

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



APLICACION DE LA ERGONOMIA INDUSTRIAL A
LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA Y ANALISIS
DE SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

JOSE DAVID PORTER MEDINA

045.62
TEC.92
1994
C.2

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1994

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



APLICACION DE LA ERGONOMIA INDUSTRIAL A
LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA Y ANALISIS
DE SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

JOSE DAVID PORTER MEDINA

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1994

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**

**APLICACION DE LA ERGONOMIA INDUSTRIAL A LOS SISTEMAS
DE MANUFACTURA Y ANALISIS DE SU IMPACTO EN
LA PRODUCTIVIDAD**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA**

JOSE DAVID PORTER MEDINA

Diciembre de 1994, Monterrey, N.L.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres, que con su apoyo y esfuerzo me permitieron lograr una meta más en mi vida profesional.

Agradezco a mi esposa Izza, a mis hijos José Francisco, David Alberto, Izza Alejandra y Mariana Isabel, por todo su amor, comprensión y paciencia.

Agradezco a mi asesor, el Dr. Jesús S. Garza Tijerina, por su ideas y dirección que hicieron posible la elaboración de esta tesis.

Finalmente agradezco a todas las personas, que de alguna manera ya sea directa o indirectamente colaboraron para la elaboración de esta investigación.

Resumen

En la actualidad, las empresas dedicadas a la manufactura, tratan de lograr un incremento en productividad en base a nuevas tecnologías. Sistemas integrados de manufactura, celdas de manufactura, **CIM**, etc., son ejemplos de algunas de ellas.

Sin embargo, al implementar estas nuevas tecnologías olvidan considerar al elemento más importante para lograr el éxito esperado. Nos referimos al factor humano.

La ergonomía (del griego *ergos*, trabajo y *nomos*, leyes) se dedica al estudio de la interfase (o interacción) entre los humanos y los objetos que éste usa, así como el ambiente en el cual funcionan. Esta parte de la Ingeniería Industrial, engloba los componentes más importantes de un sistema : los seres humanos, los objetos que lo rodean y el ambiente; además de las complejas interacciones entre ellas.

Sabemos que la tecnología supone en muchos casos una descarga física para el operador. Sin embargo, también se sabe que ésta provoca en la mayoría de los casos un incremento en la carga mental del trabajo.

Es necesario entonces, coordinar y evaluar constantemente al hombre en el desempeño de sus actividades, de manera que pueda integrarse lo más pronto posible al cambio de tecnología. Es en este aspecto en el que la ergonomía, como herramienta de apoyo, puede ser de gran ayuda.

Índice general

Capítulo 1. Introducción.

1.1 Definición de ergonomía	1
1.2 Microergonomía y macroergonomía	2
1.3 Otros enfoque acerca de la ergonomía	3
1.4 Ergonomía Industrial	5
1.5 Definición del problema de investigación	7
1.6 Justificación	7
1.7 Objetivos	8
1.8 Hipótesis	8
1.9 Limitaciones y delimitaciones	8
1.10 Referencias del capítulo	9

Capítulo 2. Los sistemas hombre - máquina.

2.1 El concepto de sistemas y su relación con la ergonomía	10
2.2 Sistemas hombre - máquina	11
2.3 Clasificación de los sistemas	12
2.3.1 Sistemas manuales	12
2.3.2 Sistemas mecánicos	12
2.3.3 Sistemas automáticos	13

2.4 Confiabilidad de los sistemas	13
2.4.1 Componentes en serie	14
2.4.2 Componentes en paralelo	15
2.5 Referencias del capítulo	16

Capítulo 3. La capacidad humana en un sistema hombre - máquina.

3.1 La capacidad humana en un sistema hombre - máquina - ambiente	17
3.1.1 Capacidad de administración	20
3.1.2 Capacidad de asimilar y procesar la información	21
3.1.3 Capacidad de aprendizaje	23
3.1.4 Capacidad de diseño y creatividad	24
3.2 Limitaciones humanas en un sistema hombre - máquina - ambiente	24
3.2.1 Estructurales	25
3.2.2 De comportamiento	25
3.2.3 Operacionales	26
3.2.4 Ambientales	27
3.3 El uso de la gente en un sistema	27
3.4 Referencias del capítulo	28

Capítulo 4. El error humano.

4.1 Introducción	29
4.2 Naturaleza del error humano	29

4.2.1 Confiabilidad humana	30
4.3 Esquemas de clasificación del error humano	32
4.3.1 Criterios de calificación	32
4.4 Razones del error humano	35
4.5 Caso de estudio	37
4.5.1 Resumen del accidente	38
4.5.2 Situaciones anormales que se presentaron en el accidente	39
4.5.3 Recursos y costos involucrados en el accidente	41
4.5.3.1 Horas - hombre perdidas	41
4.5.3.2 Lotes perdidos	41
4.5.3.3 Mantenimiento	41
4.5.3.4 Materia prima	42
4.5.3.5 Conclusiones del caso	43
4.6 Referencias del capítulo	43

Capítulo 5. Estrategias para el control del error humano.

5.1 Introducción	45
5.2 Selección de personal	46
5.3 Entrenamiento	47
5.4 Apoyos para el desempeño del trabajo	49
5.5 Diseño de los JPA's	51
5.6 Referencias del capítulo	52

Capítulo 6. Integración de tecnología.

6.1	Introducción	53
6.2	Perspectiva histórica	54
6.3	La ergonomía en los sistemas avanzados de manufactura	55
6.4	Efectos de la automatización	57
6.5	Caso de estudio 1	60
6.5.1	Antecedentes	60
6.5.2	Desarrollo del problema	61
6.5.3	Resultados obtenidos	62
6.6	Caso de estudio 2	63
6.6.1	Antecedentes	63
6.6.2	Desarrollo del problema	63
6.6.3	Conclusiones del caso	66
6.7	Referencias del capítulo	66
Capítulo 7. Conclusión		67
Anexo 1. Introducción a la terminología y patología de los traumas acumulativos		70
Anexo 2. Ejemplo de una lista de verificación para evaluar las características del lugar de trabajo		72
VITA		74

Índice de figuras

Figura 1.1 Relación entre microergonomía y macroergonomía	—	2
Figura 1.2 Los tres objetivos principales de la ergonomía	————	4
Figura 2.1 Representación esquemática de un sistema hombre máquina	—————	11
Figura 5.1 Elementos del proceso de selección de personal	———	46
Figura 5.2 El entrenamiento en el contexto del proceso de selección de personal	—————	48
Figura 5.3 La relación de los JPA's con el proceso de selección y el entrenamiento	—————	50
Figura 6.1 Comparación de la operación manual contra la operación automática	—————	64

Indice de tablas

Tabla 1.1	Comparación entre la micro y la macroergonomía	3
Tabla 3.1	Comparación entre las capacidades humanas y las de las máquinas	18
Tabla 4.1	Estimados de la confiabilidad humana	35
Tabla 4.2	Costos totales de mano de obra	42
Tabla 4.3	Costos totales de equipo	42
Tabla 4.4	Costos totales de materia prima	42
Tabla 6.1	Cambios experimentados en la planta después de implementar las recomendaciones de ergonomía	62

Capítulo 1

Introducción

1.1 Definición de ergonomía.

El término *ergonomía*, no es una de esas palabras que se encuentran día con día en las actividades que realizamos, ya sea en la planta, en el hogar o en cualquier otro ambiente. De hecho, muchos profesionistas ni siquiera han oído hablar de ella. Debido a esto, en la actualidad todavía estamos sufriendo las inconveniencias del diseño deficiente de productos, estaciones y métodos de trabajo.

El origen de esta rama de la ingeniería industrial puede trasladarse hasta 1949 cuando K. F. H. Murrell, un ergonomista británico, combinó dos vocablos griegos (*ergos* que significa trabajo y *nomos* que significa leyes) para crear el término *ergonomía*. En los Estados Unidos, la expresión equivalente es *factores humanos* (*human factors*)^[1].

La ergonomía ha sido definida por muchos autores durante décadas pasadas. Sin embargo, ésta puede ser descrita en términos prácticos como *el estudio de la interfase (o interacción) entre los humanos y los objetos que éste usa, así como el ambiente en el cual*

funcionan. Esta definición engloba los componentes más importantes : los seres humanos, los objetos que lo rodean, y el ambiente, además de las complejas interacciones entre ellos.

El tema central de la ergonomía, concepto que se abordará ampliamente en este trabajo, es *adaptar la tarea o actividad al hombre*. A través de esta adaptación, la ergonomía pretende lograr mejoras en la productividad, la salud ocupacional, la seguridad y el bienestar de los operadores, así como lograr una interacción efectiva entre estos, la tecnología que usan, y el ambiente en que ambos tienen que operar.

1.2 Microergonomía y macroergonomía.

La ergonomía puede dividirse en dos enfoques principales, la microergonomía y la macroergonomía^[2]. La figura 1.1 muestra la relación entre ambas. La microergonomía comprende el enfoque tradicional de la ergonomía, es decir, tratar de mejorar el desempeño del operador asegurándose que la gente es compatible con sus lugares de trabajo.



Figura 1.1 Relación entre microergonomía y macroergonomía.

Por otro lado, la macroergonomía es una disciplina más reciente, que abarca como su nombre lo indica, un concepto más global. Es decir, es también el estudio del trabajo y de los sistemas de trabajo, pero con un punto de vista más amplio. La tabla 1.1 muestra una comparación entre los puntos importantes de ambas disciplinas.

	Microergonomía	Macroergonomía
Nivel de detalle	Micro.	Macro.
Unidad de estudio	Tareas, sub-tareas.	Grupos, divisiones.
Meta	Optimizar al operador.	Optimizar los sistemas de trabajo.
Enfoque	Detalles.	Enfoque global.
Herramientas de medición	Generalmente mediciones físicas como longitud, fuerza, decibeles, tiempo, luxes.	Generalmente medidas más subjetivas a nivel organizacional, tales como cantidad de personal, actitudes, moral.
Antigüedad como parte del campo de la ergonomía	20 - 40 años.	3 - 5 años.
Antigüedad en su aplicación	10 - 20 años.	1 - 2 años.
Disciplinas que aplica	Anatomía, psicología, psicología perceptual, ingeniería industrial.	Comportamiento organizacional, psicología organizacional.

Tabla 1.1 Comparación entre la micro y la macroergonomía.

1.3 Otros enfoques acerca de la ergonomía.

McCormick y Sanders^[3] proporcionan una definición más amplia de esta disciplina. En

resumen, los autores intentan una propuesta que contiene tres elementos, llamados *el enfoque central, los objetivos* y la *propuesta central de factores humanos*, tal y como se muestra en la figura 1.2.

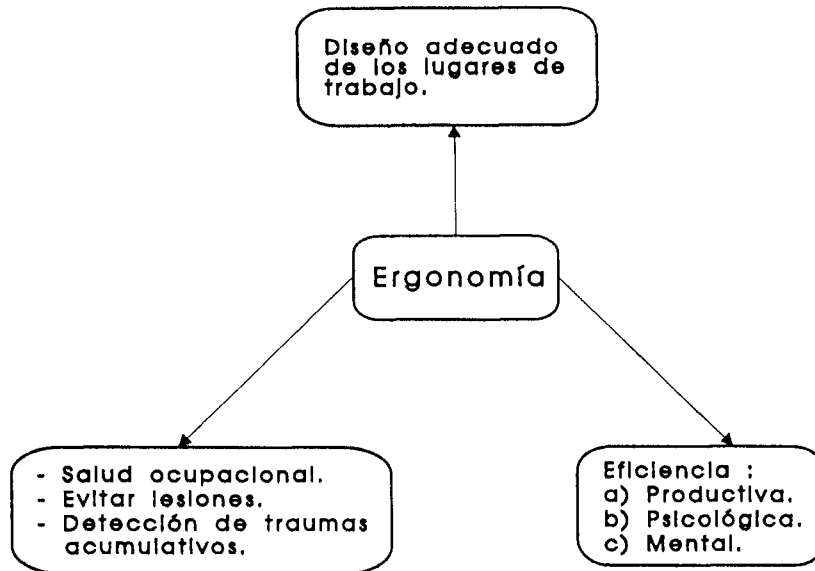


Figura 1.2 Los tres objetivos principales de la ergonomía.

El *enfoque central* es la consideración a los seres humanos en el diseño de ambientes hechos por el hombre, objetos, procedimientos de trabajo, etc.

Los *objetivos* son incrementar la efectividad de los sistemas hombre-máquina resultantes, a la vez que se mantiene el bienestar para los operadores.

Por último, la *propuesta central de factores humanos* es la aplicación sistemática de los datos disponibles sobre las características humanas (capacidades, limitaciones, etc.) en el diseño de estos sistemas o procedimientos.

Otros de los puntos que abarca la ergonomía, es tomado de la teoría de sistemas. Para que cualquier sistema funcione eficientemente, existen dos requisitos indispensables :

- Los componentes deben de estar diseñados adecuadamente.
- Los componentes deben de trabajar de manera conjunta para lograr la meta esperada.

Tomemos el siguiente ejemplo. Si uno quisiera construir un motor de características superiores, y escogiera los mejores componentes existentes en el mercado y los uniera, el motor nunca trabajaría. No importa que tan bien estén construidas y diseñadas las partes individuales, ese motor nunca trabajará. De manera similar, el usuario (u operador) es una parte integral del sistema hombre-máquina. Si él no puede funcionar efectivamente, el desempeño total del sistema se verá afectado.

