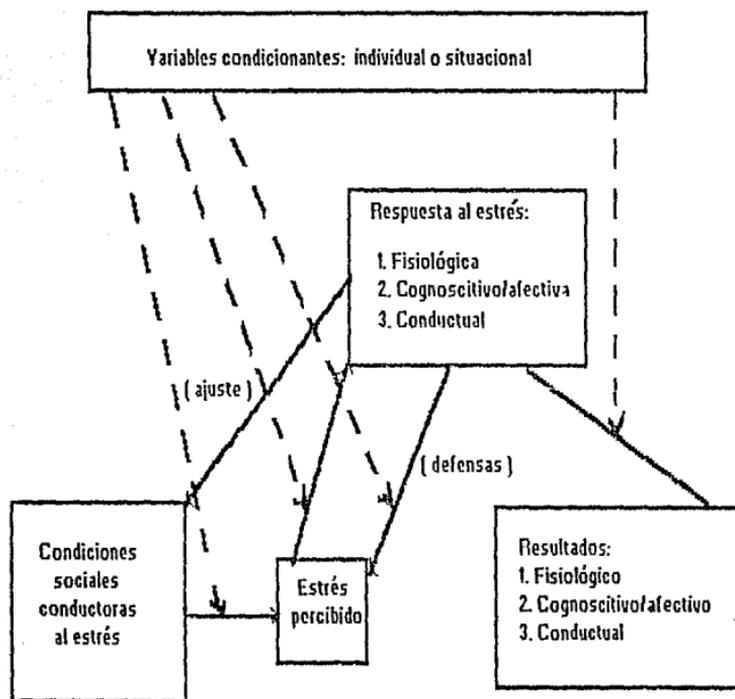


Fig. III.1 Modelo del estrés ocupacional de House

consecuencias (como padecimientos cardíacos), es dependiente de la forma en que el individuo percibe la situación, también que el significado percibido de las condiciones objetivas depende de la naturaleza de la persona, y de la situación social.

El modelo implica que cierto número de individuos experimentan el mismo grado de estrés subjetivo, y rara vez manifiestan en su totalidad el mismo tipo de consecuencias; como el padecimiento de las coronarias.

El aspecto fundamental de este modelo es: cómo los individuos se adaptan a la situación, ya que las respuestas al estrés percibido pueden ser psicológicas (cognoscitivo/afectivas) y/o conductuales.

House ofrece un modelo como un medio heurístico para aclarar e integrar la investigación existente, y para sugerir nuevas áreas que pueden ser objeto de una investigación; no incluye variables organizacionales específicas, sin embargo intenta ilustrar cómo el estrés ocupacional desempeña un rol significativo en la etiología del padecimiento de las coronarias, y probablemente en la de otros padecimientos.

### III.1.7 Modelo de ambiente social

Una serie de estudios en el Institute for Social Research en la Universidad de Michigan USA, han dado origen a un modelo de estrés basado en el ambiente social (fig III.2), que proporciona un marco de referencia para investigar los efectos del papel del trabajo en la salud, y ha servido de apoyo para continuar los estudios de la relación estrés-trabajo (33).

En la fig III.2 se especifican seis conjuntos de variables. Las categorías de las relaciones y de las hipótesis se representan con flechas, que también señalan la dirección de la causalidad.

La categoría A + B se refiere a las relaciones que hay entre el ambiente objetivo y el ambiente psicológico (tal como el individuo lo experimenta).

Por ejemplo, algunos empleados que deben trabajar en equipos e informar a más de un jefe (un hecho del ambiente objetivo), a menudo revelan que las relaciones con sus jefes les producen confusión (un hecho del ambiente psicológico).

La categoría B + C relaciona hechos del ambiente psicológico con las respuestas inmediatas de la persona. Por ejemplo, la percepción de alguien que está confuso por la relación con sus jefes, frecuentemente se traduce en una mayor tensión relacionada con el puesto.

La categoría C + D se refiere al efecto de las respuestas (relativas al puesto), en los criterios de salud y enfermedad. El vínculo entre la tensión en el trabajo y el padecimiento de las coronarias constituye un ejemplo de esta categoría.

Las diferentes interacciones entre el ambiente objetivo y psicológico, psicológico y la respuesta, la respuesta y los criterios de salud, están moderadas por la permanencia de las características individuales y por las relaciones interpersonales;

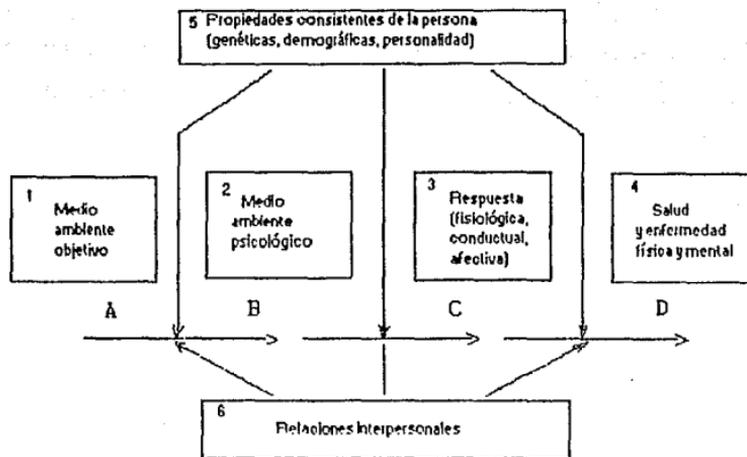


Fig III.2 Modelo del estrés del ambiente social

que se ilustran con flechas en sentido vertical.

Por ejemplo, la magnitud de la tensión que experimenta un empleado a causa de la relación confusa con su jefe, depende de la personalidad del individuo, de sus metas, de la experiencia previa, y de otras características individuales e interpersonales.

Este modelo pretende desarrollar una teoría integral de la salud mental y se emplea para establecer secuencias en proyectos de investigación, que abarcan desde los esfuerzos por comprender el medio ambiente objetivo del trabajo, hasta los estudios sobre salud y enfermedad.

Resulta más adecuado que los anteriores, para aplicarse al ámbito administrativo y gerencial, porque trata de integrar los enfoques médico y conductual en el estudio del estrés; para probarlo se recurre a grupos representativos de diversas ocupaciones.

En el modelo de ambiente social, la relación con el desempeño queda implícita al considerarse las respuestas individuales, y parece garantizarse un mayor énfasis en el esclarecimiento de la importancia del desempeño laboral de los subordinados, respecto a los otros modelos.

Sin embargo se presta poca atención a las variables de tipo extraorganizacional (tales como las condiciones familiares, la situación económica del individuo, la economía general etc.) que también afectan las relaciones expuestas.

### *III.1.8 Modelo del proceso*

Fue propuesto por McGrath (1976) [34] y es un modelo del estrés orientado al proceso; considera la situación del estrés como un ciclo de cuatro etapas, que principia en las condiciones del ambiente físico social.

Cuando la situación se percibe por la persona como algo que (de permanecer inalterable), conduciría a cierto estado indeseable, se convierte en una situación estresante, entonces la persona escoge alguna respuesta alternativa con la intención de modificar la situación y hacerla menos estresante.

La fig III.3 presenta el modelo del proceso. Sus cuatro etapas (A, B, C, D) se relacionan mediante procesos de conexión.

La primera etapa, que establece la relación entre A y B, se denomina proceso de apreciación cognoscitiva, en la cual la persona aprecia una situación, en forma exacta o inexacta.

La segunda parte del proceso relaciona B y C e involucra la toma de decisiones; establece un vínculo entre la situación percibida, las opciones plausibles y la elección de una respuesta, o de un conjunto de respuestas, para afrontar rasgos indeseables de la situación.

El tercer paso consiste en el proceso de desempeño, que da por resultado un conjunto de conductas que pueden evaluarse cualitativa y cuantitativamente.

La cuarta relación se establece entre la conducta y la situación, y se denomina proceso resultante; el grado en el que

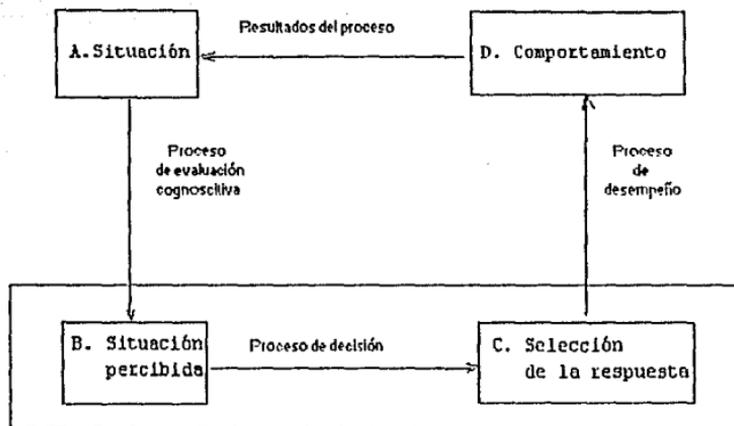


Fig. III.3 Modelo de proceso del estrés.

una respuesta elegida produce una conducta deseada, depende de la habilidad de la persona para llevar tal respuesta a la práctica, y de la medida en que la conducta genere cambios deseados (o indeseados) en la situación.

Todas estas relaciones dependen del nivel de desempeño individual, así como del desempeño de otros que trabajen con la persona, (compañeros de equipo) y también del desempeño de otros que trabajen "contra" la persona (oponentes).

McGrath se ocupó fundamentalmente del desempeño de tareas en un contexto organizacional; no pretendió integrar variables médicas y conductuales, además puso énfasis en el individuo y no incorporó factores grupales que influyeran en los diversos procesos que menciona.

### III.2 El Modelo Matemático para los niveles de estrés (MIE)

Este modelo tiene la intención de integrar los distintos resultados y modelos obtenidos, para formar un modelo global del estrés, que permita evaluar su nivel y evolución en el tiempo. Se enfoca a las situaciones en las que el nivel de estrés es manejable y trata de aportar nuevos elementos para aclarar el vínculo estrés-trabajo.