1.4 Ergonomía industrial.

La *ergonomía industrial*^[4] ha recorrido un largo camino durante la década pasada. No mucho tiempo atrás la gente apenas se estaba familiarizando con los términos ergonomía y factores humanos. Ahora, están aprendiendo acerca de la ergonomía industrial.

La ergonomía industrial trata con la gente en los lugares de trabajo; específicamente, es la aplicación de las ciencias relacionadas con el trabajo. *Ergo* significa "trabajo", y *nomía* se define como "el estudio de" del término *nomos*, que significa "leyes".

El agregarle el término *industrial* podría verse redundante, pero su uso clarifica aun más la aplicación de la ergonomía en el lugar de trabajo. Se hace esta distinción debido a que la ergonomía puede aplicarse a lugares que no son el trabajo; por ejemplo, el hogar,

automóviles, o productos del consumidor. Por lo tanto, el agregado *industrial* asegura el enfoque al ambiente de manufactura, así como el de servicio.

El uso de la ergonomía industrial va en aumento, debido a que las organizaciones están experimentando un incremento en sus costos, los cuales no son cuantificados de manera correcta al tomarse ciertas situaciones como inevitables. Aquí nos referimos a los costos que se derivan del mal diseño de las estaciones de trabajo, que a corto plazo se traducen en la necesidad de otorgar permisos, incapacidades, así como a los accidentes originados como consecuencia de esa falta de un adecuado diseño ergonómico de los lugares de trabajo. Por lo tanto, el campo de la ergonomía industrial está creciendo rápidamente, tanto en el número de practicantes como en el de aplicaciones.

El practicante de la ergonomía industrial, llamado *ergonomista*, estudia a los trabajadores y sus herramientas, así como el lugar en que éstos desarrollan sus actividades, observando detalles tales como espacio, ambiente, equipo, e instalaciones. Al hacer esto, el ergonomista es capaz de crear condiciones mejoradas de trabajo.

Los errores típicos de la falla en la aplicación de la ergonomía incluyen :

- Incremento en el tiempo perdido.
- Incremento en el ausentismo.
- Decremento en la producción.
- Baja calidad en el producto.
- Lesiones.
- Incremento en la probabilidad de errores y accidentes.
- Incremento en los paros de labores.
- Menos capacidad para lidiar con las emergencias.

1.5 Definición del problema de investigación.

A pesar de que en nuestro país, los términos de *ergonomía* y de *ergonomía industrial* no son nuevos, su aplicación dista mucho de parecerse a la de otros países.

En la actualidad, constantemente se están desarrollando nuevos sistemas de manufactura que implican operaciones más complicadas, y que requieren de operadores mejor capacitados y concientizados de lo que su trabajo representa para la empresa.

Debido a este constante desarrollo, muchas veces en el diseño de estos sistemas no se toma en cuenta al factor humano como parte integral del mismo, por lo que al comenzar sus operaciones, surgen problemas tales como accidentes, tiempo perdido en operaciones mal ejecutadas (derivadas del mal diseño), aumento de costos (derivados principalmente de los accidentes), etc., los cuales repercuten tanto en la productividad de la empresa como en la calidad de su producto.

1.6 Justificación.

Sabemos que el diseño de la mayoría de los sistemas de manufactura está basado en el arreglo que tendrán las máquinas en el mismo, los lugares destinados para almacenes, etc. Muy pocas veces, y podríamos decir que tal vez ninguna, se diseña tomando en cuenta el factor humano que participará en él.

En el caso de nuestro país esto se agrava si tomamos en cuenta que la mayoría del equipo utilizado en esas instalaciones proviene de otros países y que, lógicamente, utilizan los estándares adecuados a sus pobladores.

Aunado a esto, se encuentra la pobre cultura que tenemos en cuanto al uso adecuado del equipo de seguridad, lo que eleva grandemente el número de accidentes. Se tienen datos de una empresa importante, manufacturera de vidrio y localizada en nuestra ciudad, en la cual el número de accidentes promedio que tuvieron en los meses de enero a abril del año en curso fueron 40, lo que ha impactado en sus costos por incapacidad de los operadores así como en el tiempo que se detiene la línea en el momento del accidente.

1.7 Objetivos.

Los objetivos del trabajo de investigación consisten en identificar en una empresa de manufactura, los problemas relacionados con la ergonomía que afectan el desempeño de la misma. Estaciones de trabajo mal diseñadas, condiciones ambientales adversas, introducción y adaptación de nuevas tecnologías, problemas de lesiones y accidentes, etc.

Una vez identificados estos problemas, se dará paso al análisis de una mejora en estas condiciones para posteriormente validar los cambios, analizando su impacto en la productividad de la empresa y la calidad de su producto.

1.8 Hipótesis.

La identificación de los riesgos potenciales en las operaciones de una empresa de manufactura, basándonos en la *ergonomía industrial*, evitará problemas relacionados con los costos y tiempo perdido, mejorando de esta forma la productividad de la empresa.

1.9 Limitaciones y delimitaciones.

Debido a la gran variedad de giros que puede tener una empresa de manufactura, y al

tiempo que implicaría el desarrollo de un instructivo que las abarcara todas, este estudio tratará de tomar 2 ó 3 casos específicos y desarrollarlos de manera que los resultados obtenidos puedan servir como modelo para otro tipo de empresas.

Se piensa obtener también una serie de lineamientos de diseño o modificación del diseño de una línea o estación de trabajo, y creemos que su aplicación creará el interés para continuar su desarrollo a niveles más avanzados.

1.10 Referencias del capítulo.

- [1] Alexander, David C. y Pulat, Babur Mustafa. 1985. *Industrial Ergonomics. A practitioner's guide*. Norcross, GA. Industrial Engineers and Management Press. p. 2.
- [2] Alexander, David C. y Pulat, Babur Mustafa. 1991. *Industrial Ergonomics. Case studies*. McGraw Hill. Norcross, GA. Industrial Engineers and Management Press.
- [3] McCormick, E.J. y Sanders, M.S. 1982. *Human Factors in engineering and design*. Nueva York. Ed. McGraw Hill.
- [4] Alexander, David C. y Pulat, Babur Mustafa. 1991. *Industrial Ergonomics. Case studies*. McGraw Hill. Norcross, GA. Industrial Engineers and Management Press. p. 229.

Capítulo 2

Los sistemas hombre - máquina

2.1 El concepto de sistemas y su relación con la ergonomía.

Un concepto central y fundamental en ergonomía es el *sistema*^[1]. Varios autores han propuesto diferentes definiciones para el término; sin embargo, aquí vamos a proporcionar una definición muy sencilla.

Un *sistema* es una entidad que existe para llevar a cabo un propósito^[2]. Un sistema está compuesto de humanos, máquinas, y otros elementos que trabajan en conjunto (interactúan) para lograr alguna meta, la cual no podrían lograr si trabajaran en forma individual. El pensar en términos de sistemas nos sirve para estructurar una propuesta para el desarrollo, análisis, y evaluación de agrupaciones complejas de humanos y máquinas.

2.2 Sistemas hombre-máquina.

Podemos considerar un *sistema hombre-máquina* como una combinación de uno o más operadores interactuando con uno o más componentes físicos, para producir -contando con ciertos datos de entrada- una salida deseada.

En forma relativamente simple, un sistema hombre-máquina puede ser una persona con un azadón, un martillo o una cortadora de pelo. Subiendo en la escala de complejidad, podemos nombrar como sistema el automóvil de la familia, una máquina de oficina, una lavadora de platos, o una ruleta, cada uno de estos equipado con su operador. Algunos sistemas más complejos incluyen aeroplanos, máquinas embotelladoras, sistemas telefónicos, y refinerías de petróleo automatizadas, todos junto con su personal. El caso típico de interacción entre una persona y una máquina se muestra en la figura 2.1. Esta figura muestra como la pantalla de una máquina sirve como estímulo para un operador.

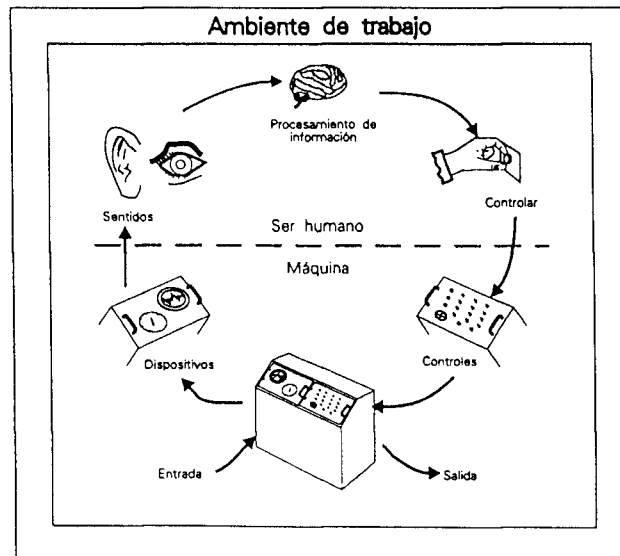


Figura 2.1 Representación esquemática de un sistema hombre-máquina.

Este estímulo activa cierto tipo de procesamiento de información por parte del operador, incluyendo el proceso de toma de decisiones, lo cual da como resultado algún tipo de acción a tomar que controla la operación de la máquina.

2.3 Clasificación de los sistemas.

Un medio de clasificar los sistemas hombre-máquina consiste en comparar el grado de operación manual que estos poseen, contra el grado de operación automática. Tomando esto como base, podemos considerar los sistemas en tres categorías distintas :

- *Sistemas manuales.*
- *Sistemas mecánicos.*
- *Sistemas automáticos.*

2.3.1 Sistemas manuales.

Un *sistema manual* consiste en herramientas manuales y otro tipo de elementos, los cuales son combinados por un operador, que es el que controla la operación. Los operadores en este tipo de sistemas usan su propia energía física como la fuente de poder del sistema.

2.3.2 Sistemas mecánicos.

Estos sistemas, también conocidos como sistemas *semi-automáticos*, están formados por elementos físicos bien integrados, tales como varios tipos de herramientas mecánicas. Están diseñados generalmente para desempeñar sus funciones con poca variación. La energía es proporcionada típicamente por la máquina, y la función del operador es básicamente de control.

2.3.3 Sistemas automáticos.

Cuando un sistema está totalmente automatizado, éste desarrolla todas las operaciones con poca o ninguna intervención humana. Los robots son un buen ejemplo de un sistema automático.

Algunas personas tiene la falsa creencia de que como un sistema automático no requiere de la intervención humana, no puede ser considerado como un sistema hombre-máquina y, por lo tanto, no involucra consideraciones ergonómicas. Sin embargo, están muy alejados de la verdad.

Todos los sistemas automáticos requieren de operadores para instalar, programar, reprogramar, y mantener estos sistemas. Los sistemas automáticos deben diseñarse prestando la misma atención a consideraciones ergonómicas, como cuando se diseña otro tipo de sistema hombre-máquina.

2.4 Confiabilidad de los sistemas.

Desafortunadamente, nada funciona en buenas condiciones por siempre. Las cosas se rompen o fallan al trabajar, usualmente en el peor momento en que pueden hacerlo.

Cuando diseñamos algún tipo de sistema, deseamos que éste trabajara continuamente. En este contexto, es donde los ingenieros hablan de la *confiabilidad* de un sistema para caracterizar su dependencia en el desempeño (incluyendo a la gente), al momento de llevar a cabo una función deseada.

La **confiabilidad** es comúnmente expresada como **la probabilidad de un desempeño exitoso**. Esto es especialmente aplicable cuando el desempeño se refiere a eventos discretos, por ejemplo, arrancar un automóvil.

Veamos el siguiente ejemplo. Si un cajero automático entrega la cantidad correcta de efectivo a un cliente 9,999 veces, en 10,000 transacciones efectuadas, estamos diciendo que la confiabilidad de la máquina para llevar a cabo esta función, es de 0.9999.

Si un sistema incluye dos o más componentes (operadores, maquinaria o ambos), la confiabilidad del sistema compuesto dependerá de la confiabilidad de los componentes individuales y de la manera en cómo están combinados dentro del sistema. Los componentes de un sistema pueden ser combinados en **serie**, en **paralelo** o en una combinación de ambos.

2.4.1 Componentes en serie.

En muchos sistemas los componentes tienen un arreglo en serie (o en secuencia), de manera que el desempeño exitoso de todo el sistema depende del desempeño exitoso de cada uno de los componentes, sean estos operadores o máquinas.

Analizando datos de confiabilidad en los sistemas en serie, deben de resaltarse dos características de los mismos :

- **La falla de cualquiera de sus componentes resulta en la falla del sistema.**
- **Las fallas de los componentes son independientes entre sí.**

Tomando en cuenta estas consideraciones, la confiabilidad en un sistema en serie para operar libre de error, será la multiplicación de las confiabilidades de todos los componentes. A

medida que se agregen más componentes en serie, la confiabilidad del sistema *baja*. Por ejemplo, un sistema que consiste de 100 componentes en serie, cada uno con una confiabilidad de 0.99, tendrá una confiabilidad total de 0.365; es decir, el sistema se comportará en forma adecuada sólo 365 veces de 1000 posibles.

El mayor nivel posible de confiabilidad que se alcanza en un sistema en serie, es el valor de confiabilidad del elemento menos confiable, que generalmente es el operador. En la práctica, sin embargo, este valor realmente es mucho más pequeño.

2.4.2 Componentes en paralelo.

La confiabilidad de un sistema cuyos componentes se encuentran en paralelo, es totalmente diferente de aquellos cuyos componentes están arreglados en serie. Con componentes en paralelo, dos o más de ellos de alguna manera, están realizando la misma actividad. A esta cualidad se le conoce como *arreglo u ordenamiento de respaldo*; es decir, uno de los componentes respalda al otro de manera que si éste falla, el otro puede realizar exitosamente la función.

Por lo tanto, para que un sistema en paralelo falle, todos los componentes deben hacerlo, de manera que el agregar componentes en paralelo a un sistema *aumenta* la confiabilidad del mismo. Por ejemplo, un sistema con cuatro componentes en paralelo, cada uno con una confiabilidad de 0.70, tendría una confiabilidad total de 0.992. Debido a que los humanos son el eslabón más débil en un sistema, es común ver sistemas hombre-máquina diseñados de manera que proporcionan apoyo en paralelo para algunas funciones humanas.

2.5 Referencias del capítulo.

- [1] McCormick, E.J. y Sanders, M.S. 1982. *Human Factors in engineering and design*. Nueva York. Ed. McGraw Hill. p. 12.
- [2] Bailey, R. 1982. *Human performance engineering : A guide for systems designers*. Englewood Cliffs, NJ. Ed. Prentice Hall.

Capítulo 3

La capacidad humana en un sistema hombre -máquina

3.1 La capacidad humana en un sistema hombre-máquina-ambiente.

En una era de alta tecnología, donde los diseños robóticos y las máquinas casi inteligentes invaden los lugares de trabajo, y donde se espera que el trabajador opere frecuentemente en ambientes actual o potencialmente adversos, resulta muy apropiado considerar cuáles son las capacidades que hacen su presencia deseable en una situación operacional; qué puede él o ella hacer mejor que un sistema artificial, y también cuáles son las limitaciones que pueden hacer de él o ella un inconveniente dentro de ese sistema^[1].

La tabla 3.1, presenta una comparación entre las capacidades humanas y las de las máquinas. La lista es bastante amplia, pero aun así no puede ser considerada como exhaustiva.

En la actualidad, con las nuevas tecnologías que están surgiendo para llevar a cabo actividades de manufactura, se puede observar claramente que mientras las capacidades

Capacidades humanas	Capacidades de las máquinas
<p>Detección de una amplia variedad de señales definidas.</p> <p>Detección de señales importantes en un ambiente con ruido.</p>	<p>Monitoreo de una amplia variedad de señales pre-especificadas.</p> <p>Detección de señales que no posee la experiencia humana.</p>
<p>Detección de señales inusuales o inesperadas.</p> <p>Detección de señales distorcionadas o incompletas.</p> <p>Patrón de reconocimiento muy complejo.</p> <p>Recuperación rápida, pero errática, de información relevante o relacionada.</p> <p>Respuesta flexible a eventos inesperados de baja probabilidad.</p>	<p>Patrón muy simple de reconocimiento.</p> <p>Recuperación lenta pero extensa de información pre-especificada y detallada.</p> <p>Respuesta rápida y consistente a eventos esperados en presencia de distracción.</p> <p>Razonamiento y análisis deductivo así como calificación.</p> <p>Toma de decisiones en base a una lógica pre-especificada.</p>
<p>Razonamiento inductivo, y ejercicio de un juicio mediante información.</p> <p>Toma de decisiones sin poseer la información completa.</p> <p>Iniciación de estrategias de control.</p> <p>Aprendizaje - beneficiándose del entrenamiento y la experiencia.</p> <p>Proceso sofisticado de intercomunicación.</p> <p>Estimación subjetiva y evaluación.</p>	<p>Aprendizaje muy limitado.</p> <p>Intercomunicación limitada.</p> <p>Verificación (conteo) de presencia o ausencia de condiciones pre-especificadas.</p> <p>Implementación gráfica detallada, o de otro tipo, de los conceptos del diseñador.</p>
<p>Definición y aplicación de principios y estrategias.</p> <p>Capacidad de diseño y creatividad.</p>	<p>Cómputo rápido, exacto y complejo.</p> <p>Procesamiento de datos.</p> <p>Movimientos pre-especificados, repetitivos, con fuerza moderada, pero limitados.</p>
<p>Interpretación y conceptualización de datos numéricos y de otro tipo.</p> <p>Capacidad para dar prioridad y optimizar tareas requeridas bajo sobrecarga de trabajo.</p> <p>Manejo diestro y flexible de niveles bajos de fuerza.</p>	<p>Aplicación de una gran cantidad de fuerza, aplicada suavemente si se requiere.</p> <p>Amplio grado de movilidad controlable.</p> <p>Ejecución confiable y consistente de tareas repetitivas y rutinarias.</p>
<p>Amplia variedad de aplicaciones no planeadas que requieren poca fuerza.</p> <p>Limitada flexibilidad de movimientos.</p>	<p>Capacidad de operar en condiciones ambientales superiores a las toleradas por los humanos.</p> <p>Ejecución simultánea de múltiples actividades.</p>
<p>Auto-mantenimiento limitado.</p> <p>Auto-reparación limitada.</p> <p>Reproducción.</p>	<p>Ejecución sostenida de actividades sin presencia de fatiga.</p> <p>Indiferencia a factores emocionales.</p>

Tabla 3.1 Comparación entre las capacidades humanas y las de las máquinas^[2].

humanas permanecen más o menos estables, es decir, sin cambio significativo, las capacidades de las máquinas se incrementan a medida que lo hace la tecnología. Los principios, sin embargo, son los mismos. En la tabla 3.1, en cada caso donde es posible, las capacidades humanas se muestran en contraste con las de las máquinas. Sin embargo, cabe hacer notar, que existen ciertas capacidades humanas y de las máquinas que no tienen equivalente.

necesidades

A pesar de esto, la presencia humana en los sistemas sigue siendo de vital importancia. Por ejemplo, en las operaciones aeronáuticas y espaciales, donde las condiciones de interfase imponen demandas que pueden igualar o aún exceder todas las capacidades humanas, se ha comprobado en más de una ocasión, que la presencia de un operador en el sistema fue esencial para salvar la operación de sufrir un rotundo fracaso. Sin embargo, esta presencia imponía demandas de ingeniería en el diseño y construcción del sistema, que lo hacían mucho más complejo de lo que hubiera sido necesario.

Por lo tanto, tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, se plantea aquí la siguiente interrogante; *¿ cuáles son entonces las capacidades o cualidades que hacen a un operador deseable o necesario dentro de un sistema en funcionamiento ?*

Contestando a esta pregunta, se pueden considerar cuatro capacidades básicas :

- La capacidad de *administración*.
- La capacidad para *asimilar y procesar la información*.
- La capacidad de *aprendizaje*.
- La capacidad de *diseño y creatividad*.

A continuación, se explicará en forma breve en qué consiste cada una de estas capacidades.

3.1.1 Capacidad de administración.

El término *administración* es empleado aquí en su sentido más general, y es usado para describir el control o manejo de la gente, máquinas (en su sentido general), o ambos. Esto incluye la capacidad de evaluar una situación, de iniciar una acción, de mantener el control una vez iniciada dicha acción, de monitorear la retroalimentación, y de revisar acciones subsecuentes a medida que esto sea necesario.

Esta capacidad de evaluación involucra una serie de procesos que ocurren en forma secuencial y se puede considerar que actúan en paralelo. Estos procesos comienzan con la *sensación*, el cual es el proceso de desarrollar conciencia a través de la estimulación de los sentidos, seguido de la *percepción* que consiste en darle un significado personal a las sensaciones en base a las propias necesidades.

Estas actividades ocurren en el cerebro por la integración de estímulos sensoriales del medio ambiente, junto con información de los altos centros del cerebro y asociaciones derivadas de la memoria.

Este proceso es uno de los llamados de *razonamiento inductivo*; en otras palabras, una cadena de pensamientos lógicos, basados en la sensación y que conducen a una conclusión, en la cuál se hace un juicio o se toma una decisión.

El proceso de tomar una decisión, es de hecho la capacidad de dictar un veredicto o instrucción en base a un proceso de juicio. Una computadora, por ejemplo, puede tomar decisiones. Existe, sin embargo, una importante diferencia entre el proceso de tomar decisiones de una computadora y el de una persona. Veamos la diferencia.

Una computadora apropiadamente programada llegará a una conclusión en la cual puede basar una decisión. Esta lo hará sólo si posee toda la información necesaria en secuencia lógica, en cuyo caso la conclusión será inevitable.

Por su parte, los operadores humanos pueden tomar una decisión - aunque no siempre correcta - tomando como base inclusive información que esté incorrecta, distorsionada o presentada sin una secuencia lógica. Esta *flexibilidad de respuesta*, o capacidad para tomar decisiones no programadas, es probablemente uno de los más grandes atributos humanos en un sistema hombre-máquina, ya que le permite a un operador tomar decisiones repentinas e inesperadas en situaciones constantemente cambiantes.

3.1.2 Capacidad de asimilar y procesar la información.

El proceso de percepción sensorial es, en términos de máquina, el proceso de asimilar y procesar la información, arte que consiste principalmente en la *detección de señales*. En comparación con la instrumentación de las máquinas, los humanos tienen características que pueden ser consideradas como ventajas; aunque también tienen ciertas desventajas.

(Su capacidad sensorial, o capacidad para detectar señales usando los sentidos visual, auditivo, del tacto, olfatorio, gustativo, de movimiento, y de aceleración, es muy amplio. En general, esta capacidad es mucho más grande de lo que puede construirse en cualquier máquina.)

Por otro lado, las señales están expuestas a confusión o a una interpretación incorrecta por parte del operador humano, y curiosamente no se encuentran presentes en algunas situaciones. Por ejemplo, una persona puede sentir directamente la aceleración, pero no la velocidad; una persona no tiene sensación para la energía potencial, por ejemplo la altura, y no

tiene un sentido directo para la proximidad, por nombrar algunos casos, cada uno de los cuales sí puede ser monitoreado por una máquina. La porción del espectro sensorial para el cual una persona es sensitiva, es de hecho bastante angosto; pero dentro de esa porción el grado de sensibilidad es alto.

Los humanos tienen también altamente desarrollada la capacidad de detectar señales en presencia de ruido, esto es, detectar una señal de importancia en presencia de otras señales muy relacionadas - el tan mencionado '**efecto de fiesta de cocktail**' en donde uno puede escuchar su nombre al ser mencionado en un cuarto en que se lleva a cabo una ruidosa fiesta de cocktail.

Aun más importante es la capacidad de inferir señales de información presentada en partes o distorcionada; en otras palabras, de interpolar o llenar las partes faltantes, una tarea que no ha sido lograda en detalle exitosamente ni aun por el más sofisticado sistema computacional. Una propiedad relacionada con ésta última, es la de reconocer una señal que está fuera de contexto.

Parte de la habilidad de procesar información sofisticada recae en el arte de la *interpretación de patrones*, o la capacidad de tomar partes aparentemente no relacionadas y unir las en un todo compuesto. De nuevo, aquí los humanos son muy superiores a cualquier máquina.

Sin embargo, la información una vez adquirida es de valor sólo si puede ser almacenada y extraída de manera confiable. El almacenamiento y extracción de esta información, por supuesto, ocurre a través de la memoria, y la memoria humana es extraordinaria en su enfoque. Desafortunadamente, es también extremadamente errática en su accesibilidad, y a diferencia de las computadoras no tiene una función controlada de borrado,

de manera que lo muy cotidiano está ausente cuando se requiere y presente cuando es innecesario.

La memoria humana es, normalmente, extraordinariamente rápida en su accesibilidad y sirve a una de sus más usadas características al ser capaz de proporcionar información no programada para su uso en situaciones inesperadas.

3.1.3 Capacidad de aprendizaje.

La habilidad de aprender es casi únicamente biológica. Uno empieza a aprender probablemente desde el nacimiento, si no es que antes.

Los movimientos torpes de un recién nacido se transforman, a medida que éste siente inconscientemente la retroalimentación del movimiento, en movimientos coordinados; los esfuerzos primitivos del aprendiz se convierten en la habilidad del maestro; el conocimiento arduamente adquirido del estudiante se convierte en la sabiduría del filósofo.

Hablando en términos prácticos, el operador humano dentro de un sistema puede aprender, consciente o inconscientemente, los matices del comportamiento del sistema a medida que éste funciona, y pone en práctica los resultados de su experiencia.

En años recientes se han desarrollado computadoras 'pensantes' y robots que monitorean sus propias acciones, pero la cantidad de aprendizaje aun en estas máquinas tan avanzadas es todavía muy primitivo, y no se aproxima a la capacidad de aprendizaje de aun el menos dotado de los trabajadores.

3.1.4 Capacidad de diseño y creatividad.

La capacidad de diseño y creatividad son probablemente las cualidades humanas más exclusivas de todas las que hemos mencionado. Estas involucran la capacidad de tomar lo viejo y desarrollar algo nuevo; la capacidad de innovar e inventar, la capacidad de pensar en algo de una manera diferente, de desarrollar una idea nueva, de generar un nuevo concepto.

No todas las personas tienen estas capacidades desarrolladas al mismo grado, pero aun la computadora más avanzada no posee la capacidad de diseñar o crear algo a menos que sea por casualidad. Esto no quiere decir que las computadoras no sean de ayuda en el diseño. Claro que lo son, pero una computadora sólo puede hacer lo que se le dice que haga; no tiene esa 'chispa' creadora. *

3.2 Limitaciones humanas en un sistema hombre-máquina-ambiente.

Así como mencionamos las capacidades que debe reunir un operador para considerarlo necesario dentro de un sistema, es necesario conocer las limitaciones que éste tiene dentro de los mismos.