Se incorporan las variables individuales, organizacionales y extraorganizacionales, tomando en cuenta que se relacionan de la manera en que se ha manifestado en los modelos anteriores. Pero a diferencia de los otros modelos en los que se habla del estrés como una variable binaria (que está o no presente), aquí se proporciona un nivel de estrés.

Por supuesto, no se tiene una escala absoluta, el nivel está referido a cada persona en una situación determinada. Es decir, al cambiar la persona o la situación, el nivel de estrés tendrá una escala distinta.

Tener un nivel de estrés específico en una persona-situación determinadas, permite conocer cómo evoluciona el estrés personal al permanecer en la situación, conforme transcurre el tiempo.

Para lograr evaluar el nivel de estrés, se recurre a una analogía física del estrés; se eligió a un sistema elástico que obedece a la ley de Hooke.

En el pasado se planteó una analogía similar (véase cap. I) y se encontró que si bien podía representar al estrés, no tenía flexibilidad para poder tomar en cuenta las diferencias individuales, los factores organizacionales y los extra-organizacionales; estos argumentos fueron consecuencia directa de tener una visión estática del sistema físico.

Ahora el enfoque de la analogía es de un sistema dinámico, que permite modelar las diferencias individuales y es sensible al cambio en los factores de tipo organizacional y extraorganizacional.

Para lograr éste propósito se hacen las siguientes hipótesis:

- a) Las variables que influyen en el individuo se relacionan como se ha establecido en los modelos previos que se han apoyado por los resultados en los experimentos
- b) Las relaciones encontradas están moduladas en su interacción con las demás mediante un equivalente elástico.
- c) Todo estímulo del exterior provoca un estrés (psicológico y físico) el cual capacita al individuo para hacer alguna actividad (desarrollar una respuesta).

La hipótesis a) garantiza que el modelo representa correctamente a las relaciones ya encontradas y probadas previamente, aportando una validez mínima al modelo.

La hipótesis b) está basada en el comportamiento de los sistemas físicos sujetos a estrés, además se supone que el sistema físico que mejor representa un sistema elástico es un resorte; se eligió un sistema elástico por que este sistema desarrolla una respuesta propia para eliminar los efectos del estrés (o tensión), que es análogo a lo que hace el ser humano.

La hipótesis c) completa el modelo al definir lo que se tomará como estresor; que en el presente modelo será todo estímulo que se perciba y "motivo" a una respuesta de cualquier tipo (conductual, fisiológica, bioquímica afectiva etc.).

La hipótesis supone que el sistema humano necesita un estado distinto del reposo para que efectúe una respuesta, donde por respuesta se entiende algún comportamiento diferente de la relajación completa.

En base a las hipótesis descritas, se forma el modelo matemático del estrés que se representa en la fig III.4.

El hecho de suponer una interacción de tipo elástico entre las variables, permite describir la evolución del nivel de estrés en el sistema de una forma matemáticamente explícita, que es muy conveniente cuando se tienen que aportar datos precisos para tomar decisiones respecto a cargas de trabajo, políticas de estímulo, e inclusive programas de descanso; la descripción del modelo y su funcionamiento se presentan a continuación.

### *III.2.1 Descripción del modelo matemático del estrés (MHE)*

En la fig III.4 se representa el modelo y se especifican tres tipos de variables: las personales, las organizacionales y las extraorganizacionales; las relaciones entre las variables del sistema se marcan con una flecha sólida.

A la izquierda del resorte se tienen las características físicas del sistema, que nos servirán de analogía para explicar el tipo de interacción que tienen las variables mencionadas a la derecha (capacidad individual, estresores (motivadores), medio ambiente).

El nivel de estrés se ilustra como una cantidad proporcional a la elongación del resorte que se deforma bajo la acción de un "peso" que está colgado al final del resorte. El "peso" hace las

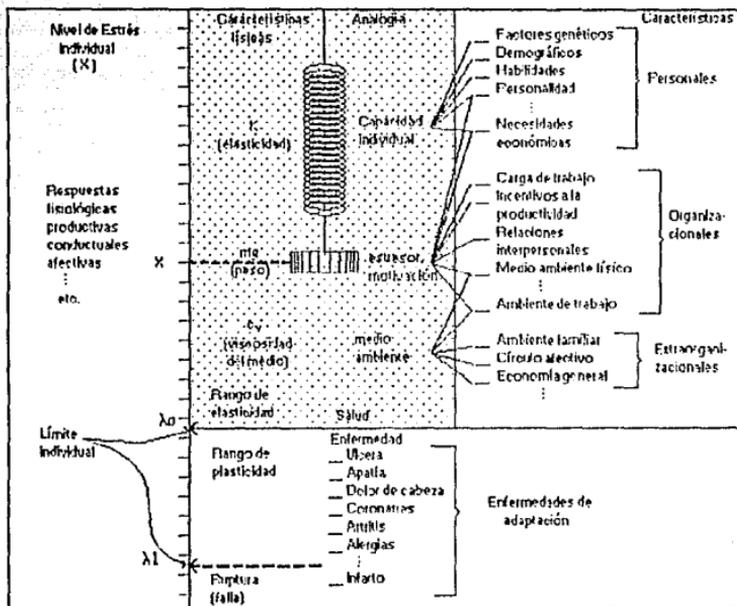


Fig III.4 Modelo matemático del estrés (MME)

veces de estresor en el sistema y se representará por un coeficiente, influido por los factores que se ilustran.

En la parte inferior de la figura, se ilustra un límite (en el caso físico se llama límite de plasticidad), que marca el alargamiento máximo del resorte antes de sufrir deformaciones permanentes.

La analogía entre los sistemas supone que, un individuo que está sometido a un estrés más allá de un cierto límite (personal) empieza a sufrir las llamadas enfermedades adaptativas; puesto que el organismo no puede manejar de manera natural ese nivel de estrés.

El nivel límite es personal y puede cambiar con la situación específica, sin embargo se sabe que siempre está presente, y si una situación produce suficiente estrés, éste puede ser el causante directo (o indirecto) de las enfermedades de adaptación. (véase cap III.1)

En la esquina superior izquierda se encuentra el tipo de respuesta a los diferentes niveles de estrés (o elongación); que pueden ser de tipo conductual, afectivo, fisiológica etc. De esta manera quedan integradas en el modelo las variables conductuales, médicas y administrativas.

El MME emplea dos mecanismos para evaluar y predecir los niveles de estrés de una persona-situación en especial, y son las siguientes:

Primero, supongamos que se conoce cómo evaluar los parámetros físicos de la analogía ( $K$ ,  $m$ ,  $cv$ ,  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$ ) en base a los factores psicológicos y ambientales que intervienen en la situación-persona de interés. Se evalúan los parámetros del modelo, se determina el tiempo al cual se empezará a operar y a partir de ese momento se calcula la evolución del sistema.

Como resultado se tienen oscilaciones en la elongación del resorte y por tanto, se tiene la variación temporal en el nivel del estrés de la situación-persona en particular; puesto que el nivel es proporcional a la elongación del resorte.

La ventaja de ésta visión del estrés es que conocemos el comportamiento de las variables que intervienen, a través de las ecuaciones que describen a los sistemas oscilatorios (véase cap II). Por tanto podemos deducir el comportamiento que tendrá el estrés una vez que se evalúan los parámetros del modelo ( $K$ ,  $m$ ,  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$ ,  $cv$ ).

Sin embargo aún no existe una teoría que permita asignar valores numéricos a los parámetros, en función de los factores que intervienen en una situación-persona determinada; lo cual nos lleva al segundo caso, en el que no conocemos cómo evaluar los parámetros del modelo en base a las condiciones psicológicas y ambientales.

En el segundo caso, se desconoce cómo evaluar los parámetros de la analogía física en base a los factores organizacionales, personales y extraorganizacionales.

Por esto, se asume una estrategia de descomposición, que consiste en obtener una curva experimental del estrés de la persona-situación, y tratar de aproximarla mediante uno o más

casos básicos de los sistemas elásticos; a saber: (véase cap II)

- a) movimiento armónico simple
- b) movimiento amortiguado
- c) movimiento sobre amortiguado
- d) movimiento con oscilaciones forzadas

Las curvas que describen la elongación del resorte son muy características en cada uno de estos casos, además de que la mayor parte de los movimientos de sistemas oscilatorios se pueden descomponer como una combinación de estos.

La hipótesis de que el estrés será proporcional a la elongación del resorte nos permite evaluar el nivel de estrés a partir de las curvas de desplazamiento a través de la siguiente fórmula:

$$E = | - Kx | \quad \text{ec. 3.2.1}$$

Donde  $x$  es el desplazamiento respecto del estado de relajación del resorte (a causa del estresor  $m$ ), y  $K$  la constante elástica; el valor absoluto es para asegurar que el estrés ( $E$ ), sea siempre positivo.

Cuando aplicamos esta fórmula para evaluar el nivel del estrés en los casos básicos, se obtienen las curvas que se muestran en la fig III.5.

Así pues, nos basta con medir el estrés de una persona (véase Cap I) de manera periódica durante un lapso de tiempo suficientemente largo (para obtener una curva), y después identificar el caso que se asemeja más (véase fig III.5); de esta manera se pueden determinar los factores principales que intervienen en una situación-persona específica.

Por ejemplo, si el estrés de un individuo se comporta como se ilustra en la fig III.5.c entonces podemos decir que está en un medio extremadamente restrictivo, que rápidamente lo sitúa en un nivel de estrés fijo, que no le permite relajarse periódicamente, incrementándose el riesgo de padecimientos a causa del estrés continuo.

Para saber más acerca de los factores que intervienen, se tiene que analizar la curva que se obtuvo y determinar su periodo, su amplitud e ir infiriendo los valores (de  $K$ ,  $m$ ,  $c$ ) que mejor describan la curva, de este modo se tendrá una estimación de cuanto influyen cada uno de los factores en la situación.

Por supuesto que mientras más curvas de estrés se analicen (para una situación-persona dada), mejor estimación se tendrá de los parámetros físicos de la analogía y como consecuencia se tendrán mejores predicciones e interrelaciones entre las variables.

Otra alternativa es la de variar los factores que intervienen en la situación-persona (carga de trabajo, medio ambiente etc), y ver como cambia la curva de estrés. De esta manera se puede catalogar adecuadamente el tipo de curva, y hacer inferencias adecuadas en base al tipo de comportamiento análogo de que se trate.

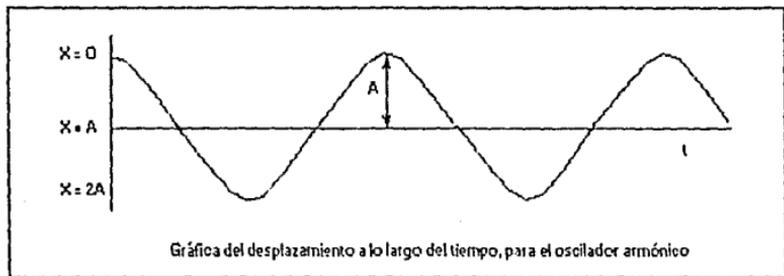
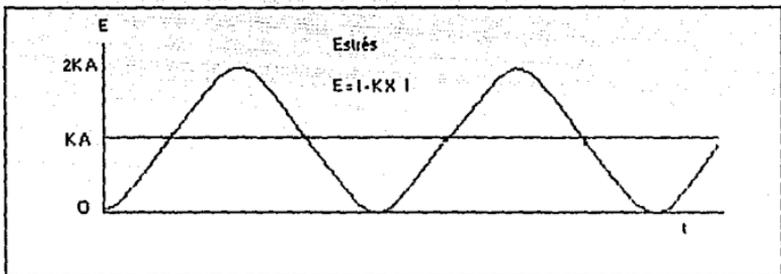


Fig. 111. 5a Gráfica del estrés típico en una situación-persona que se encuentra en un medio ambiente no restrictivo y su analogía física.  $X$  se mide a partir de la longitud inicial del resorte.

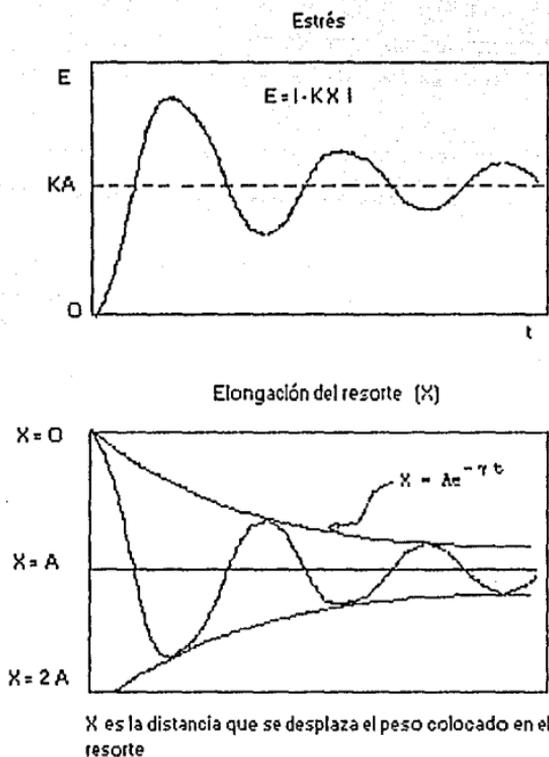


Fig III. 5 b Curva de estrés típica de una situación-persona que se encuentra en un medio restrictivo y su analogía física de un oscilador amortiguado.

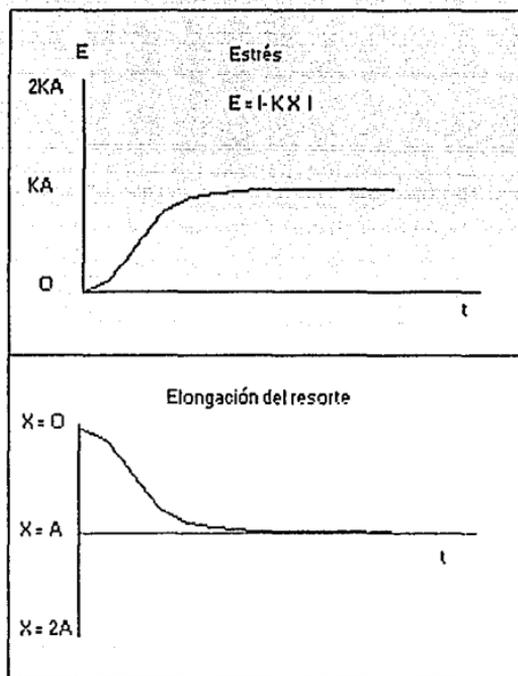


Fig III. 5c Curva de estrés para una situación-persona que se encuentra en un medio altamente restrictivo, y su análogo físico, un oscilador críticamente amortiguado;  $X$  se mide a partir de la longitud inicial del resorte

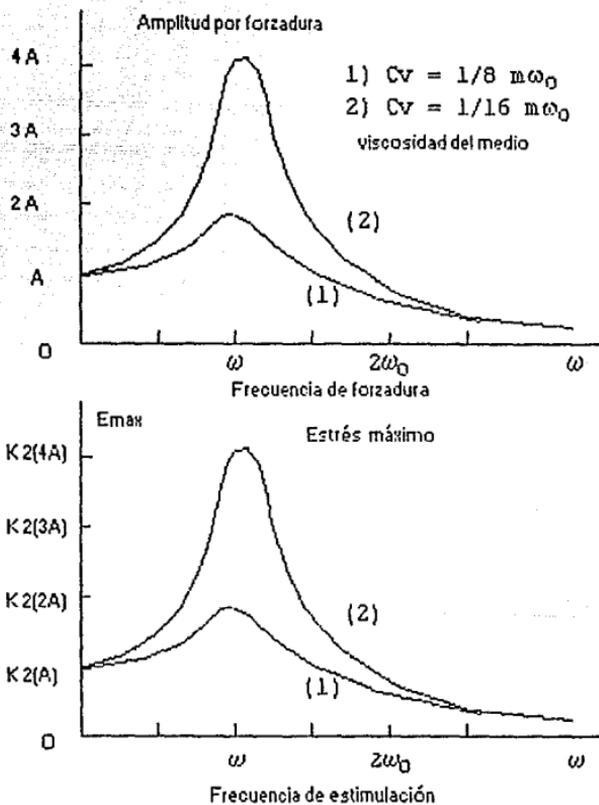


Fig III, 5 d Gráfica de la amplitud máxima que se obtiene mediante la estimulación, y su equivalente en estrés.

## CAP IV POSIBLES APLICACIONES DEL MME AL AMBIENTE PRODUCTIVO

### *Introducción*

El modelo matemático del estrés tiene una gran cantidad de aplicaciones potenciales ya que sus resultados pueden ser de utilidad para programar cargas de trabajo, descansos, programas de estímulos y también para modificar el medio ambiente de trabajo.

Para tener un panorama claro de cómo y dónde aplicar el modelo, se muestra un análisis de los principales resultados numéricos del MME, donde se ilustran algunas situaciones reales típicas de ambientes de trabajo en que es posible aplicar el MME.

El estrés se produce en muchas situaciones y en muchas de ellas es de tipo pasajero, pero en otras, se produce un estrés que permanece después de que desaparece el estresor. El MME bien puede aplicarse para describir la evolución del estrés en las dos escalas de tiempo, la corta o la duración larga.

Es posible que las predicciones del MME puedan aplicarse para elegir estrategias, que permitan el alto desempeño de los individuos en su ambiente laboral, pero, es posible que también se puedan aplicar para tomar cursos de acción en las situaciones de tipo extraorganizacional que suceden en la vida cotidiana.

El MME se puede aplicar con toda confianza para analizar los procesos de estrés que se dan en el ambiente de trabajo, ya que las relaciones entre los factores que intervienen en el proceso, son las que se establecen en los principales modelos psicológicos del estrés. De manera que aportará un análisis valioso aunque no se tomen en cuenta las escalas propuestas.

### *IV.1 Validación del modelo*

El MME necesita validarse para certificar experimentalmente sus nuevas aportaciones en la estimación de los niveles de estrés. Para tal fin es necesario conocer el tipo preciso de estrés que predice el MME.

La evaluación experimental posiblemente tenga que llevarse a cabo por científicos del comportamiento para que se considere como válida, y los elementos que tendrán que tomar en cuenta al llevar a cabo el experimento son: tipo de mediciones necesarias, clase de estrés a medir y escala de tiempo que se debe considerar.

Las mediciones pueden ser de tipo fisiológico o psicológico, pero preferiblemente deben asegurarse que el estrés que midan es producto de un estresor único, ya que el MME en esta etapa predice el estrés que causa un estresor solamente.

Las mediciones psicológicas regularmente se aplican por encuesta y son las más adecuadas para validar este modelo, ya que una encuesta se puede planificar de tal forma que mida el estrés

que produce una situación en especial, sobre todo cuando el estresor es de larga duración.

Por ejemplo, cuando el estresor es un proyecto, un nuevo jefe, nuevas políticas de la empresa, un nuevo empleo, etc.

Las mediciones de tipo fisiológico serán más adecuadas cuando el estresor y sus efectos tengan corta duración; una encuesta o una entrevista resultarían muy largas, dado el tiempo de duración del estrés.

Suponiendo que el estresor es un examen, una presentación ante el público, y en general un evento que desaparecerá con un periodo corto de trabajo en él, entonces las medidas de tipo fisiológico pueden ser las más adecuadas.

El MME es aplicable para describir tanto el estrés por eventos positivos (eútrés), como por eventos negativos (distrés). El hecho de que una persona pueda manejar mejor el estrés por eventos positivos (46), no influye en el planteamiento matemático del MME, ya que no se basa en una escala absoluta de estrés.

El modelo muestra (y predice) cual será el nivel de estrés respecto del que se tenía en ausencia del estresor y el estrés máximo que se alcanza al aparecer el estresor.

Se tiene inferencia de que el estrés es cíclico como lo asegura el MME (36, 37, 38). Se recomienda monitorear el estado en que se encuentra un individuo ya que existen periodos naturales en que no estará lo bastante motivado para llevar a cabo las tareas que normalmente desempeña (37).

Estos indicios favorecen las expectativas del modelo y hacen suponer que el modelo es correcto en forma cualitativa, el aspecto cuantitativo formal tendrá que confirmarse con algunos experimentos que se planeen para tal efecto.