El conocimiento de estas limitaciones ayudará en la comprensión de los problemas que se presentan en la operación diaria, y desarrollarán un sentido más amplio para su identificación.

Se pueden clasificar las limitaciones en cuatro categorías básicas :

- *Estructurales.*
- *De comportamiento.*

- *Operacionales.*
- *Ambientales.*

3.2.1 Estructurales.

Las limitaciones humanas afloran ampliamente cuando se sobrepasa la naturaleza de la estructura y función humana. Inherente en esta estructura están las limitaciones en fuerza y energía, las cuales están normalmente excedidas por las máquinas apropiadas para estas tareas.

Aunado a esto y debido al mecanismo de su función psicológica, las actividades humanas y las demandas ambientales están fuertemente influenciadas por la necesidad de agua, comida, eliminación de desperdicio, y aprovisionamiento para el intercambio de oxígeno y monóxido de carbono.

3.2.2 De comportamiento.

A diferencia de las máquinas, los humanos experimentan y necesitan de las relaciones sociales en el trabajo, en la recreación y en el descanso. Desafortunadamente, las relaciones sociales apropiadas no están siempre disponibles, y algunas que son inevitables no son siempre deseables.

Estos están también sujetos a una variedad de condiciones intangibles como la fatiga, ansiedad, miedo, prejuicios, aburrimiento, y una gran abundancia de otras emociones complejas, las cuales pueden obstruir o distorcionar sus percepciones, su proceso de toma de decisiones, su capacidad de administración, y su resistencia.

Por lo tanto, a diferencia de las máquinas las cuales alcanzan su máxima eficiencia cuando funcionan continuamente, los humanos tiene la imperiosa necesidad de descanso y recreación, que en total consume una gran parte de su día.

3.2.3 Operacionales.

Operacionalmente, el rango de actividades que pueden llevar a cabo los humanos es algo limitado. Como se mencionó anteriormente, la naturaleza de la estructura y la función humana dictan la actividad física que uno puede realizar y el ambiente en que uno puede operar. Aunado a esto, está el hecho de que la gente tiene dificultad en realizar varias tareas demandantes al mismo tiempo, y que esta dificultad se incrementa si una o más son complejas. Lo que sucede en estos casos en particular, es que una de estas tareas se completa, dejando las demás inconclusas o todas quedan sin completar.

La capacidad de trabajo, por supuesto, ya sea física o intelectual, varía de un individuo a otro, y aun de hora a hora en el mismo individuo. En el trabajo intelectual, sin embargo, un operador humano debe ser considerado como pobre manejador de datos, particularmente datos numéricos, tanto en su manejo como en su cómputo. En este aspecto una computadora es ampliamente superior. Por otro lado, éste tiene desarrollada la capacidad de un razonamiento intuitivo y de la conceptualización de patrones de datos a un grado muy superior que el de una computadora.

La confiabilidad humana, sin embargo, no es segura ni asegurable. Los humanos no son confiables en la calidad y consistencia de su desempeño. Tampoco son confiables en su capacidad de tolerar la adversidad.

3.2.4 Ambientales.

De nuevo, desarrollándose fuera de la estructura y función de su naturaleza, los humanos son sensibles al ambiente en el cual viven, y específicamente al calor, frío, aceleración y movimiento, energía radiante, materiales tóxicos, y por supuesto a la infección, otros agentes biológicos y a la inevitabilidad del dolor.

3.3 El uso de la gente en un sistema.

Tomando en cuenta sus deficiencias y limitaciones, así como sus cualidades, nos enfrentamos a la siguiente pregunta, *¿ cómo debe ser utilizada la gente en un sistema hombre-máquina-ambiente ?*

Una persona es utilizada adecuadamente como administrador ya sea de máquinas o de otras personas, o de sistemas totales; como un evaluador y tomador de decisiones, como diagnosticador y solucionador de problemas. En otras palabras en una posición en la que él o ella puedan usar sus capacidades para el diseño y la creatividad y donde puedan recibir retroalimentación significativa de las actividades que realizan.

Por otra parte, una persona es utilizada inadecuadamente cuando sirve como un simple monitor u observador de detalle, como un 'componente de ingeniería' en un sistema de producción, como un procesador de información o manejador de datos o en una posición cuya actividad motora sea rutinaria y repetitiva. Desafortunadamente, por razones económicas y de otra índole, es en estos últimos tipos de ocupaciones en donde la gran mayoría de los trabajadores son empleados.

3.4 Referencias del capítulo.

[1] Morris Fraser, T. 1989. *The worker at work*. Taylor and Francis, Bristol, PA.

[2] Morris Fraser, T. 1989. *The worker at work*. Taylor and Francis, Bristol, PA. p. 24.

Capítulo 4

El error humano

4.1 Introducción.

Este capítulo trata con ciertos temas relacionados con la ergonomía, y que tienen una importancia relevante en lo relacionado con el error humano y, en parte, comparten el común denominador de requerir atención continua y substancial por parte de la gente. Estos temas comprenden las actividades de monitoreo, procesos de inspección, accidentes y seguridad. Sin embargo, antes de discutir acerca de estos tópicos, describiremos en forma rápida varios puntos de vista acerca de la naturaleza y clasificación de los errores humanos.

4.2 Naturaleza del error humano.

Para algunas personas el término *error humano* tiene una connotación de culpa. Sin embargo, un punto de vista más productivo consiste en ver al error humano simplemente como un evento cuya causa puede ser investigada. Se han propuesto numerosas definiciones para el error humano, sin embargo, la que se presenta a continuación envuelve la esencia de la mayoría de ellas :

" El error humano es una decisión o comportamiento humano, indeseable o inapropiado, que reduce o tiene el potencial de reducir la efectividad, seguridad y desempeño del sistema "

Es necesario hacer notar dos cosas acerca de esta definición. La primera es que un error es definido en terminos de su efecto indeseable en el comportamiento del sistema o en el de la gente que labora en él. Por ejemplo, el olvidar llevar las galletas para el almuerzo, no sería considerado un error humano en el contexto de una cuadrilla de trabajadores que contruyen un puente, pero el olvidar llevar al lugar de trabajo los zapatos y los lentes de seguridad, si lo sería.

En segundo lugar, una acción no necesariamente tiene que dar como resultado una disminución en el desempeño del sistema o un efecto indeseable en la gente, para ser considerado como un error. Un error que es corregido antes de que cause algun daño, sigue siendo un error. Lo importante aquí es que una acción debe tener el potencial para afectar en forma adversa al sistema o al criterio humano.

A pesar de que existe la tendencia entre algunas personas de ver los errores como aquellos cometidos por "los operadores", otras personas involucradas en el diseño y operación de los sistemas puede cometer errores. Algunas de estas personas son los diseñadores de equipo, gerentes, supervisores, y personal de mantenimiento. Es por eso que al hablar del error humano, debemos concentrarnos en todo el sistema y no solo en el operador.

4.2.1 Confiabilidad humana.

Un elemento fundamental en el desempeño humano es la confiabilidad. Es bien sabido que los seres humanos no son perfectos con respecto a la confiabilidad en el desempeño de su

trabajo.

Swain y Guttman^[1] definen la *confiabilidad humana* como la probabilidad de ejecutar correctamente una actividad requerida por el sistema, dentro del período de tiempo establecido para esta actividad (si es que se tiene), siempre y cuando no se degrade el sistema en ningún otro modo. Por lo tanto, cualquier comportamiento o acción que cae fuera de los límites de la aceptabilidad se considera un *error humano*.

No todos los errores humanos resultan en un mal funcionamiento del sistema. Más aun; si existen canales múltiples involucrados en el desempeño (dos o más personas realizando una actividad simultáneamente y en el mismo lugar), uno de ellos puede "recibir" el error del otro. Swain^[2] llama a este fenómeno *factores de recuperación*.

La severidad de un error humano depende del impacto esperado en el sistema. Si un operador cuenta 101 partes y las coloca en un contenedor destinado al proceso de ensamble, aunque para dicho proceso sólo se requirieran 100, este error no crearía efectos perjudiciales en el sistema.

Por otra parte, si este mismo operador colocara sólo 90 de estas piezas en el contenedor y no existiera un amortiguador de ensamble en la estación, varios ensambles esperarían para ser terminados. Dependiendo del período de tiempo transcurrido para el nuevo surtido de estas piezas, este error provocaría costos importantes.

El rol del ergonomista en el diseño de sistemas, con respecto al error humano, es anticipar dichos errores. Si nosotros como investigadores, podemos predecir dónde y cuándo los operadores serán altamente vulnerables para cometer errores, entonces, a través de un rediseño del sistema o procedimiento, podremos minimizar los efectos en el desempeño del

sistema.

De esta manera, los puntos de interface humano pueden ser designados en un sistema, de manera que minimizen el potencial de error. Otra alternativa podría ser el desarrollo de *sistemas resistentes al error*. Este tipo de sistemas anticipan el error humano, ya que cuentan con dispositivos de revisión internos o procedimientos correctivos que verifican una situación potencial de error antes de que ésta entre al sistema.

4.3 Esquemas de clasificación del error humano.

A través de los años se han desarrollado varios esquemas de clasificación del error humano. Un efectivo esquema de clasificación puede ser de mucho valor para organizar datos acerca de los errores humanos y para darnos una idea clara de la forma en que estos ocurren y cómo pueden prevenirse.

4.3.1 Criterios de clasificación.

El error humano puede clasificarse de varias maneras. Sin embargo, las dos propuestas generales más aceptadas son :

- *Clasificación basada en el comportamiento.*
- *Clasificación basada en el tipo de operación.*

Swain^[3] hace una clasificación de acuerdo al comportamiento, y divide los errores en dos tipos :

a) *Errores de omisión*. Este es el caso en que el operador no hace algo que debió haber

hecho. Puede tratarse de la omisión de una parte de la actividad o de la actividad completa. Un ejemplo de esto puede ser el no imprimir el número de parte en un documento que lo requiere. Los errores de omisión pueden aparecer debido a un entrenamiento inadecuado o bajo condiciones en las cuales el operador se encuentra expuesto a niveles extremos de tensión, es decir, muy altos o muy bajos. Sin embargo, la más común de estas situaciones es la primera. Cabe hacer la aclaración que en este tipo de error, el operador tiene la oportunidad de corregirlo.

b) **Errores de ejecución.** Aquí el operador realiza la actividad, pero la ejecuta en forma incorrecta. Las posibles razones para este tipo de errores son una incorrecta selección de la conducta aplicada (leer en lugar de escribir), una aplicación incorrecta de la secuencia de la actividad (disparar y luego apuntar en vez de lo contrario), no completar la tarea en el tiempo adecuado, o aplicación insuficiente (se aplicó poca fuerza en la herramienta de torque).

A su vez, Meister^{[4],[5]}, clasifica los errores basado en el tipo de operación o actividad desarrollada que lleva a ellos. A este respecto, se pueden listar los siguientes casos :

a) **Errores de operación.** Estos son errores cometidos por el personal de operación al estar trabajando directamente en el "campo". Cualquier tipo de error puede ser cometido por este personal durante el uso del equipo.

b) **Errores de ensamble.** Errores cometidos por el personal de ensamble al estar ensamblando algo. Estos son errores de destreza, los cuales pueden ser encontrados durante una inspección a la planta o después de experimentar fallas en el "campo".

c) **Errores de diseño.** Estos se deben a un diseño inadecuado e insuficiente. Las causas pueden ser tiempo insuficiente de diseño y experiencia inadecuada de diseño.

d) **Errores de inspección.** Los inspectores no son 100% exactos. Estos pueden rechazar artículos o ensambles que están buenos o no detectar aquellos que están defectuosos.

e) **Errores de instalación.** Estos errores se cometen durante la instalación del equipo. Las causas pueden ser experiencia insuficiente o una falla al seguir las instrucciones de instalación.

f) **Errores de mantenimiento.** Los operadores de mantenimiento también cometen errores. La incorrecta reparación del equipo o su mala calibración son ejemplos de estos errores.

Los errores a los que hace referencia Meister, alcanzan su pico durante las primeras etapas de la operación del equipo. Otro pico ocurre cerca del final del ciclo de vida del producto. Los errores de diseño, de instalación y de mantenimiento, alcanzan su máximo durante y un poco después del envío del producto. Durante la etapa media del ciclo vida del producto, es cuando se observa la cantidad mínima de errores. Sin embargo, hacia el final de este ciclo, los errores de mantenimiento empiezan a aumentar. Esto es el resultado de un mantenimiento más frecuente debido al desgaste del equipo.

Meister^[6] y Willis^[7] han hecho estimaciones sobre el porcentaje de fallas debido a errores humanos en distintos tipos de actividades. Estos estimados atribuyen una proporción significativa de fallas en el sistema al error humano. Encontrar una tasa de error de entre 40 y 50% no es nada raro.

Se han establecido varias bases de datos para tasas de error en actividades industriales. En la tabla 4.1 se muestran algunos de estos porcentajes.