#### *IV.2 Ventajas de predecir el estrés*

Predecir ha sido la finalidad de la ciencia en todo momento, aporta un control sobre los fenómenos, permite el uso óptimo de los recursos, se obtiene el máximo de beneficios y quizá lo más importante, nos permite conocer el futuro.

El estrés del ser humano en nuestros tiempos resulta ser de gran importancia, ya que afecta directamente en su capacidad para crear, manejar información, organizar, planear, ejecutar instrucciones y pensar con claridad. Todas estas actividades del ser humano son indispensables para la supervivencia actual. (42)

Existen personas que tienen cargos importantes que deciden el futuro inmediato de muchas personas o cosas y que están sometidos a una gran cantidad de estrés. Los hay desde controladores de tráfico aéreo, políticos, altos ejecutivos y hasta militares.

También las personas en la base productiva están sometidas a estrés y gran parte de los productos dependen directamente de su desempeño y productividad.

El estrés afecta el desempeño de todo ser humano y no necesariamente en forma negativa. De hecho afecta de manera positiva en muchos de los casos y solo es negativa cuando el individuo que lo soporta no puede manejarlo; porque es demasiado o

no se ha permitido una relajación y su capacidad adaptativa ya está saturada, dando paso a la enfermedad por estrés (cap I, 42, 43, 44).

Para manejar la cantidad y el tiempo que se está con un cierto nivel de estrés es necesario tener una estimación de suposible evolución. El MME proporciona una evaluación en este sentido; con ella se pueden administrar los recursos humanos de manera que se aprovechen óptimamente, minimizando el riesgo de sobrecargarlos de estrés.

Dentro de las ventajas de predecir el estrés están por ejemplo:

- a) prevenir las enfermedades de adaptación.
- b) mejorar los ambientes físicos de trabajo.
- c) programar cargas adecuadas de trabajo.
- d) elaborar políticas óptimas para los turnos de trabajo.
- e) dosificar las responsabilidades.
- f) programar descansos.
- g) mejorar el nivel de desempeño.
- h) tener un equipo física y mentalmente sano.

Además de estas ventajas relacionadas con el ambiente productivo, existen muchas otras de tipo personal.

En la actualidad se tiene poco (o ningún) control sobre la cantidad de estrés a que se expone a una persona en su trabajo; un control adecuado y una planeación de este aspecto puede incrementar la productividad, la calidad de trabajo, además de disminuir las enfermedades, tanto por accidentes como por adaptación al estrés.

#### IV.3 Enfermedades de adaptación

En el cap I se citó el papel del Síndrome General de Adaptación (SGA) que consiste en una serie de respuestas dadas por nuestro cuerpo, frecuentemente sin que nos percatemos de ello, creadas para ayudarnos a manejar una amenaza de manera efectiva.

El SGA se encuentra asociado a la respuesta de pelear o huir para deshacernos de un estresor. Los cambios bioquímicos y de tipo neuroendocrinológicos que se llevan a cabo durante la activación del SGA son el intento del cuerpo por adaptarse al estresor y por mantenerlo confinado en el área lo más pequeña posible.

En una situación ideal el SGA neutraliza de manera efectiva al estresor. En realidad, no tenemos un SGA perfecto y frecuentemente se sufren las enfermedades de adaptación (14).

Las enfermedades originadas por estrés o enfermedades de adaptación, no son el resultado directo de algún agente externo (por ejemplo una infección), son consecuencia del intento imperfecto de nuestro cuerpo por hacer frente a la amenaza planteada por uno o más agentes externos.

Lejos de un acuerdo universal, Selye en 1976 incluyó en esta categoría la presión sanguínea alta, las enfermedades del corazón y los vasos sanguíneos, las enfermedades del riñón, la artritis

reumatoide y reumática, las enfermedades inflamatorias de la piel y ojos, las enfermedades alérgicas y de hipersensibilidad, las enfermedades nerviosas y mentales, algunas disfunciones sexuales, diversas enfermedades digestivas, las enfermedades metabólicas y posiblemente el cáncer y las enfermedades de resistencia en general (15).

A continuación se presenta una vista breve de la relación del estrés con algunas de estas afecciones específicas.

a) La hipertensión. Es una enfermedad de los vasos sanguíneos, en la que la sangre fluye a través de las arterias a presión elevada. Una de las respuestas del cuerpo a los estresores es comprimir las paredes arteriales, aumentando la presión. Cuando pasa la alarma, la presión debe volver a la normalidad, pero si se prolonga el estrés (inclusive inconscientemente), la presión puede permanecer a niveles anormalmente altos.

b) Las úlceras. Son lesiones inflamatorias en el recubrimiento del estómago o intestino y una de sus causas más conocidas es la variación de los niveles de cortisona. La fabricación de cortisonas generalmente aumenta durante los periodos de estrés, y cuando son prolongados, pueden crear fácilmente un ambiente interno perfecto para la creación de lesiones.

c) Las jaquecas. Son el resultado (frecuentemente) de la tensión muscular, que aumenta cuando estamos expuestos a los estresores durante un periodo sostenido. Comúnmente, la jaqueca en sí es un estresor que conduce a una mayor tensión muscular, que a su vez aumenta la severidad y duración de la jaqueca.

d) La diabetes. Es una grave enfermedad que implica deficiencias de insulina y que tiene como consecuencia que sus víctimas no puedan absorber suficiente azúcar de la sangre. El estrés incrementa el nivel de azúcar en la sangre, demandando incrementos en la secreción de insulina. Si el estrés es persistente, el páncreas puede debilitarse, dando como resultado una deficiencia permanente de insulina.

e) El cáncer es uno de los conceptos más controvertidos de la categoría de las enfermedades de adaptación. Una teoría actual sobre el cáncer es la de las células mutantes (cáncer) que continuamente se producen en nuestro cuerpo, pero que normalmente las destruye el sistema inmunológico antes que puedan crecer y multiplicarse.

Se ha demostrado que las respuestas a los estresores traen como consecuencia pequeñas alteraciones bioquímicas en el sistema inmunológico. Algunos piensan que los cambios bastan para permitir la reproducción de las células mutantes, que a su vez pueden convertirse en tumores malignos.

El padecimiento cardiaco de las coronarias es un caso especial ya que se ha convertido en un padecimiento muy común entre las personas de EUA. En 1978 más de un millón de personas murieron por enfermedad cardiovascular. En la actualidad aproximadamente un millón de personas al año sufren un ataque al corazón, de los cuales mueren aproximadamente 650 000 (39).

Las enfermedades cardiacas por sí solas implican 52 millones de

días de trabajo perdidos anualmente, que representa cerca de 15 mil millones de dólares en salarios perdidos por este problema.

Simplemente el costo de reclutar sustitutos para reemplazar a los ejecutivos perdidos por enfermedades cardíacas asciende a más de 700 millones de dólares anuales. La cuenta total se estima en 30 mil millones anuales aprox., por concepto de pérdidas en la productividad, costos de reentrenamiento, servicios médicos y jubilación prematura.

Lo que hace particularmente significativas las proporciones epidémicas de las enfermedades cardíacas de las coronarias, es que los niveles actuales de incidencia reflejan aumentos enormes en los últimos años. Hasta 1920, las enfermedades cardíacas eran bastante raras, por lo que se deduce que es un fenómeno del siglo veinte.

Para comprender los posibles mecanismos involucrados en el vínculo entre estrés y enfermedades cardíacas, es importante señalar que, virtualmente, toda enfermedad cardíaca es precedida por una afección de la arteria coronaria, y la arteriosclerosis es la principal enfermedad arterial [14].

La arteriosclerosis es la acumulación de depósitos de colesterol en las arterias, que eventualmente originan el endurecimiento y reducción de estas, a medida que el colesterol recubre sus paredes. En ocasiones el flujo de sangre se ve seriamente restringido y en grave peligro de coagulación.

Los coágulos en las arterias enfermas son la principal causa directa de los ataques al corazón y al cerebro. Un individuo con arteriosclerosis se encuentra predisuesto a las enfermedades cardíacas.

El estrés tiende a aumentar la frecuencia del latido del corazón, entre más frecuente sea el latido, el corazón tendrá más necesidad de sangre oxigenada para funcionar. Un corazón abastecido por una arteria arteriosclerótica no puede obtener fácilmente toda la sangre que demanda y con el tiempo se paraliza y deja de trabajar. Cuando esto sucede (ataque al corazón) el músculo cardíaco puede morir.

Además existe otra posible conexión propuesta por Friedman y Rosenman [40], dos cardiólogos interesados en la incidencia de las características de la personalidad en las enfermedades cardíacas.

Su hipótesis es la siguiente: La respuesta del ser humano al estrés es responsable del aumento de la cantidad de colesterol en la sangre y puede (también) incrementar la cantidad de tiempo que la sangre requiere para deshacerse del colesterol.

Consecuentemente se plantea que el recubrimiento de la arteria coronaria se encuentra expuesto a mayores cantidades de colesterol durante periodos más prolongados cuando el estrés está presente.

Cuando el estrés es crónico, durante años y quizá décadas, puede tener gran influencia en la aparición de una enfermedad arterial.

El candidato a un padecimiento por estrés es un individuo que trabaja duro, hace un gran esfuerzo para hacer frente a un desafío, pero que obtiene una pequeña satisfacción por su esfuerzo [14]. Muchas de las personas que se encuentran actualmente laborando en las organizaciones, encajan perfectamente en esta

descripción.

Los estudios ocupacionales hechos a gran escala han descubierto relaciones entre las personas con alto grado de insatisfacción en sus ocupaciones y las tasas de mortalidad por padecimientos cardíacos [41].

Puede argumentarse que hay muchos factores de riesgo en el padecimiento cardíaco de las coronarias, que explican el rápido aumento en la incidencia de esta enfermedad, tan bien o mejor que la explicación basada en los crecientes niveles de estrés en el trabajo.

Por ejemplo, puede mostrarse que la gente fuma más ahora que hace cincuenta años, que hace mucho menos ejercicio, y que tiene mayor sobrepeso que en el pasado. No hay duda que estos factores han contribuido a la incidencia actual, pero raras veces se pondrá en duda que el estrés de la vida moderna tanto en el hogar como en las organizaciones, ha dejado sentir su impacto. De hecho, es probable que algunos de estos otros factores de riesgo se vean también afectados por el estrés.

#### *IV.4 Posibles aplicaciones del MME*

Con el MME pueden simularse muchas situaciones típicas que ocurren en la vida real donde un individuo tiene que enfrentar un estresor. La condición principal para que el modelo se aplique es, que el estrés que se produce sea manejable.

En esta gama de eventos está, por ejemplo, el caso en que un individuo recibe una promoción que implica un aumento significativo de responsabilidades y trabajo. El análisis de este caso aporta datos de si la persona pudo asimilar este nuevo nivel de estrés de manera saludable o no; por otra parte también aportará datos respecto del medio ambiente que lo rodea, y se sabrá si es restrictivo o adecuado para trabajar en él.

Otro caso donde se puede aplicar es cuando se implementan nuevas políticas en una empresa, mediante el MME se puede averiguar si las nuevas disposiciones son favorables para llevar a cabo las tareas con un estrés saludable (que alterne periodos de tensión y relajación fig III.5 a), o si introducen un estrés que no desaparece y se mantiene constante (fig III.5 c).

Inclusive se pueden clasificar las políticas en dos grandes grupos; las viscosas y las de viscosidad cero. Las viscosas son las que introducen un grado fijo de estrés que a la larga puede ser perjudicial; las no viscosas son las que favorecen que el estrés aumente y disminuya de manera cíclica.

También se puede aplicar el modelo a la programación adecuada de descansos y vacaciones. En los casos en que la persona tenga una curva saludable de estrés, se pueden programar los descansos cuando se prevea que su curva de tensión está en descenso, de manera que pueda aprovecharlos al máximo sin alterar su ritmo.

Para un programa de estímulos, se pueden predecir los momentos adecuados y la frecuencia en que hay que estimular para lograr un rendimiento óptimo.

Este caso es muy interesante, ya que el modelo predice que el

mejor momento para estimular es cuando la curva de estrés está en ascenso; si se estimula cuando el individuo está relajándose se le producirá un nivel constante de estrés lo cual es perjudicial.

Las curvas más simples que resultan de la aplicación del modelo bien pueden simular algunas de las situaciones mencionadas.

#### IV.5 Análisis de los resultados básicos del MME

Las curvas de estrés que corresponden a los casos básicos (fig III.5.a, b, c) pueden representar algunas situaciones reales; una vez que se identifica la analogía se pueden emplear para predecir las posibles respuestas de un individuo ante una situación determinada.

##### IV.5.1 Curva armónica simple del MME

Físicamente este es el caso que se obtiene como resultado de suponer que el medio no se opone al movimiento (fig III.5.a).

La situación corresponde al caso en que un individuo puede actuar libremente para tratar de eliminar (o resolver) al estresor. El individuo parte de un estado de relajación que se altera cuando aparece el estresor, incrementando su nivel de estrés.

El MME predice que para este caso el nivel de estrés del individuo llegará a un máximo y después descenderá hacia la relajación de la cual partió inicialmente. Esto lo hará de manera cíclica siempre y cuando el "peso" (estresor o motivador) no sea excesivo, es decir mientras que pueda manejar la carga de trabajo que le implica el estresor en cuestión.

De acuerdo al MME esta forma de operar sería la adecuada ya que se alternan los periodos de tensión y de relajación de una manera natural y periódica, a un ritmo que es propio de cada individuo.

En la actualidad se recomienda este tipo de funcionamiento y es muy notable en las actividades deportivas, en donde para optimizar el desempeño y el aprovechamiento físico, programan sus entrenamientos alternando periodos de máxima tensión, con periodos de relajación (36, 47, 48)

Son muchas las personas que hacen un uso empírico de esta programación de tensión-relajación en forma cíclica y es precisamente porque en esta forma han sentido un mejor aprovechamiento. Sin embargo la carga de trabajo se elige por tanteo y en base a la experiencia que se tiene.

El MME proporciona un marco de referencia para poder determinar los periodos adecuados para la relajación y para el máximo de carga.

También proporciona las ecuaciones matemáticas que describen el nivel de estrés; aprovechando que se cuenta con las ecuaciones se determina la frecuencia natural de máxima relajación y máxima acumulación de estrés que es:

$$T = 2\pi \sqrt{m/k}$$

(cap III)

Esta ecuación nos dice que si incrementáramos la carga de trabajo, se debe operar en ciclos más largos para poder dedicar mayor tiempo en resolver el estresor.

En general si el estresor (la carga del sistema) aumenta  $n$  veces, entonces el periodo aumenta en  $n^{1/2}$ .

El caso de la curva armónica simple, en la que el medio ambiente no es restrictivo (viscosidad cero), y con un nivel de estrés que puede manejar el individuo, representa la situación "ideal" de trabajo, ya que de manera natural se producen periodos de relajación (estrés bajo), seguidos de periodos de tensión (estrés alto), por lo que el individuo no resiente el efecto de tener un nivel constante de estrés (fig III.5a).

Las curvas del nivel de estrés se pueden obtener de manera experimental a medida que el individuo realiza sus actividades, sin embargo hay que ser muy cuidadosos en el método que se elija para tal efecto, ya que la medición misma puede ser un factor muy estresante y por lo tanto alterar los resultados deseados (cap 1).

#### IV.5.2 Curva amortiguada del MHE

Esta curva resulta de suponer un medio restrictivo (viscosidad distinta de cero), es decir un medio ambiente que se opone a que el individuo realice las actividades necesarias para lograr desaparecer el estresor (o motivador) principal.

Un ejemplo de esto es el caso de un empleado que recibe llamadas telefónicas importantes y tiene que laborar en un medio ruidoso. Otro ejemplo es cuando una secretaria cumple eficientemente su trabajo, pero sin importar que tan bien lo realice, siempre se le exige más, sin reconocer su labor y esfuerzo.

También el hecho de que a un ejecutivo se le exijan más resultados, y se le faciliten cada vez menos recursos. Así mismo, el medio ambiente familiar puede ser un medio restrictivo; por ejemplo, cuando un individuo no logra el reconocimiento familiar por su labor (en el empleo o como padre de familia etc.), y el aprecio y reconocimiento familiar son de suma importancia para él.

Inclusive el caso de una familia que no es mesurada en sus demandas y siempre demanda mayores satisfactores sin mostrar reconocimiento. En fin, el caso amortiguado del MHE es uno de los que pueden tener más analogías útiles en la vida real.

Conociendo las ecuaciones que describen el caso amortiguado, se puede predecir como se comportará el nivel de estrés de una persona, para una situación y un medio dados. Las curvas de estrés (típicas) de este caso se ilustran en la figura III.5.b; en ella se aprecia el efecto que tiene el medio en el nivel de estrés del individuo.

El efecto neto de introducir un medio restrictivo se puede apreciar comparando la fig III.5.a con la fig III.5.b, la diferencia consiste en que el medio, cuando es restrictivo, fuerza a un nivel constante de estrés, impidiendo la relajación periódica y desencadenando las consecuencias de vivir estresado.

Las consecuencias de permanecer sujeto a un nivel constante de

estrés pueden ser, por ejemplo, fatiga, falta de concentración, úlceras, padecimientos de las coronarias etc. dependiendo del lapso de tiempo y de la intensidad del estrés para cada individuo. (14)

El modelo MME permite preveer los casos que estén en riesgo de caer rápidamente en un nivel constante de estrés y también evaluar que tan restrictivo es el medio ambiente en cuestión. Con esta información se pueden elaborar políticas sobre la adecuación de los ambientes productivos, y condiciones socio-económicas de los empleados, además de planear los periodos de descanso, inclusive a nivel individual, para mantener un personal con máxima eficiencia y salud.

Los valores de los parámetros que describen teóricamente al proceso, hay que calcularlos a partir de una(s) curva(s) experimental(es) que se haya(n) obtenido para el caso. (Cap II)

#### *IV.5.3 Curva sobreamortiguada del MME*

Cuando el medio es extremadamente restrictivo, se tiene el caso sobreamortiguado, en el que el nivel de estrés alcanza rápidamente un valor constante sin permitir oscilaciones. Las consecuencias inmediatas son las de vivir con un nivel permanente de estrés.

Este caso es muy importante ya que los ambientes de trabajo altamente competitivos pueden ser análogos a un medio altamente restrictivo, y la curva del nivel de estrés de una persona en tal ambiente pudiera ser del tipo sobreamortiguado.

La detección de tales casos permite aplicar las políticas adecuadas para que el personal module su estrés de manera que tenga los periodos de relajación necesarios, que le permitan prepararse para los periodos de máximo esfuerzo, sin dañar su salud (45, 46)

#### *IV.5.4 Curva de oscilaciones forzadas en el MME*

Este es el caso que puede corresponder a un programa de estímulos, ya que la forzadura se refiere a un estímulo constante administrado periódicamente.

Las curvas de nivel del estrés que proporciona el MME hacen notar que existe una frecuencia óptima para hacer que la amplitud de la curva aumente (conservando sus periodos de relajación). Esto no implica que el estrés permanezca constantemente alto, al contrario significa que el nivel fluctuará cada vez más entre los periodos de baja y alta tensión.

Este mecanismo bien puede ser una solución para el caso en que se tiene una persona con un nivel de estrés casi constante, ya que se le puede estimular para recobrar sus fluctuaciones en el nivel de tensión proporcionándole periodos de muy bajo estrés.

En la figura III.5.d se muestra la amplitud alcanzada con el mismo estímulo pero administrado a distintas frecuencias, y se observa que existe una frecuencia óptima a la que la amplitud

resultante es máxima, a esta frecuencia se le llama frecuencia de resonancia. También se aprecia que si se estimula a una frecuencia inapropiada la amplitud puede disminuir, es decir que el nivel de estrés fluctuará menos.

Las consecuencias de no aplicar la estimulación a la frecuencia apropiada pueden ser: falta de interés en el programa de estímulos, respuesta momentánea a los estímulos que desaparece con el tiempo, y un nivel de estrés más constante a causa de los estímulos poco apropiados (37, 38, 43, 49).