Actividad	% de Confiabilidad
Mover un control a una posición incorrecta bajo mucha presión	0.5000
Leer instrucciones técnicas	0.9918
Leer medidores eléctricos o de flujo	0.9945
Instalar junta	0.9962
Leer una gráfica	0.9900
Lectura de datos históricos	0.9966
Resanar un agujero con soldadura	0.9300
Leer un medidor de presión	0.9969
Conectar un cable de electricidad	0.9972
Posicionar válvulas manuales	0.9979
Leer la hora de un reloj	0.9983
Quitar tuercas, clavijas y tornillos	0.9988
Quitar tapas de presión	0.9988
Quitar un tubo de drenaje	0.9993
Utilizar correctamente una lista de chequeo	0.5000
Presionar teclado (por entrada)	0.9997
Imprimir (por caracter)	0.9995
Desempeño en la inspección :	
Aceptar artículos	0.9-0.99
Rechazar artículos	0.8-0.9

Tabla 4.1 Estimados de la confiabilidad humana.

4.4 Razones del error humano.

Pueden existir muchas razones para el error humano. La lista que se presenta a continuación abarca el 95% de las causas principales :

a) **Comportamiento enfocado a provocar un daño.** Los errores que se cometen a propósito están, normalmente, fuera de los límites de la definición del error humano. La intención es importante. Si el operador intencionalmente comete un error, este acto no es considerado un error que requiera análisis de parte de un especialista en ergonomía. A pesar de que este estándar es aceptado, una de las causas del error humano continúa siendo el comportamiento enfocado a provocar un daño.

b) *Capacidad humana inferior a la requerida por la actividad.* Siempre que los requerimientos del trabajo exceden la capacidad humana, el operador se ve obligado a realizar estimaciones, a no realizar su trabajo en el tiempo límite o a realizar un trabajo considerado como deficiente. En todos estos casos, se registrarán errores. Tomando en cuenta que uno de los objetivos de la ergonomía consiste en lograr un equilibrio actividad-capacidad humana, su aplicación en este tipo de situaciones, minimizará estos errores.

c) *Insuficiencia o exceso de stress.* Como se discutió anteriormente, la falta de stress ocasionará aburrimiento, cansancio o somnolencia. Estas son condiciones en las cuales la gente está propensa a cometer errores. Desde este mismo punto de vista, el exceso de stress ocasionará agotamiento. Estas dos situaciones (stress + agotamiento) ocasionará muchos errores. El desempeño humano es adecuado cuando existe cierto grado de stress, pero no cuando hay poco o mucho.

d) *Falta de integración hombre-entorno de trabajo.* Adecuar el trabajo a la persona es la esencia de la ergonomía. Cuando los lugares de trabajo no tienen espacios adecuados, buena geometría de alcances, y ajustabilidad para la mayoría de la población trabajadora; si además los métodos de trabajo no consideran la conducta humana esperada, economía de movimientos, calidad de vida en el trabajo, y las posturas adecuadas de trabajo, entonces la eficiencia y efectividad humana será reducida. Estas situaciones llevarán a los trabajadores a cometer errores.

e) *Entrenamiento insuficiente o incorrecto.* Los lugares y métodos de trabajo, deben de estar ergonómicamente diseñados y dentro de las condiciones ambientales óptimas. Sin embargo, si el operador no reúne las habilidades necesarias para un desempeño aceptable, éste no se desenvolverá eficientemente. Entre estas ineficiencias habrá errores. Es responsabilidad del diseñador especificar las habilidades necesarias para un desempeño aceptable del operador

en el trabajo; mientras que la responsabilidad del especialista en personal es proporcionar trabajadores adecuadamente entrenados, estableciendo el sistema de trabajo o procedimiento.

El método más efectivo para controlar los errores humanos es el *diseño ergonómico* del trabajo. Como se explicó anteriormente, muchas de las causas del error humano están relacionadas con el diseño inadecuado del lugar de trabajo, haciéndolo hostil para el usuario. Los seres humanos cometen menos errores en ambientes que son compatibles con sus expectativas y en los cuales funcionan de manera efectiva.

Una de las tendencias ha consistido en *reemplazar al operador*. Se asume en esta propuesta, que el bajo desempeño se debe a factores personales tales como destreza deficiente, visión pobre, sordera parcial, o habilidades inadecuadas. Un operador con mejores condiciones cometerá menos errores.

Finalmente, los sistemas pueden ser diseñados con el error humano *en mente*. No es posible eliminar el error humano totalmente. Sin embargo, si el sistema está equipado con chequeos internos de los datos que entran al sistema o con mecanismos resistentes al error, estos serán de menor significancia.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, es obvio que la ergonomía tiene mucho que ofrecer para minimizar los errores provocados por los humanos.

4.5 Caso de estudio.

En esta sección se presentará un accidente ocurrido en una planta química de la localidad. Esta planta se dedica a la fabricación de fibras sintéticas, por lo que en sus procesos se manejan sustancias químicas a altas temperaturas.

El accidente a que nos referimos ocurrió el día 9 de noviembre de 1992. En la serie de situaciones que llevaron a él, se pueden identificar no sólo uno, sino varios errores humanos que culminaron con una explosión que ocasionó graves lesiones a un operador.

A continuación se presentará un resumen del accidente, en donde la intención es identificar en dónde se presentaron estos errores humanos, así como valorar el impacto que tuvieron tanto en el personal como en el equipo que se vio involucrado en el mismo.

4.5.1 Resumen del accidente.

El accidente consistió en la explosión de una caja divergente localizada en una de las líneas de producción de esta planta, la cual provocó serias lesiones a un operador. Esta explosión se produjo cuando el operador trató de corregir una obstrucción localizada en la parte inferior del condensador de esta línea. Esta caja divergente servía para vigilar el calentamiento de las sustancias que intervenían en el proceso.

Ese día se estaba manejando un lote doble de producción. Esta situación anormal provocó un aumento de temperatura en la columna por donde se producían las emanaciones de dos de las tres sustancias principales que intervenían en el proceso. La tercera de estas sustancias, que era más viscosa, al producirse el aumento de temperatura se regresó por la tubería, provocando la obstrucción.

La reacción del operador ante esta situación, fue utilizar presión de nitrógeno para tratar de corregir el problema (no se especificó que cantidad). Este era el procedimiento normal cuando se presentaba una obstrucción de este tipo en las tuberías, por lo que su primera iniciativa estuvo correcta.

Sin embargo, al no obtener buenos resultados, *tomó la decisión de utilizar vapor a una presión de 16 Kg/cm²*. Esta presión de vapor la introdujo a las líneas utilizando una manguera conectada a una válvula de purga que se encontraba localizada a un lado de la caja divergente. La excesiva presión utilizada - las tuberías estaban diseñadas para soportar 4 Kg/cm² - quedó atrapada en la caja divergente, debido a que se habían cerrado todas las válvulas que se conectaban a ella para evitar que se propagara la obstrucción a otras tuberías.

Esta situación provocó que la caja divergente explotara, causándole graves lesiones al operador.

4.5.2 Situaciones anormales que se presentaron en el accidente.

Al analizar las situaciones que se presentaron en este accidente, nos podemos dar cuenta que se cometieron varios errores, algunos de ellos humanos y otros de distinta índole, tales como administrativos, de equipo, etc.

A continuación, presentamos una lista de los que consideramos más relevantes.

- Ese día se estaba manejando un lote doble, es decir 4 toneladas, cuando normalmente se manejaban lotes de 2 toneladas.
- Para este tipo de lotes dobles, no se conocía exactamente la proporción adecuada de cada una de las tres sustancias, ni la estabilidad del proceso en cuanto a temperaturas.
- El conocimiento de la anomalía se detectó por aumento en las temperaturas y tiempo que tardó la reacción, no por algún tipo de alarma.

- El operador dejó su lugar fijo de trabajo (panel de operaciones) para ir a atender la falla.
- El auxiliar mecánico con que contaba el operador, tenía muy poca experiencia en ese puesto; alrededor de 3 meses únicamente.
- El operador tenía experiencia en la utilización de vapor a presión para destapar otro tipo de equipo, pero no en el equipo que se encontraba en esa área.
- El ruido en el área no permitía la comunicación efectiva. El mecánico y el operador se encontraban aproximadamente a 10 metros de distancia.
- La manguera que se utilizó para alimentar el vapor, se sujetó de manera insegura usando únicamente una abrazadera de tornillo.
- No se colocó ningún manómetro o válvula reguladora para controlar la alimentación de vapor. Esto tomando en cuenta que la válvula que estaba en la línea de la cual se tomó el vapor, era únicamente una válvula de paso.
- El operador se encontraba bajo mucha presión. Tenía a su cargo tres problemas distintos :
 - 1) Pasar la carga que quedaba en el 5o. piso al 4o. Esta carga debía ser manejada con mucho cuidado.
 - 2) Destapar la salida del condensador.
 - 3) Tener a su cargo un mecánico con poca experiencia.

4.5.3 Recursos y costos involucrados en el accidente.

4.5.3.1 Horas-hombre perdidas.

Las lesiones que sufrió el operador en el accidente, han provocado que éste haya acumulado hasta la fecha 760 días de incapacidad. Además, durante este lapso de tiempo el operador ha sido sometido a varias operaciones quirúrgicas mayores.

4.5.3.2 Lotes perdidos.

Debido al accidente, la producción de la planta se vió interrumpida por un lapso de 36 horas (un día y medio). Este tiempo traducido a producción de lotes, significa el haber dejado de producir aproximadamente 15 de ellos.

Sin embargo, antes de que sucediera el accidente hubo retraso en el término del lote que se estaba procesando, lo que implica también tiempo perdido que se pudo haber aprovechado en la producción de otros lotes.

4.5.3.3 Mantenimiento.

Para corregir los desperfectos que ocasionó el accidente, se trabajó con un grupo de 10 personas, las cuales laboraron un total de 120.5 hrs. De estas, 50 fueron normales y 70.5 fueron extras; estas últimas se pagan doble.

Este equipo estaba formado por personal de las tres categorías que tiene la planta, OA, OB, y OD. Tomando como media la categoría OB, el mantenimiento tuvo un costo por hora de N\$ 4.4. Los costos totales se presentan en la tabla 4.2.

Tipo de hora-hombre	Cantidad	Costo
Normal	50.0	N\$ 221.65
Extra	70.5	N\$ 625.00
Total		N\$ 846.65

Tabla 4.2 Costos totales de mano de obra.

En cuanto al equipo que resulto dañado en el accidente, la tabla 4.3 muestra los costos totales.

Tipo de equipo	Costo
Mirilla <i>Empaques A mano</i>	N\$ 387.00
Lámina para distintos tipos de empaques <i>Empaques con máquina</i>	N\$ 1'504.00
Total	N\$ 1'891.00

Tabla 4.3 Costos totales de equipo.

4.5.3.4 Materia prima.

En cuanto a la pérdida del lote que se estaba manejando, la tabla 4.4 muestra los costos totales :

Substancia	Cantidad	Costo
<i>Tubo de filtro</i> A	1,250 lts.	N\$ 1'916.90
<i>Resinas tipo B mds.</i> B	2,170 kgs	N\$ 3'836.50
Total		N\$ 5'753.40

Tabla 4.4 Costos totales de materia prima.

4.5.3.5 Conclusiones del caso.

Como podemos observar, la falta de coordinación que existió entre el personal administrativo de la planta y el operador, así como los desperfectos en el equipo, ocasionaron una pérdida parcial para la empresa de N\$ 8'491. Decimos parcial porque tanto los lotes perdidos como los días de incapacidad del operador no pudieron ser cuantificados. Así mismo, otro punto importante fue el desconocimiento del comportamiento del sistema en casos especiales (lotes dobles), que fue también fundamental en el desarrollo del accidente.

Podemos entonces observar las consecuencias a las que puede llevar una serie de errores encadenados, sobre todo cuando no se tiene documentado un procedimiento para situaciones especiales de falla, tal y como ocurrió en este caso.

Como se mencionó en este capítulo, la confiabilidad del factor humano en un sistema mecanizado y su control, es de gran importancia tanto por su repercusión en el sistema como por constituir el elemento de concepción de los elementos máquina-entorno.

Por lo tanto, el primer aspecto que debe considerarse en la determinación de la confiabilidad humana es el estudio y la reducción del error humano, teniendo en consideración las relaciones que existen entre las características de la tarea y las probabilidades de error en su ejecución.

4.6 Referencias del capítulo.

- [1] Swain, A.D. y Guttman, H.E. 1983. *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*. Sandia National Laboratories. NUREG/1278. U.S: Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC.

- [2] Swain, A.D. 1967. *Some Limitations in Using the Simple Multiplicative Model in Behavior Quantification*. In *Symposium on Reliability of Human Performance in Work Quantification*. AMRL-TR-67-88. Askren, W.B. Ed. Aerospace Medical Research Laboratory, Wright Patterson Air Force Base, OH, pp. 17-32.
- [3] Swain, A.D. 1963. *A Method for Performing a Human Factors Reliability Analysis*. Monograph SCR-685. Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.
- [4] Meister, D. 1962. *The Problem of Human-Initiated Failures*. In *Proceedings of the 8th National Symposium on Reliability and Quality Control*. IEEE, New York, pp. 234-239.
- [5] Meister, D. 1976. *Human Factors: Theory and Practice*. Wiley, New York.
- [6] Meister, D. 1962. *The Problem of Human-Initiated Failures*. In *Proceedings of the 8th National Symposium on Reliability and Quality Control*. IEEE, New York, pp. 234-239.
- [7] Willis, H. 1962. *The Human Error Problem*. Report m-62-76. Presented at the American Psychological Association Meeting. Martin-Denver Co., Denver.

Capítulo 5

Estrategias para el control del error humano

5.1 Introducción.

Es inevitable que los humanos cometan errores. Sin embargo, existen numerosas estrategias específicas para reducir tanto la probabilidad de ocurrencia como las consecuencias negativas de los errores humanos. Desgraciadamente, no es posible enumerarlas todas en este trabajo.

Por lo tanto, sólo se dará una pequeña descripción de propuestas genéricas, las cuales pueden ser muy útiles. En general, la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de los errores pueden ser reducidas a través de una mejor selección de personal, un entrenamiento más completo, y mediante el diseño adecuado tanto de equipo como de los procedimientos y ambiente de trabajo en el cual se desempeñan los trabajadores.

5.2 Selección de personal.

Seleccionar a la gente con las capacidades y habilidades necesarias para desempeñar un trabajo, provocará que se cometan menos errores. Se deben tomar en cuenta durante el proceso de selección las habilidades perceptuales, intelectuales y motoras del individuo. La figura 5.1 muestra los elementos del proceso de selección de personal.

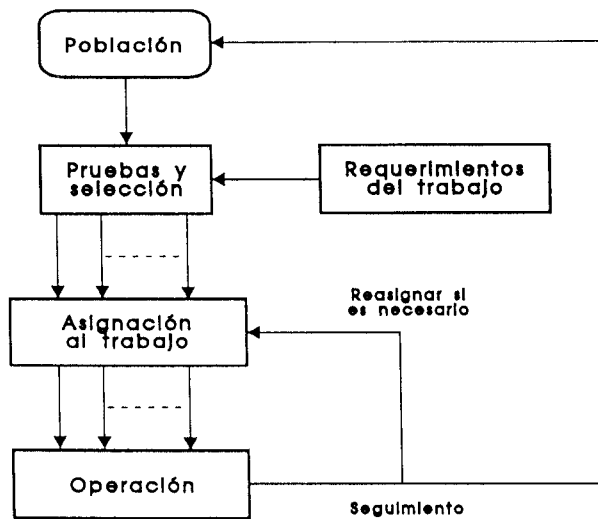


Figura 5.1 Elementos del proceso de selección de personal.

El proceso general de selección de personal incluye los siguiente pasos :

- 1) Definición de los requerimientos del puesto (mentales, físicos, etc).
- 2) Desarrollo y selección del material de exámen.
- 3) Aplicación de exámenes y proceso de entrevista.
- 4) Seleccionar al personal cuyas habilidades, cualidades y experiencia, concuerden mejor con los requerimientos del trabajo detectados en el paso 1.
- 5) Asignar el personal seleccionado al trabajo.

- 6) Llevar a cabo la fase de seguimiento previendo una posible reasignación o deserción.

5.3 Entrenamiento.

El objetivo del entrenamiento consiste en mejorar las habilidades que un individuo posee, de manera que pueda desarrollar correctamente un trabajo. Además, incrementa el conocimiento y mejora la actitud del individuo hacia el trabajo.

Con respecto al personal, el entrenamiento tiene dos variantes :

- **Entrenamiento previo al empleo.**
- **Entrenamiento continuo.**

El entrenamiento previo al empleo es aquel que se proporciona a los candidatos a un puesto que no reúnen actualmente las características necesarias para desempeñarlo. Sin embargo, en opinión de los examinadores, con un entrenamiento adecuado lo logrará. La figura 5.2 muestra este concepto integrado a los elementos principales del proceso de selección.

Por su parte, el entrenamiento continuo se observa generalmente en aquellas empresas que experimentan una competencia severa y por consiguiente, cambios constantes. Estas empresas exigen en sus empleados habilidades múltiples, de manera que puedan lograr el mayor grado de flexibilidad en la utilización de personal. La aplicación de tecnología nueva también necesita de entrenamiento constante.

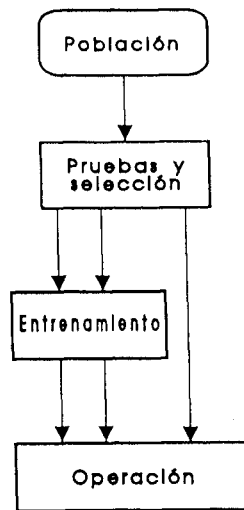


Figura 5.2 El entrenamiento en el contexto del proceso de selección de personal.

Existen varios métodos de entrenamiento. Los más importantes son :

- **Entrenamiento en el lugar de trabajo.**
- **Rotación de puestos.**
- **Entrenamiento en clase.**

Existen varios puntos que deben mantenerse en mente durante el diseño de programas de entrenamiento. Algunos de ellos son :

- 1) Mantener activos a los entrenados.
- 2) Hacer uso de la repetición.
- 3) Hacer uso del reforzamiento.
- 4) Promover el entendimiento.
- 5) Promover el pensamiento creativo.
- 6) Si es posible, entrenar bajo diferentes condiciones.

A través del entrenamiento adecuado y la educación de los operadores, los accidentes y las lesiones pueden ser reducidas. Al exponer a los operadores a la información relevante que ejemplifique las situaciones que pueden causar un accidente, desarrollará en ellos la habilidad de reconocer las condiciones y actos inseguros.

5.4 Apoyos para el desempeño en el trabajo.

A medida que la maquinaria y los sistemas se vuelven más complejos, las habilidades y destrezas humanas se vuelven cada vez menos confiables al tratar de ajustarse a los requerimientos operacionales.

Es un hecho bien reconocido que la gente no puede funcionar eficientemente bajo la sobrecarga sensorial y mental, características de la era de la información. En muchas situaciones, el desempeño humano en el trabajo debe ser apoyado por herramientas, equipo, y otros medios para lograr un adecuado desempeño del sistema. A este tipo de elementos son a los que se conoce como apoyos para el desempeño del trabajo o **JPA's** (**Job Performance Aids**, por sus siglas en inglés).

Rifkin y Everhart^[1] definen a los **JPA's** como un diseño o documento que proporciona la información necesaria para llevar a cabo eficientemente una actividad. Un **JPA's** puede ser también cualquier otro mecanismo que asista a la gente en el desarrollo de actividades en el trabajo.

En muchos casos, los **JPA's** también ayudan a aumentar la capacidad de almacenar y mantener información y a hacerla disponible en el trabajo. Por lo tanto, aumentan la capacidad humana para realizar un trabajo y reducen la cantidad de decisiones a tomar para realizar una tarea, al proporcionar una guía paso a paso para una causa o solución probable.

De acuerdo a Swezey^[2], las tareas que son más apoyadas por los *JPA's* son aquellas que involucran cálculos, requerimientos estrictos de memoria, exactitud, decisiones difíciles, y múltiples juicios. Estos también son apropiados para tareas aburridas y repetitivas.

Es evidente por lo dicho anteriormente que, mientras que el material de entrenamiento tiene un efecto en el desempeño a futuro, los *JPA's* afectan el desempeño presente en el trabajo. Esto se muestra claramente en la figura 5.3. Por lo tanto, sería conveniente que los materiales de entrenamiento fueran modificados para convertirse en *JPA's*.

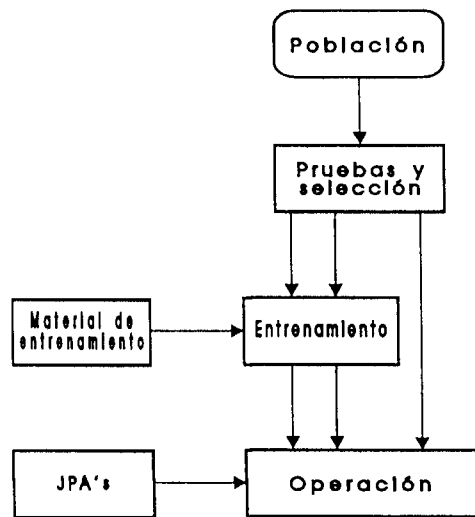


Figura 5.3 La relación de los *JPA's* con el proceso de selección y el entrenamiento.

Los *JPA's* proporcionan varios beneficios. Algunos de los más importantes son :

- Reducción de errores.
- Incremento en la velocidad del desempeño.
- Reducción en las necesidades de entrenamiento.

Un *JPA's* efectivo reduce las necesidades de entrenamiento, tomando en cuenta que éste estará disponible en el lugar de trabajo como referencia. Muchos errores pueden ser eliminados con los *JPA's*, mientras que la velocidad total del desempeño también se incrementa, debido a que el operador no tiene que repetir muchas operaciones que fueron hechas incorrectamente.

Existen muchos ejemplos de los *JPA's*. El manual de una máquina, etiquetas que identifican pantallas y controles, una corta lista de teléfonos del personal de mantenimiento, una calculadora en la estación de trabajo, son algunos de ellos.

5.5 Diseño de los *JPA's*.

Algunas sugerencias importantes para el diseño de los *JPA's* son :

- 1) Desarrolle el tipo de *JPA's* (un manual, notas cortas, software) de una manera consistente con el uso esperado y con el propósito establecido.
- 2) Sea específico en el lenguaje. Que no se requieran interpolaciones. Use frases y palabras cortas. Use la voz activa en el tiempo presente.
- 3) Use símbolos y abreviaciones que sean familiares a los usuarios.
- 4) Verifique la efectividad antes de su uso general.
- 5) Incluya sólo hechos, no opiniones o suposiciones. Combine la información relativa.
- 6) Las secciones importantes deben ser resaltadas vía color, espacio, marcos, etc.
- 7) Use referencias cruzadas con moderación. No repita información.
- 8) Diseñe los *JPA's* de manera que no interfieran con las actividades del usuario.
- 9) Defina claramente el título, número de versión (posiblemente necesario para ayuda en un software), y el propósito.

- 10) Si el *JPA's* está compuesto por muchas partes, incluya una sección que especifique su contenido.
- 11) Use notación uniforme.
- 12) Coloque los ejemplos cerca de los textos en dónde se hace referencias a ellos.
- 13) Los textos y diagramas deben ser claramente legibles.
- 14) Coloque espacios adecuados para los márgenes así como entre líneas y palabras.
- 15) Corrija los posibles errores antes de la impresión final.
- 16) Asegúrese que los usuarios a los cuales están dirigidos los *JPA's*, los usen.

5.6 Referencias del capítulo.

- [1] Rifkin, K.I., y Everhart, M.C. 1971. *Position Performance Aid Development*. Applied Science Associates, Valencia, PA.
- [2] Swezey, R.W. 1987. *Design of Jobs Aids and Procedure*. In *Handbook of Human Factors*. Salvendy, G. Ed. Wiley, New York.

Capítulo 6

Integración de tecnología

6.1 Introducción.

Hubo una época en que el operador humano fue una parte integral de cualquier sistema hombre-máquina. La mayoría de las herramientas eran operadas en forma manual, así como las actividades que implicaban cargar las máquinas, trabajar con el producto y, una vez terminado éste, descargarlo de la máquina. Lentamente, estas operaciones completamente manuales fueron sustituidas por las máquinas semiautomáticas.

Poco tiempo después llegaron las máquinas automáticas, las cuales requerían principalmente de la supervisión del operador durante la etapa de operación. Este tipo de máquinas automáticas incluyen las máquinas de control numérico, robots, almacenes automatizados, etc. Este tipo de máquinas proporcionan un alto grado de flexibilidad, tanto para trabajos muy simples como para aquellos muy complejos. Sin embargo, el uso de ellas provocó la reducción e incluso la eliminación de la función de la mano de obra directa.

6.2 Perspectiva histórica.

Existen numerosas referencias que hablan acerca de la creciente complejidad de los sistemas de manufactura, comparadas con las capacidades humanas. Estos estudios datan desde 1980, cuando Gerwin y Leung^[1] documentaron un estudio sobre un *sistema flexible de manufactura (SFM)*. Ellos notaron que existía la discusión dentro de la corporación acerca de los beneficios de los SFM, aun y cuando estos habían estado en uso ya por varios años. Los problemas principales parecían ser de índole organizacional, más que técnicos. Es decir, los aspectos referentes a la instalación y operación del equipo recibieron la mayor parte del esfuerzo de planeación, mientras que las necesidades humanas y los aspectos organizacionales fueron atendidos sólo si se presentaban.

También en 1980, Nof, Knight y Salvendy^[2] llevaron a cabo un estudio comparativo entre el trabajo y las habilidades para optimizar el desempeño de los robots. Compararon, con mucho detalle, las habilidades y limitaciones de los robots industriales y los humanos, incluyendo las necesidades sociales y psicológicas del operador humano. Concluyeron de su estudio, que un análisis de este tipo para el diseño de las operaciones de los robots incrementaría la utilización productiva de estos en la industria.

La necesidad de involucrar la ergonomía y a sus especialistas en la fase de producción durante el desarrollo de sistemas, es clara. Helander y Domas^[3] describen una propuesta para analizar la interacción humano-robots, de manera que se pueda determinar la asignación de tareas. Discutieron la tradicional lista comparativa entre las habilidades humanas contra las de las máquinas, pero señalaron que una vez que han sido asignadas las tareas entre el operador humano y el robot, las actividades humanas deben ser evaluadas tomando como base la satisfacción en el trabajo. El diseño del producto y de los lugares de trabajo influyen en las

características del trabajo o actividad. Por lo tanto, estos deben ser diseñados de manera que no afecten la satisfacción en el trabajo.

Por su parte Meister⁴¹, un investigador dedicado al papel de la ergonomía en el desarrollo de sistemas, menciona que la fase de producción tiene poca importancia. El argumenta que los esfuerzos ergonómicos se requieren, por lo menos, en cinco de las seis etapas principales del desarrollo de sistemas que son : planeación, pre-diseño, diseño detallado, prueba y evaluación, y operación, pero no necesariamente en la de producción. De acuerdo a Meister, las preguntas que se deben formular durante la producción son aquellas que conciernen al ingeniero industrial y, por lo tanto, no tienen nada que ver con la ergonomía.