El modelo MME nos permite conocer la frecuencia de resonancia para estimular de manera eficiente, esta frecuencia es:

$$\text{donde } \gamma = cv/2m \qquad \omega_r = (\omega_0^2 - 2\gamma^2) \qquad (\text{véase Cap. II})$$

al coeficiente  $\gamma$  se le puede estimar a partir de una curva experimental para el estrés, ya que  $cv$  es el parámetro de viscosidad del medio y  $m$  es el parámetro que estima la magnitud del estresor;  $\omega_0$  es la frecuencia de oscilación armónica:

$$\omega_0 = (k/m)^{1/2}$$

De esta forma, si se conoce la curva de estrés de la persona, al aproximarla por una curva teórica del MME con los parámetros  $m$ ,  $K$ , y  $cv$  que resulten apropiados, automáticamente se conocerá la frecuencia de estimulación apropiada.

#### IV.6 Perspectivas del MME

Se pueden hacer simulaciones tan complejas como se necesiten, es posible tratar el caso de estresores múltiples, es posible simular la desaparición de estresores, pero en este momento lo más adecuado es aplicar los casos básicos para probar los alcances verdaderos del modelo.

El MME tiene una amplia posibilidad de aplicación en los ámbitos productivos, ya que en todos ellos es importante mantener al personal en condiciones altamente competitivas, capacitados para responder a las necesidades de la organización (14, 37, 38)

La implementación de estrategias que consideren los niveles de estrés en las personas, incidirá directamente en la salud de las personas, y en importantes ahorros económicos por concepto de entrenamiento de personal, gastos médicos y pérdida de productividad (14, 37, 38, 46, 50)

## AP I MEDICION DEL ESTRES (POR ENCUESTAS)

### *Al.1 Escala de rangos de reajuste social (ERRS)*

Instrucciones. Verifique cada uno de los acontecimientos vivenciales que le han ocurrido durante el último año; sume los puntos. Una puntuación de 150 o menos significa una cantidad relativamente baja de cambio de vida y una baja susceptibilidad a una crisis de salud, inducida por el estrés. Una puntuación de 150 a 300 puntos implica cerca del 50 % de posibilidades de una franca crisis de salud en los próximos dos años. Un puntaje estadístico superior a los 300 eleva las posibilidades al 80 %, de acuerdo al modelo de predicción de Holmes-Rahe.

Acontecimientos Vivenciales	Valor medio
1. Muerte de la esposa	100
2. Divorcio	73
3. Separación marital del cónyuge	65
4. Reclusión en cárcel u otra institución	63
5. Muerte de un miembro familiar cercano	63
6. Accidente o enfermedad personal de importancia	53
7. Matrimonio	50
8. Ser despedido del trabajo	47
9. Reconciliación marital con el cónyuge	45
10. Jubilación del empleo	45
11. Cambio de importancia en la salud o en el com- portamiento de un miembro de la familia	44
12. Embarazo	40
13. Dificultades sexuales	39
14. Aparición de un nuevo miembro de la familia (por ejemplo a través de adopción, nacimiento, pariente que va a vivir con usted, etc.)	39
15. Reajuste importante en los negocios (por ejemplo, fusión, reorganización, bancarrota, etc.)	39
16. Cambio de importancia en los estados financieros (por ejemplo, mejor o peor que lo usual)	38
17. Muerte de un amigo íntimo	37
18. Cambio de actividades en el trabajo	36
19. Cambio importante en el número de discusiones con la esposa (por ejemplo: muchas más o muchas menos que las normales, con respecto al cuidado de los niños, a los hábitos personales, etc.)	35
20. Pedir una hipoteca por cantidades mayores a \$2 000 000.00 USD (por ejemplo: compra de casa, negocios, etc.)	31
21. Embargo debido a una hipoteca o a un préstamo	30
22. Cambio importante en las responsabilidades en el trabajo (por ejemplo: promoción, bajar de categoría, transferencia lateral)	29

23. Un hijo o hija deja el hogar (por matrimonio, estudios, etc.)	29
24. Problemas con los suegros	29
25. Logros personales sobresalientes	29
26. Inicio o cese del trabajo de la esposa fuera de la casa	26
27. Inicio o cese de ciclos escolares	26
28. Cambio importante en condiciones de vida (por ejemplo: construcción de una casa nueva, remodelamiento, deterioro de la casa, calle, vecindario, colonia)	25
29. Revisión de hábitos personales (vestido, maneras, asociaciones, etc.)	24
30. Problemas con el jefe	23
31. Cambios importantes en el horario o condiciones de trabajo	20
32. Cambio de casa	20
33. Cambio a nueva escuela	20
34. Cambio importante en el tipo usual y/o aumento de la recreación	19
35. Cambio importante en las actividades religiosas (muchas más, o muchas menos que lo usual)	19
36. Cambio importante en las actividades sociales (clubes, bailes, cine, visitas, etc.)	18
37. Pedir una hipoteca o préstamo menor a \$ 2 000 000.00 USD (por compra de un coche, televisión, refrigerador, etc.)	17
38. Cambio importante en los hábitos de sueño (dormir mucho más o mucho menos que lo usual)	16
39. Cambio importante en el número de contactos familiares (muchos más o muchos menos)	15
40. Cambios importantes en los hábitos alimenticios (mucho más o mucho menos ingestión de alimentos, horarios muy diferentes en las comidas o lugares donde se come)	15
41. Vacaciones	13
42. Navidad	12
43. Violaciones menores a la ley (infracciones de tránsito, vagancia, perturbar el orden, etc.)	11

Según ref 1161.

## Al.2 Evaluación Michigan del estrés

A continuación se muestra un ejemplo del tipo de reactivos y hoja de registro que se emplean en esta evaluación.

### Responsabilidad por gente y artículos materiales (18)

¿Cuánto estrés existe por:	muy poca			mucho		
G la responsabilidad que usted tiene por el trabajo de otros?	1	2	3	4	5	
C la responsabilidad que usted tiene para iniciar tareas y proyectos?	1	2	3	4	5	
C la responsabilidad que usted tiene con relación a presupuesto y gastos?	1	2	3	4	5	
C la responsabilidad que usted tiene para realizar tareas y proyectos?	1	2	3	4	5	
C la responsabilidad que usted tiene por equipo e instalaciones?	1	2	3	4	5	
C la responsabilidad que usted siente con respecto a la realización de la meta general de su división o dirección?	1	2	3	4	5	
C la responsabilidad que usted tiene para el futuro (carreras de otros)?	1	2	3	4	5	

G = Responsabilidad por la gente  
C = Responsabilidad por las cosas

El ejemplo de la hoja de registro se muestra en la fig ApI.1

El jefe llegó a las \_\_\_\_\_  
(hora)

Estoy iniciando el registro a las \_\_\_\_\_  
(hora)

Fecha de hoy \_\_\_\_\_

Hora	Llamadas recibidas	Llamadas hechas	Visitas a la oficina (con otra persona)	Reuniones concertadas por otros	Reuniones concertadas por el jefe	Otros: comidas, descansos, etc.
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

son las \_\_\_\_\_ con lo que termina el registro de hoy  
(hora)

Fig. N1.1 Hoja de registro de la carga objetiva de trabajo

### Al.3 Evaluación del estrés por estresores del nivel individual (en el trabajo)

El cuestionario siguiente fue creado para proporcionar un indicador del grado en el que diversos estresores del nivel individual, constituyen una fuente de estrés para usted. En cada reactivo usted deberá indicar la frecuencia con la que la condición descrita es una fuente de estrés. Después de cada uno de los reactivos anote el número que corresponda (del 1 al 7) de acuerdo con la siguiente escala:

- 1 la condición descrita nunca es fuente de estrés.
- 2 raras veces.
- 3 ocasionalmente.
- 4 algunas veces.
- 5 frecuentemente.
- 6 generalmente.
- 7 siempre es fuente de estrés.

#### Reactivos:

1. Las tareas de mi puesto y los objetivos de mi trabajo no están claros para mí.
2. Trabajo en tareas o proyectos innecesarios.
3. Tengo que llevar trabajo a casa por las noches o durante los fines de semana para estar al corriente.
4. Las demandas que me hacen en relación con la calidad del trabajo son irracionales.
5. Carezco de las oportunidades adecuadas para progresar en esta organización.
6. Se me hace responsable del desarrollo de otros empleados.
7. No tengo certeza ante quién soy responsable y o quién es responsable de mí.
8. Estoy entre la espada y la pared entre mis supervisores y mis subordinados.
9. Paso demasiado tiempo en juntas triviales que me alejan de mi trabajo.
10. Las tareas que me asignan algunas veces son muy difíciles y/o complejas.
11. Si deseo mejorar tengo que buscar un trabajo en otra organización.
12. Soy responsable de dar consejos a mis subordinados y/o ayudarlos a resolver sus problemas.
13. Carezco de autoridad suficiente para llevar a cabo mis responsabilidades.
14. La cadena formal de mando no se acata.
15. Soy responsable de un número de proyectos o tareas casi inmanejables a un mismo tiempo.
16. Las tareas se están volviendo cada vez más complejas.
17. Estoy dañando el progreso de mi carrera por permanecer con esta organización.

18. Tomo medidas o decisiones que afectan la seguridad o el bienestar de otros.
19. No entiendo totalmente que se espera de mí.
20. Hago cosas en el trabajo que son aceptadas por unas personas y por otras no.
21. Simplemente tengo más trabajo que el que puede hacerse en un día ordinario.
22. La organización espera de mí más de lo que puedo hacer con mi experiencia y habilidad.
23. Tengo pocas oportunidades de mejorar y adquirir nuevos conocimientos en mi trabajo.
24. Tengo más responsabilidad por personas que por cosas en esta organización.
25. No comprendo el papel que juega mi trabajo para alcanzar los objetivos generales de la organización.
26. Recibo órdenes conflictivas de dos o más personas.
27. Siento que simplemente no tengo tiempo de tomar un descanso ocasional.
28. Tengo insuficiente entrenamiento y/o experiencia para desempeñar mis obligaciones correctamente.
29. Siento que estoy estancado en mi carrera.
30. Tengo responsabilidad por el futuro (las carreras) de otros.

#### Puntuación

Cada reactivo se encuentra asociado a un estresor específico del nivel individual. Sus números y las categorías correspondientes aparecen enlistados a continuación. Sume las respuestas a cada reactivo, dentro de cada una de las categorías para llegar a una puntuación total de las categorías.

*Ambigüedad del rol:* 1, 7, 13, 19, 25.

*Roles conflictivos:* 2, 8, 14, 20, 26.

*Sobrecarga del rol (cuantitativa):* 3, 9, 15, 21, 27.

*Sobrecarga del rol (cualitativa):* 4, 10, 16, 22, 28.

*Desarrollo de la carrera:* 5, 11, 17, 23, 29.

*Responsabilidad por personas:* 6, 12, 18, 24, 30.

La importancia de la puntuación total en cada una de las categorías de estresores variará naturalmente de un individuo a otro. En general, pueden usarse las siguientes pautas para obtener una perspectiva de cada puntuación total:

- a) puntuaciones totales de menos de 10 son indicadores de bajos niveles de estrés;
- b) puntuaciones totales entre 10 y 24 son indicadores de niveles moderados de estrés.
- c) puntuaciones totales de 25 y mayores, son indicadores de altos niveles de estrés.

según [14]

#### *Al.4 Evaluación del estrés por estresores de tipo organizacional*

Para cada reactivo de la encuesta, indique con qué frecuencia la condición descrita es una fuente actual de estrés. Algunos de los reactivos pertenecen a la organización y otros a su grupo de trabajo. Para cada uno, anote el número que mejor describa la frecuencia con la que la condición descrita es fuente actual de estrés para usted, de acuerdo a la siguiente escala:

- 1 nunca.
- 2 raras veces.
- 3 ocasionalmente.
- 4 algunas veces.
- 5 frecuentemente.
- 6 generalmente.
- 7 siempre.

1. La gente no comprende la misión y metas de la organización.
2. La forma de rendir informes entre superior y subordinado me hace sentir presionado.
3. No estoy en condiciones de controlar las actividades de mi área de trabajo.
4. El equipo disponible para llevar a cabo el trabajo a tiempo es limitado.
5. Mi supervisor no da la cara por mí ante los jefes.
6. Mi supervisor no me respeta.
7. No soy parte de un grupo de trabajo de colaboración estrecha.
8. Mi equipo no respalda mis metas personales.
9. Mi equipo no disfruta de estatus o prestigio dentro de la organización.
10. La estrategia general de la organización no es bien comprendida.
11. Las políticas generales iniciadas por la gerencia impiden el buen desempeño.
12. Una persona a mi nivel tiene poco control sobre el trabajo.
13. Mi supervisor no se ocupa de mi bienestar personal.
14. No se dispone del conocimiento técnico para seguir siendo competitivo.
15. No se tiene derecho a un espacio privado de trabajo.
16. La estructura formal tiene demasiado papeleo.
17. Mi supervisor no tiene confianza en el desempeño de mi trabajo.
18. Mi equipo se encuentra desorganizado.
19. Mi equipo no me brinda protección en relación con injustas demandas de trabajo que me hacen los jefes.
20. La organización carece de dirección y objetivo.
21. Mi equipo me presiona demasiado.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

22. Me siento incómodo al trabajar con miembros de otras unidades de trabajo.  
23. Mi equipo no me brinda ayuda técnica cuando es necesario.  
24. La cadena de mando no se respeta.  
25. No se cuenta con la tecnología para hacer un trabajo de importancia.

**Clave para la calificación**

**Rango de estrés**

4-29	1, 10, 11, 20	=	Clima organizacional
4-29	2, 12, 16, 24	=	Estructura organizacional
3-21	3, 15, 22	=	Territorio organizacional
3-21	4, 14, 25	=	Tecnología
4-29	5, 6, 13, 17	=	Influencia del líder
4-29	7, 9, 18, 21	=	Falta de cohesión
3-21	8, 19, 23	=	Respaldo del grupo

Puesto que se presentaron pocas variables de las categorías organizacional y colectiva, la significación de la puntuación total del estrés no es importante.

La investigación mediante pruebas piloto indica que los valores promedio para cualquier categoría de estresores arriba de 4, es indicio de un grado moderado de estrés. La media de los valores en un nivel de 4 y mayores, sugieren que se justifica el examen más cercano y detallado de la variable.

según [14]

### Al.5 Evaluación para determinar el grado de estrés por causas extraorganizacionales

En esta evaluación se diagnostica el grado de estrés por eventos desagradables (distrés) de índole extraorganizacional, para tal efecto se presenta una gama de sucesos que usted posiblemente ha experimentado.

Si usted no ha experimentado el suceso listado en los últimos doce meses anote NO junto al concepto. Si usted ha experimentado el suceso en los últimos 12 meses, comuníquelo dando una calificación a la situación de distrés, la cual se anotará junto a cada suceso. Puede usar cualquier número del 1 al 11, dependiendo del grado de seriedad con que le perturbó el suceso.

Para el objeto de esta encuesta puede definirse el distrés como lo que existe cuando usted experimenta sentimientos de frustración, ansiedad, tensión, malestar o incomodidad. Recuerde que su puntuación reflejará la cantidad de frustración, ansiedad, tensión, malestar o incomodidad que le ha causado el suceso extraorganizacional.

#### Escala de distrés

Distrés bajo				Distrés moderado				Distrés extremo		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

#### Relaciones maritales y personales

1. Compromiso roto
2. Casado
3. Divorciado
4. Separado
5. La relación con el cónyuge o compañero cambió para empeorar
6. Falta de comunicaciones con la esposa o compañera
7. La esposa o compañera empezó o dejó de trabajar fuera del hogar
8. Dificultades sexuales o insatisfacción
9. Regreso con la esposa o compañera después de una separación
10. Dificultades con los parientes políticos
11. Infidelidad en la relación con la esposa o compañera
12. Muerte de la esposa o compañera

#### Hijos

13. Embarazo de alguien de la casa
14. Nacimiento de un niño en la casa
15. Aborto en casa
16. Descubrió que no puede tener familia
17. Muerte de un niño

18. Grave desacuerdo con la pareja en relación con las prácticas para educar a los hijos
19. El niño va muy mal en la escuela
20. El niño involucrado en actividades ilegales
21. El niño es un problema disciplinario
22. El niño tiene un grave problema personal (embarazo indeseado, abuso de drogas, etc.)
23. E l niño afecta negativamente la relación de pareja

#### La familia

24. Una nueva persona se mudó a la casa
25. Una persona se fué de la casa
26. Alguien permaneció en casa cuando se esperaba que se fuera
27. Grave desacuerdo familiar con persona diferente al cónyuge o compañero
28. Muere un miembro de la familia que no es la pareja ni el hijo
29. En términos generales, ¿cómo podría decir que le ha ido a su matrimonio, hijos, familia, y vida personal en los últimos doce meses? (Haga un círculo en su respuesta):
  1. óptimamente
  2. especialmente bien
  3. bien
  4. normal
  5. mal
  6. realmente mal
  7. pésimamente

#### La residencia

30. Cambio a otro domicilio en la misma ciudad
31. Cambio a una ciudad o estado diferente
32. No pudo mudarse después de que esporaba hacerlo
33. Peridó su hogar a causa de fuego, inundación u otro desastre
34. Robo o vandalismo en el hogar
35. Dificultades con los vecinos
36. El vecindario no recibe mantenimiento adecuado

#### Las finanzas domésticas

37. Hipotecó la casa
38. Atrasado en el pago de hipoteca o préstamo
39. Entablamiento de juicio por hipoteca o préstamo
40. Reducción de salario u honorarios
41. Sufrió pérdida financiera o pérdida de propiedad no relacionada con el trabajo
42. Los ingresos no van a la par de los gastos
43. Ha sido auditado por la Secretaría de Hacienda

44. No recibió los honorarios o el aumento de sueldo esperado
45. Incurrió en una obligación financiera inesperada
46. Experimentó una apreciable mejora en las finanzas, como aumento de sueldo, nuevas fuentes de ingreso o herencia
47. En términos generales, ¿cómo podría decir que le ha ido en sus asuntos hogareños, financieros y legales en los últimos doce meses? (Haga un círculo en su respuesta)

1. Óptimamente
2. especialmente bien
3. bien
4. normal
5. mal
6. realmente mal
7. pésimamente

#### Clave para la puntuación

Existen muchas formas de asignar una puntuación a esta autoencuesta de estresores extraorganizacionales. Usted puede, simplemente, sumar en cada categoría, por ejemplo, relaciones maritales y personales, niños, familia, etc., el número de reactivos en los que reportó alguna cantidad de distrés.

Esto mostrará la cantidad de estresores más frecuentes en cada categoría; un segundo procedimiento de puntuación es el de totalizar las puntuaciones para el distrés de cada reactivo y categoría, y determinar cuál está causando la mayor parte de los problemas. Cualquier reactivo cuya puntuación sea de 6 o más es un área que debe examinarse más cuidadosamente.

La puntuación total de una categoría de 30 o más, para las relaciones maritales y personales (reactivos del 1 al 12), de 27 o más para los niños (del 13 al 23), de 18 o más para la residencia (del 30 al 36), y 25 o más para las finanzas (del 37 al 46), justifica una revisión posterior.

Finalmente, al examinar sus respuestas a los reactivos 29 (matrimonio, niños, familia y vida personal) y 47 (hogar, asuntos legales y financieros), obtendrá un panorama de estrés en alguna de las categorías extraorganizacionales.

Esta encuesta autoadministrada, es más conveniente para considerar los sucesos extraorganizacionales relevantes que para que se haga una medición precisa de los niveles de estrés.

según [14]

*Al.6 Evaluación del tipo de conducta de un individuo  
(propenso o no a las enfermedades por estrés)*

El perfil de la conducta de actividad fue diseñado para proporcionar información sobre el grado en que usted asumiría una conducta tipo A o una conducta tipo B.