Los cada vez más complejos sistemas de manufactura, están provocando mayores demandas de esfuerzo en los trabajadores. Aunado a esto, estos procesos están creando grandes interdependencias entre los operadores y las máquinas. Por lo tanto, creemos que un programa de planeación que incluya el factor humano y la ergonomía en las primeras etapas del diseño así como en la etapa de producción, es la clave para desarrollar procesos eficientes de manufactura protegiendo a la vez la seguridad y satisfacción del trabajador, así como la calidad de los productos.

6.3 La ergonomía en los sistemas avanzados de manufactura.

La principal característica de los sistemas avanzados de manufactura es la *automatización*. También se caracterizan por la aplicación de la tecnología más avanzada (**state-of-the-art technology**) en la fabricación, ensamble, y operaciones de manejo de materiales.

Los sistemas de identificación automática (código de barras, radio frecuencia, etc.), sistemas de almacenamiento y recuperación automáticos (**AS/RS**), bandas transportadoras y vehículos guiados automáticamente (**AGV**), estaciones robotizadas, celdas flexibles de manufactura, y sistemas para empaque automático son todos ejemplos de este tipo de tecnología. Además de esto, la integración de las computadoras en la manufactura (**CIM**), apoya estas operaciones.

La idea de un *sistema integrado de manufactura* es casi una realidad. Sin embargo, los altos costos de capital que involucran, ocasionan problemas muy complejos a los diseñadores. Debido a esto y a otro tipo de problemas, el inicio en esta área ha sido enfocado a los *sistemas flexibles de manufactura*, en los cuales es más sencillo manejar los cambios necesarios para la manufactura a un costo más bajo.

En este nuevo ambiente para el operador - en el cual tiene que desarrollar actividades de planeación y control, programación y mantenimiento de robots, determinación del arreglo de las máquinas, etc. - muy poco personal está controlando y dirigiendo numerosas operaciones, por lo que el factor humano es aun más crítico.

Si el grupo de gente que dirige estas operaciones, tiene alguna deficiencia importante en sus capacidades físicas o psicológicas, entonces el proceso de control de la manufactura puede resultar seriamente afectado. Aun si la persona es eficiente, existe la posibilidad de una deficiente interfase hombre-máquina, originada desde la etapa del diseño, y que puede ocasionar un error humano. Estas situaciones ocasionan serios problemas en la productividad del sistema, así como en la seguridad del personal que labora en él.

Por lo tanto, en el ambiente actual de manufactura avanzada, el factor humano en el sistema, la distribución del equipo, la asignación de tareas, la programación de robots y las

actividades de mantenimiento de equipo, deben ser parte vital de cualquier planta automatizada, tomando en cuenta que se está poniendo "toda la carne en el asador" al asignar numerosas tareas cruciales a un número reducido de individuos.

6.4 Efectos de la automatización.

Los efectos de la automatización en el trabajo humano son muchos. Los ergonomistas deben familiarizarse con estos, de manera que puedan "suavizar" el proceso mientras preparan a los trabajadores para su impacto. Los efectos más importantes son los siguientes :

1) *Fragmentación del trabajo.* No todos los trabajos u operaciones pueden ser automatizadas. En general, las operaciones que se prestan para su automatización son simples, rutinarias, y no requieren de procesos de toma de decisión complejos. Sin embargo, una cosa es muy obvia, con la automatización algunos trabajos son asignados a las máquinas y los que "sobran", son los que se le dejan al operador humano. De esta forma, la automatización conduce a una degradación del rol del operador en el sistema. En operaciones automatizadas, normalmente los trabajos que se asignan al operador humano son actividades tales como carga, monitoreo, intervención, y operaciones manuales en caso de algún desperfecto. La dos últimas son especialmente difíciles, tomando en cuenta que un ser humano pierde gradualmente sus habilidades en una situación en la que la máquina es la principal protagonista. Por lo tanto, el re-entrenamiento de los operadores es muy importante.

2) *Supervisión.* La automatización requiere que el operador pase la mayor parte de su tiempo supervisando actividades. Las habilidades necesarias para supervisar son diferentes de las requeridas para realizar una actividad física, por lo que los operadores deben de recibir un entrenamiento especial.

3) **Entrenamiento.** Como se mencionó anteriormente, la automatización requiere de mucho entrenamiento y re-entrenamiento. El entrenamiento se requiere también para desarrollar nuevas habilidades en caso de adquirir maquinaria nueva. Un gran número de encuestas demuestran que el problema más grande que enfrentan los operadores de línea y los encargados del mantenimiento debido a la automatización, es un entrenamiento inadecuado.

4) **Disminución de la autonomía.** Con algunos procesos controlados por las computadoras, incluyendo acciones de planeación, existe menos autonomía en el trabajo. Por lo tanto, se toman pocas decisiones de producción (si es que existe alguna).

5) **Incremento en la dependencia.** El CIM cruza fronteras organizacionales. La automatización introduce mucho equipo y maquinaria nueva en los procesos. Como resultado, existe un incremento en la dependencia de los operadores de mantenimiento.

6) **Seguridad.** Pueden surgir o no, más problemas concernientes a la seguridad, dependiendo del punto de inicio. Un ambiente inseguro puede verse más limpio y seguro cuando se automatiza. Sin embargo, la introducción de nueva maquinaria y equipo puede introducir más problemas con la seguridad.

7) **Aburrimiento y stress.** Debido a la disminución de autonomía, el aburrimiento puede convertirse en un problema. Sin embargo, las actividades de los operadores de mantenimiento pueden ser más exigentes. El aumento en stress puede aparecer debido a la complejidad de la maquinaria y de los nuevos sistemas computacionales.

Todos los aspectos mencionados anteriormente cobran una vital importancia en el ambiente mexicano de la manufactura avanzada. En nuestro país la transferencia de tecnología en la mayoría de estos casos, es de tipo pasivo. Es decir, solamente se instala el equipo y se

entregan los manuales, pero no existe la presencia del experto que asesore en el momento en que afloran los problemas (sólo si es a larga distancia).

Por lo tanto, al comprar maquinaria nueva, en la mayoría de los casos no se toman en cuenta factores relevantes para que estos equipos funcionen al cien por ciento, tal y como se hace en otros países. Características de los operadores (antropométricas, intelectuales, etc.), velocidad a la que puede trabajar el operador contra la velocidad de la máquina, período de recuperación, son ejemplos de algunos de ellos.

De esta manera, al detectar una disminución en la capacidad productiva, ya sea en horas-hombre o en piezas, se toman como pérdidas normales de la etapa de arranque del equipo. Sin embargo, al no haber existido un estudio ergonómico previo a la etapa de instalación, estas pérdidas no se recuperan. Y lo que es peor, no desaparecen.

Durante la investigación realizada para este trabajo, se pudo constatar que al instalarse maquinaria nueva, no se tomaba en cuenta el factor humano. Simplemente se trataba de mantener, e incluso aumentar, el flujo de producción.

Cabe hacer notar que esta situación, no se debe a la falta de preocupación por parte del área directiva en sus trabajadores. Es simplemente la falta de conocimiento de los beneficios que puede traer consigo un estudio ergonómico desde la etapa de concepción del sistema.

Para ilustrar este tipo de situaciones, presentaremos en seguida dos casos de aplicación de la ergonomía en sistemas de manufactura que cuentan con un grado de automatización importante. El primero de ellos, fue tomado de la bibliografía revisada durante la investigación, mientras que el último es un caso investigado en una empresa de la localidad con la finalidad de presentarlo en este trabajo.

La metodología utilizada en ambos casos, y que es la adecuada para iniciar un estudio de este tipo, es la siguiente :

- 1) Identificación del área de oportunidad, ya sea por que se pretenda llevar a cabo cambios en cierta área de la empresa o por que se tienen problemas ya identificados.
- 2) Análisis de la problemática.
- 3) Proponer los cambios necesarios.
- 4) Implementar los cambios propuestos.
- 5) Validar los resultados obtenidos de la implementación.
- 6) En caso de que los cambios propuestos no den buenos resultados, proponer nuevas soluciones.
- 7) Regresar al paso 4.

6.5 Caso de estudio 1.

6.5.1 Antecedentes.

Este caso trata de una planta dedicada al ensamble de instrumental médico^[5] . El personal médico y de seguridad industrial de esta planta, había notado que el número de casos de operadores a los que se les diagnosticaba traumas acumulativos (**CTD**) en las extremidades superiores, había aumentado significativamente. Algunos de los padecimientos que presentaban eran tendinitis, epicondilitis y síndrome del tunel carpal (**ver anexo 1**).

Este tipo de padecimientos están asociados con actividades que implican movimientos repetitivos, movimientos muy forzados de las manos, y posturas inadecuadas. Los niveles de ausentismo y de rotación de personal eran altos entre el personal del área de ensamble. El personal de la planta reportó también que algunas líneas de producción, tenían dificultades

para cubrir los índices de producción requeridos, debido a estos niveles de ausentismo.

6.5.2 Desarrollo del problema.

Se llevaron a cabo auditorías en la planta a dos niveles distintos. En el primero de ellos, se realizó una inspección directamente en las líneas de ensamble. Para esto, se utilizaron listas de verificación para facilitar las observaciones de las actividades de trabajo (**ver anexo 2**). También se tomaron las dimensiones más relevantes de las estaciones de trabajo (alcances, alturas de las mesas de trabajo, niveles de iluminación , etc.). Además de esto, se les formularon preguntas a los operadores acerca de problemas potenciales y posibles soluciones a los mismos.

En el segundo nivel de la investigación, aquellas actividades consideradas como de más alto riesgo (basándose en los niveles de incidencia de CTD), fueron analizadas más a fondo. El equipo de investigadores fragmentó los trabajos en actividades y sub-actividades. Estos trabajos fueron grabados en video para determinar los tiempos de ciclo, así como la frecuencia y duración de las operaciones tensionantes. Este análisis llevó directamente a reconocer las necesidades de diseño del trabajo; esto es, qué necesitaba ser modificado para mejorar las condiciones ergonómicas.

Algunos de los problemas identificados fueron los siguientes :

- Actividades que implicaban muchos movimientos manuales en posturas inadecuadas.
- Alturas de las mesas de trabajo iguales para trabajar sentado o parado.
- Superficies filosas que lastimaban los dedos, manos y antebrazos de los operadores.
- Los operadores utilizaban microscopios que provocaban una inclinación de la cabeza

mayor a los 20 grados.

6.5.3 Resultados obtenidos.

Los resultados del estudio indicaron que muchos de los procesos y equipos de la planta, contribuían a que los trabajadores tomaran posiciones inadecuadas al realizar las operaciones. El diseño inadecuado del equipo era la causa principal de estas posturas inadecuadas, que repercutían en problemas en las muñecas de los operadores.

Por lo tanto, se recomendó proporcionar capacitación sobre ergonomía a los diseñadores e ingenieros de producto, de manera que las actividades innecesarias, así como aquellas que provocaran tensión en las extremidades, pudieran ser eliminadas.

También se recomendaron realizar evaluaciones en los nuevos procesos desde la etapa de diseño, para identificar problemas potenciales relacionados con la ergonomía. En la tabla 6.1, se presentan las mejoras obtenidas por la planta al llevar a cabo esta investigación.

Operación	Número de trabajadores	Número de CTDs		Días perdidos	
		Antes	Después	Antes	Después
1	20	14	0	321	0
2	16	12	1	317	2
3	18	9	2	31	0
4	12	7	1	98	0
5	12	7	0	0	0
6	8	5	2	0	0
7	15	5	3	0	0
8	15	4	2	15	0
9	7	3	0	10	0
10	3	2	0	0	0
11	14	2	0	0	0
12	16	1	1	0	0

Los datos "después", se obtuvieron un año después de que se implementaron los cambios en la planta.

Tabla 6.1 Cambios experimentados en la planta después de implementar las recomendaciones de ergonomía.

6.6 Caso de estudio 2.

6.6.1 Antecedentes.

El siguiente caso de estudio se presentó en una empresa de la localidad que se dedica principalmente a la fabricación de filtros automotrices. Esta empresa tiene varias líneas de producción, algunas más modernas que otras. Sin embargo, en la mayoría de ellas es necesario que los operadores realicen un gran número de actividades manuales, lo que provoca fatiga y problemas como los mencionados en el anexo 1.

En este caso se hablará específicamente de una de las operaciones de la línea de ensamble # 2. Esta operación anteriormente implicaba mucha actividad manual, sin embargo, al introducir una máquina nueva se volvió casi totalmente automática.

Lo que se planteará aquí serán las consideraciones que se hicieron al momento de realizar la modificación a la operación.

6.6.2 Desarrollo del problema.

La operación que vamos a analizar consistía en aplicar pegamento a la tapa del filtro. Para llevar a cabo esta operación, se utilizaba anteriormente una estación de trabajo en la que la operadora tenía que tomar la materia prima (en este caso la tapa del filtro) con su mano izquierda, pasarla a su mano derecha y por último accionar un pedal para así aplicar el pegamento.

Al observar esta operación pudimos darnos cuenta que la operadora tenía que mantener su brazo derecho suspendido en el aire durante toda la ejecución de la actividad, lo que

provocaba mucha tensión en los músculos del hombro así como en los de la espalda. Además, la silla que tenía esta operadora no podía ajustarse, de manera que ella colocaba pedazos de cartón para nivelar su altura con la de la mesa de trabajo.