Para cada reactivo, se le presentarán dos alternativas, la A y la B. Usted indicará cuál de las alternativas es la que mejor le describe, de la siguiente forma:

- si A lo describe totalmente y B no lo describe en absoluto, asígnese 5 puntos.
- si A lo describe en gran parte y B lo describe parcialmente asígnese 4 puntos
- si A lo describe ligeramente mejor que B, asígnese 3 puntos

Cada una de las combinaciones anteriores puede invertirse. Por lo tanto:

- si B lo describe ligeramente mejor que A, asígnese 2 puntos
  - si B lo describe en su mayor parte asígnese 1 punto
  - si B lo describe totalmente asígnese 0 puntos
1. A. Aun cuando las normas de trabajo que me impongo son muy altas, me decepciono mucho conmigo mismo cuando no cumplo con ellas.  
B. Trato de mantener normas de trabajo razonables con las que puedo cumplir sin romperme la espalda. Si llego a fallar, no permito que ello me altere.
  2. A. Aun cuando estoy sentado, normalmente estoy en movimiento: golpeando con el pie, tamborileando con los dedos, jugueteando con un lápiz o desarrollando alguna actividad similar  
B. Normalmente estoy completamente relajado cuando estoy sentado, por tanto, raras veces me muevo o cambio de posición.
  3. A. En casi todo lo que hago tiendo a ser impulsivo y competitivo.  
B. Me gusta disfrutar lo que estoy haciendo; entre más relajado y libre de comportamientos competitivos me encuentro, más disfruto de mi actividad.
  4. A. Prefiero ser respetado por las cosas que logro.  
B. Prefiero gustarle a la gente por lo que soy.
  5. A. Francamente, con frecuencia me altero o me enoja con la gente aunque no lo demuestre.  
B. Raras veces me enoja con la gente; no vale la pena enojarse con la mayoría de las cosas.
  6. A. Cuando participo en un juego o compito en algún evento, mi gozo proviene de ganar.  
B. Cuando participo en un juego o compito en algún evento, mi gozo proviene de la participación y de la interacción social.

7. A. Frecuentemente me encuentro apresurado aun cuando no es necesario.  
B. Francamente no me gusta apresurarme, aun cuando sé que se está haciendo tarde.
8. A. Mi trabajo me brinda mi principal fuente de satisfacción; no encuentro otras actividades tan gratificantes como esta.  
B. Aunque me gusta mi trabajo, regularmente siento satisfacción en muchos otros intereses como los deportes, los pasatiempos, los amigos y la familia.
9. A. Hago mi mejor trabajo cuando tengo un plazo de terminación.  
B. Aunque las fechas límite tal vez no me molesten, más bien procedo a mi paso sin el engorro de cumplir con una fecha.
10. A. La espera obligada me pone nervioso.  
B. La espera de alguien o algo es a veces una buena oportunidad para relajarse.
11. A. Tiendo a desgastarme tratando de abarcar demasiado.  
B. Me gusta que se hagan las cosas, pero no a costa de agotarme.
12. A. Los alimentos tienden a interrumpir mi horario y consecuentemente tiendo a comer muy rápido.  
B. Disfruto de las comidas, y cuanto más lento y relajado coma más las disfruto.

#### Puntuación

Suma su total de puntos. Si el total está entre:

- 0 y 11, usted muestra una fuerte conducta tipo B
- 12 y 23, usted muestra una conducta moderada tipo B
- 24 y 36, su conducta es una mezcla de tipo A y B y no muestra un patrón definido
- 37 y 48, usted muestra una conducta moderada tipo A
- 49 y 60, usted muestra una fuerte conducta tipo A

La conducta tipo A es la propicia para manifestar desordenes por estrés. [14]

## REFERENCIAS

- [1] Skeat, W. W., *A Concise Etymological Dictionary of the English Language*, Oxford Press, Oxford 1958.
- [2] Bernard, C. L., *Rapport sur les progrès et le marche de la physiologie générale*. Bailliere, Paris Francia 1867.
- [3] Cannon, W. B., "New evidence for sympathetic control of some internal secretions", *American Journal of Psychiatry*, 15, 1922.
- [4] Cannon, W. B., "Stresses and strains of homeostasis". *American Journal of Medical Science*, 189, 1-4, 1935.
- [5] Cannon, W. B., *The Wisdom of the Body*, W. W. Norton and Co. Inc., NY USA. 1939.
- [6] Selye, H., "A syndrome produced by diverse noxious agents", *Nature* 138, 32, 1936.
- [7] Selye, H., *Stress*, Montreal Acta Inc. Canada 1950.
- [8] Engel, F., "A critique of some concepts relating to the etiopathogenesis of the disease of adaptation". *Proceedings of the world Congress on Medical Psychology*, Buenos Aires, Argentina 1956.
- [9] Lazarus, R., *Psychological Stress and the Coping Process*. Mc Graw Hill Inc. NY USA. 1967
- [10] Appley, M. H., Trumbull, R., *Psychological Stress*. Appleton-Century-Crofts, NY USA. 1967.
- [11] Weitz, J., "Psychological research needs on the problems of human stress". *Social and Physiological Factors in Stress*, McGrath, J. E., dir. Holt, Rinehart & Winston, NY USA. 1970.
- [12] Selye, H., *Stress Without Distress*, J. B. Lippincott Co. NY USA. 1974.
- [13] Cox, T. *Stress*, University Park Press, Baltimore 1978.
- [14] Ivancevich, M. J., y Matteson, M. T., *Estrés y Trabajo, una perspectiva gerencial*, sec. ed. Trillas Mex. 1989.
- [15] Selye, H., *The Stress of Life*, sec. ed., Mc-Graw-Hill Inc., NY USA. 1976.
- [16] Holmes, T. H., Rahe, R. H., "The social readjustment rating scale". *Journal of Psychosomatic Medicine* 11, 213-218, 1967.

- [17] French, J. R. P. Jr., Kahn R. L., "A pragmatic approach to studying the industrial environment and mental health"., *Journal of Social Issues.*, 18, 1-47, 1962.
- [18] Caplan, R., "Organizational stress and individual strain: A social psychological study of risk factors"., (Conferencia), Microfilms de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan USA, 1971.
- [19] Sales, S., "Organizational rol as a risk factor in coronary disease"., *Administrative Science Quarterly*, 14, 325-336, 1969.
- [20] Rose, R. M., Jenkins, C. D., Hurst, M. W., "Air traffic controller health change study"., *Federal Aviation Administration Contract, Dep. of Transportation USA, 1978.*
- [21] Welford, A. T., "Stress and performance"., *Ergonomics* 16, 557-580, 1973.
- [22] Korman, A. K., *The Psychological Motivation*, Prentice Hill Inc., Englewood Cliffs, NJ USA 1979.
- [23] Forbes, R., *Corporate Stress*, Doubleday and Co. Inc., Garden City, NY USA, 1979.
- [24] Unsöld, A., *El nuevo Cosmos.*, Siglo XXI editores, Mex., Esp., 1977.
- [25] Fowles, G. R., *Analytical Mechanics.*, Holt, Reinhart & Winston, Inc., NY USA, 1970.
- [26] Alonso, M., Edward, J. F., *Física vol. 1 (mecánica).*, Fondo educativo interamericano., Mex., Panamá., 1976.
- [27] Granville, W. A., Smith, P. F., *Cálculo diferencial e integral.*, Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana., Mex., 1977.
- [28] Lanchman, S., *Psychosomatic Disorders: A Behavioral Interpretation.*, Jhon Wiley & Sons, Inc., NY USA 1972.
- [29] Basovitz, H., Persky, H., Korchin, S. J., Grinker, R. R., *Anxiety and Stress.*, Mc Graw-Hill, Inc. NY USA 1955.
- [30] Mechanic, D., *Students Under Stress.*, The Free Press, Glencoe UK, 1962.
- [31] Janis, I., "Problems of theory in the analysis of stress behavior"., *Journal of Social Issues.*, 10, 2-25, 1954.

- [32] House, J. S., "Occupational stress and coronary heart disease. A review and theoretical integration"., *Journal of Health and Social Behavior.*, 5, 12-27, 1974.
- [33] French, J. R. P. Jr., Kahn, R. L., "A programatic approach to studying the industrial environment and mental health"., *Journal of Social Issues* 1, 1-47, 1962.
- [34] McGrath, T. E., "Stress and behavior in organizations", *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, Rand & McNally Co., Chicago USA 1962.
- [35] Haaser, M. B., LaSalle, J. P., Sullivan, J. A., *Análisis matemático 2.*, Editorial Trillas México 1979.
- [36] Glover, B., Shepherd, J., *Correr para vivir mejor.*, Editorial Roca México, 1987.
- [37] Cerney, J. V., *Como desarrollar una personalidad de un millón de dólares.*, Editorial Diana México 1991.
- [38] Pater, R., *Las artes marciales y el arte de la administración.*, Editorial Diana México 1992.
- [39] American Heart Association., *Heart Facts.*, American Heart Association Communication Division, 1978.
- [40] Friedman, M., Rosenman, R., *Type a behavior and your heart.*, Alfred A. Knopf Inc. NY USA, 1974.
- [41] Sales, S., House, J., "Job dissatisfaction as a possible risk factor in a coronary heart disease"., *Journal of Cronical Disease*, 23, 861-873, 1971.
- [42] Sagan, C., *El cerebro de Broca.*, Editorial Grijalbo Barcelona España, 1981.
- [43] Silva, J., Phillip, M., *The Silva Mind Control Method.*, Simon and Schuster New York USA 1989.
- [44] Santos Nalda, J., *Los secretos del budo.*, Editorial Alas, Barcelona España, 1989.
- [45] Karl, S., Barnard, C., *The living body.*, Multimedia Publications (UK) 1984.
- [46] Silva, J., Goldman, B., *The Silva Mind Control Methods of Mental Dynamics.*, Pocket Books NY USA, 1989.
- [47] Chun, P., *Tae-Kwon-Do The Korean Martial Art.*, Harper & Row Publisher Inc. NY USA, 1980.
- [48] Nakayama, M., *Best Karate Cuol 1, 2, 3, 4, 5, 6).*, Kodasha International, Tokyo Japan 1983.

[49] Hyams, J., *El Zen en las artes marciales.*, Editorial Universo, México 1987.

[50] Wu-shu!, *Manuales Oficiales*, publicados en China por: The people's Sport Publishing House, Pekin 1985.