✦ Uno de los inconvenientes de esta operación es que tienen que depositar las tapas con pegamento en una banda transportadora que ya trae el cuerpo del filtro. Es decir, su velocidad de operación esta determinada por la cantidad de elementos que vengan en la banda. ✦ ✦

Hace aproximadamente tres meses se instaló una máquina semiautomática para substituir la operación manual. Esta máquina permitía que la operadora tomara las piezas con las dos manos, además de que ésta solo tenía que colocarlas en unas superficies que se encontraban girando, para después apretar el pedal. Al hacer esto, se aplicaba el pegamento y las dos tapas eran depositadas por un mecanismo en la banda transportadora.

Al hacer la comparación entre la cantidad de piezas que se podían elaborar con los dos tipos de operaciones, se obtuvo la gráfica que se presenta en la figura 6.1.

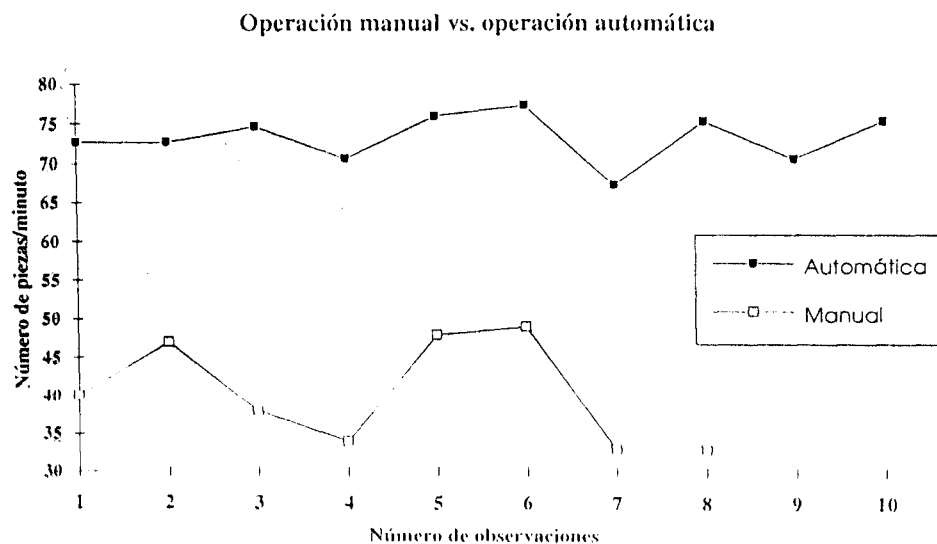


Figura 6.1 Comparación de la operación manual contra la operación automática.

Ahí se puede observar que la nueva máquina supera en casi el 100% a la operación anterior en cuanto al número de piezas por minuto. Sin embargo, al realizar el cambio en la operación sólo se consideraron los aspectos referentes a la producción. Es decir, la preocupación al hacer el cambio fue el mantener o mejorar el nivel de producción de la línea, pero no se analizaron los aspectos necesarios desde el punto de vista de la ergonomía.

Los problemas que se detectaron fueron los siguientes :

- 1) La silla que tenía la operadora no era ajustable. Esto provocaba que la operadora tuviera que trabajar por momentos sentada y en otros de pie. Al no poder recargarse en el respaldo de la misma, se sentaba en la orilla de la silla, lo que aumentaba la tensión en su espalda.
- 2) Los bordes de la mesa de trabajo lastimaban a la operadora en los antebrazos.
- 3) La operadora tenía que jalar en ciertos momentos la materia prima hacia ella. Esto se debía a que los contenedores no tenían el ángulo adecuado para que ésta cayera por gravedad.
- 4) La velocidad de la banda sobrepasaba la capacidad de respuesta de la operadora. Es decir, en algunas ocasiones la cantidad de material que venía sobre la banda era superior a la cantidad de piezas que la operadora podía alimentar a la misma.
- 5) Al trabajar sentada, la operadora no tenía apoyo para sus pies.

6.6.3 Conclusiones del caso.

Como se puede observar en la figura 6.1, al transformar esta estación de ser una operación manual a automática, se aumentó la velocidad y la cantidad de piezas que la operadora puede entregar a la línea.

Sin embargo, al no tomar en cuenta las consideraciones ergonómicas necesarias (estatura de la operadora, alcance de sus brazos, inclinación de la cabeza, etc.), este aumento en la velocidad de la operación, a largo plazo ocasionará mayor fatiga a la operadora.

Por lo tanto, se ve claramente que hubiera sido más conveniente haber realizado un estudio anterior a la modificación, para detectar los parámetros más importantes a ser considerados. De esta manera, se hubieran obtenido dos beneficios : aumento en la productividad y comodidad para el operador.

6.7 Referencias del capítulo.

- [1] Gerwin D., Leung TK. 1980. *The organizational impacts of flexible manufacturing systems : some initial findings*. Human Systems Management. pp. 237 - 246.
- [2] Nof S., Knight, Jr. JL, y Salvendy G. 1980. *The utilization of industrial and skill analysis approach*. AIIE Transactions. pp. 216 - 225.
- [3] Helander M., Domas K. 1985. *Task allocation between humans and robots in manufacturing. Material Flow*. pp. 175 - 205.
- [4] Meister D. 1982. *The role of human factors in system development*. Applied ergonomics. pp. 119 -124.
- [5] Narayam, Mukund y Rudolph, Linda. 1993. *Ergonomics Improvements in a Medical Device Assembly Plant : A Field Study*. Proceedings of the Human Factors Society 37th Annual Meeting.

Capítulo 7

Conclusión

En los últimos años, las empresas dedicadas a la manufactura han tratado de lograr un incremento en productividad en base a una mejor tecnología. Sin embargo, no han tomado en consideración a uno de los elementos más importantes de manera que puedan lograr ese objetivo. Nos referimos al factor humano.

En estas nuevas tecnologías, o sistemas de producción para ser un poco más concretos, se ha utilizado al hombre en actividades que parecen muy simples, tales como alimentar materiales, controlar actividades, supervisar operaciones, etc. Sin embargo, estas actividades no son tan sencillas como parecen.

Sabemos que la tecnología provoca ciertas condiciones características en los procesos. Aumenta su velocidad, aumenta la cantidad de puntos de control en los mismos, involucra una mayor exactitud y precisión en los procedimientos, disminuye el esfuerzo físico del operador, etc. Por lo tanto, obliga al operador humano a actividades predominantemente de control y vigilancia de los procesos. Debido a lo anterior, éste tiene que estar más alerta.

Es por eso que si se pretende utilizar al hombre como controlador de esta tecnología, es decir, hacerlo parte integral de la misma, es necesario invertir en su capacitación, en las condiciones en las cuales desempeña su trabajo, así como en el equipo que éste utilizará, de manera que la inversión que se hizo en tecnología, rinda los frutos deseados.

Este proceso de integración hombre-tecnología, implica la necesidad de revisar las políticas de trabajo bajo las cuales se encuentran actualmente los operadores. En este punto nos referimos, por ejemplo, a la frecuencia y duración de los descansos, la frecuencia de rotación de personal entre distintas operaciones o estaciones, a la prevención de traumas acumulativos provocados principalmente por posiciones demasiado estáticas o actividades muy repetitivas. La mejora de estas condiciones ayudará a lograr una mejor integración de las nuevas tecnologías con el personal que la maneja.

Con la tecnología moderna los procesos tienden a ser mejores y, por lo tanto, se vuelven más complicados. Sin embargo, el operador humano no asimila estos cambios con tanta facilidad. El proceso cambia sus variables y el hombre no tiene forma de detectar estos cambios. De esta forma, se vuelve de suma importancia que los diseñadores de estos procesos tomen en cuenta a los operadores desde las primeras etapas del diseño, y no esperen que se adapten a los cambios una vez terminado el proyecto.

Se ha comprobado que la tecnología supone en muchos casos una descarga física para el operador. Sin embargo, también se sabe que ésta provoca en la mayoría de los casos un incremento en la carga mental del trabajo. Es necesario entonces coordinar y evaluar constantemente al hombre en el desempeño de sus actividades, de manera que pueda integrarse lo más pronto posible al cambio de tecnología. Por lo tanto, consideramos que utilizando la ergonomía como herramienta de apoyo, será posible lograr este enlace.

Haciendo un resumen de los puntos importantes encontrados durante la investigación, podemos concluir que :

- La tendencia en las empresas de manufactura es lograr el incremento en productividad con una mejora de los procesos, pero sin considerar al factor humano al realizar esas mejoras.
- Es necesaria una cultura más amplia en lo que respecta al beneficio que puede proporcionar a una industria, el llevar a cabo un estudio de ergonomía.
- Es necesaria la participación de todos los niveles de una empresa (directivos, personal de planta, supervisores, operadores, etc.), para llevar a cabo un programa de implementación de medidas ergonómicas, de manera que se logre el éxito esperado.

Así mismo, quisieramos expresar que este tipo de estudios pueden ser continuados a otros niveles. Este escrito pretende ser únicamente, un punto de partida para la realización de otras investigaciones, ya que existe una gran área de oportunidad, no sólo en el área de manufactura, sino en otros tipos de industrias.

Anexo 1

A1.1 Introducción a la terminología y patología de los traumas acumulativos.

Los traumas acumulativos (Cumulative Trauma Disorder, CTDs por sus siglas en inglés), son uno de los principales problemas que se presentan en los operadores que realizan muchas actividades manuales^[1].

Para entender su patología, es necesario recordar que los músculos tienen su origen en un hueso, pasan a través de una articulación y terminan en un tendón, el cual se inserta a su vez en otro hueso. Algunos tendones, principalmente aquellos que se encuentran alrededor de la muñeca, están encerrados en una suave funda lubricante por la cual atraviesan. Esta funda es conocida como *funda o vaina sinovial*.

En la base de la muñeca, por el lado de la palma de la mano, los tendones que se dirigen hacia los dedos están agrupados en un túnel ligamentoso conocido como *túnel carpal*, el cual evita que estos se separen al momento de la contracción de los músculos flexores del antebrazo. También pasan a través de este túnel pequeños vasos sanguíneos y fibras del *nervio mediano*. Este último, proporciona fibras nerviosas al dedo pulgar, al índice y al cordial, así como a la mitad del dedo anular.

Las mismas articulaciones están lubricadas por una membrana llamada *membrana sinovial*. Otros elementos anatómicos involucrados son los músculos y sus inserciones en los

huesos. En particular, existen músculos encargados de la *pronación*, o giro interior del antebrazo, y la *supinación*, o giro externo del antebrazo; estos músculos tienen sus inserciones en las esquinas exteriores del húmero a la altura del codo y son mejor conocidos como *epicóndilos medio y lateral*^[2], respectivamente.

La inflamación, hinchazón, dolor, e incremento en la sensibilidad puede ocurrir en cualquiera de estas estructuras y, aunque las condiciones resultantes son básicamente las mismas, cada una de ellas se identifica con un nombre particular, dependiendo de la zona en la que ocurre.

De esta manera el sufijo *itis*, que significa inflamación, identifica los traumas acumulativos. Por ejemplo, hablamos de *tendonitis* cuando se trata de un tendón; de *sinovitis* cuando se trata de la membrana sinovial; *tendosinovitis* cuando se trata tanto del tendón como de la vaina que lo envuelve; *epicondilitis* cuando afecta a los epicóndilos, etc. Una condición aparte, pero que se considera relacionada con las anteriores es el *síndrome del túnel carpal*, el cual ocurre cuando hay una inflamación de las estructuras del túnel carpal.

[1] Morris Fraser, T. 1989. *The worker at work*. Taylor and Francis, Bristol, PA. p. 91.

[2] Lockhart, R.D.; Hamilton, G.F.; Fyfe, F.W. 1965. *Anatomía Humana*. Ed. Interamericana. p 84, 94.

Anexo 2

A2.1 Ejemplo de una lista de verificación para evaluar las características del lugar de trabajo⁽¹⁾.

- _____ Hay distancias laterales o frontales fuera del alcance del brazo del operador.
- _____ No hay espacio adecuado para tareas de manejo y mantenimiento.
- _____ Hay lugares de trabajo inaccesibles para el uso de equipo de manejo de materiales.
- _____ Las sillas no se ajustan fácilmente; tienen respaldos inadecuados y no tienen descansos para los pies.
- _____ Los botones y otros dispositivos no son fáciles de leer.
- _____ La distribución del lugar de trabajo provoca movimientos ineficientes.
- _____ Se requieren posturas inadecuadas para realizar las operaciones.
- _____ No hay espacios adecuadas para el material en proceso.
- _____ La superficie de trabajo está muy alta o muy baja.
- _____ Los trabajadores se sientan frecuentemente en la orilla de la silla para mejorar el alcance.
- _____ Es necesario operar frecuentemente un pedal mientras se trabaja parado.
- _____ Los operadores ajustan la altura de sus sillas agragando cojines.
- _____ Los trabajadores tiene que sostener sus brazos o sus manos sin la asistencia de soportes.
- _____ No hay espacio suficiente para moverse.

- _____ Los botones de control y las luces indicadoras se confunden fácilmente.
- _____ No hay espacio adecuado para las piernas.
- _____ El ajuste de las sillas no puede hacerse fácilmente estando sentado.

^[1] Alexander, David C. y Pulat, Babur Mustafa. 1985. *Industrial Ergonomics. A practioner's guide*. Norcross, GA. Industrial Engineers and Management Press. p. 97.

ITESM-Centro de Información



30002005188834