

**Introducción a la INFORMACIÓN**  
**Aspectos en el SOFTWARE Y EL ORGWARE EN EL DISEÑO DE SISTEMAS.**  
**Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 89 de Mar de Ajó**  
**Dirección General de Cultura y Educación. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires**  
Autor: Profesor Ing. Roque Ricardo Rivas. Año 2011.

## Índice

- 1.- Introducción.
- 2.- El trabajo mental.
- 3.- Percepción de la información.
- 4.- Aspectos de la teoría de la gestalt.
- 5.- Leyes de la psicología de la gestalt.
- 6.- Estructura e integración de la información.
- 7.- Codificación de la información.
  - 7.1.- Tipos de codificación.
    - 7.1.1.- Codificación unidimensional.
    - 7.1.2.- Codificación multidimensional.
- 8.- Organización de la información.
- 9.- Principios de configuración ergonómica del software y el orgware.
- 10.- Aspectos de una configuración compleja de sistemas.
- 11.- Principios matemáticos de los sistemas difusos.
- 12.- Operaciones entre conjuntos difusos.
- 13.- Principios sobre la red de Petri.
  - 13.1.- Reglas y situaciones de la red de Petri.
  - 13.2.- Clasificación de las redes de Petri.
  - 13.3.- Consideraciones en la aplicación industrial.
  - 13.4.- Ventajas de las redes de Petri.
  - 13.5.- Tres aspectos de las redes de Petri.
- 14.- Algunas cuestiones a tener en cuenta en un proyecto de simulación.
- 15.- Consideraciones del sistema técnico en la aplicación industrial.
- 16.- Redes borrosas de Petri en los sistemas flexibles de producción industrial.
- 17.- El rol de la incertidumbre en la realización de las reglas de los procesos de producción.
- 18.- Facilidad en la utilización del sistema hombre – máquina – entorno (SHME).
- 19.- Facilidad de uso y satisfacción en la oferta de productos complejos.
- 20.- Bibliografía

## 1.- Introducción.

Se considera que el presente estudio abarca el flujo de información desde la toma de la misma por medio de los órganos de los sentidos, su elaboración en el sistema nervioso central e ingreso en el medio de elaboración que se corresponde con el sistema en operación. Por lo general este último se lo suele identificar mediante el teclado.

En la configuraciones de software y el orgware del sistema, se tienen en cuenta los elementos utilizados tales como; informaciones, entorno y las características fisiológicas y psicológicas de adaptación de la persona.

En función de la gran cantidad y diversidad de las magnitudes condicionantes que se presentan en la utilización de las nuevas tecnologías, los requisitos a satisfacer por el factor humano crecen y es por ello que se necesita conocer con mayor detalle los procedimientos y procesos tecnológicos que interactúan en los distintos sistemas.

A continuación se analiza, en forma muy resumida, una orientación proyectual que tiene que ver con el orgware, el modelo organizativo y la gestión del conocimiento, de la producción industrial. Por último cabe agregar que no es tarea sencilla el evaluar las condiciones de adaptabilidad, pese a la utilización del modelo cibernético simplificado del sistema Hombre Máquina Entorno (SHME), dado que los procesos de percepción y de elaboración de información son de por sí complejos y en algunos casos desconocidos.

## 2.- El trabajo mental.

El estudio del *trabajo mental* a medida que el mundo se encamine hacia un mayor uso de la información, crecerá en importancia. Las investigaciones que tratan este tipo de trabajo son en gran parte llevadas a cabo por la psicología, la ingeniería de sistemas, la experiencia y el sentido común.

Con estos estudios se intenta determinar distintos mecanismos de comportamiento dinámico mediante la construcción de diversos modelos que inclusive tengan en cuenta aspectos de la psicología social. Existen actualmente una gran variedad de modelos, lo que a veces dificulta el ponerse de acuerdo con enfoque a ser adoptado en las configuraciones de sistemas.

A efectos de una simplificación se adopta el siguiente modelo algorítmico donde se considera que el comportamiento  $C$  del hombre es estudiado como una función de procesos psicológicos  $\Phi$  que consideran al hombre  $H$  y a la situación  $S$  en que el mismo se encuentra.

$$C = f(H(\Phi) \leftrightarrow S)$$

Este tipo de formulación se basa en los estudios de Mulder, 1976.

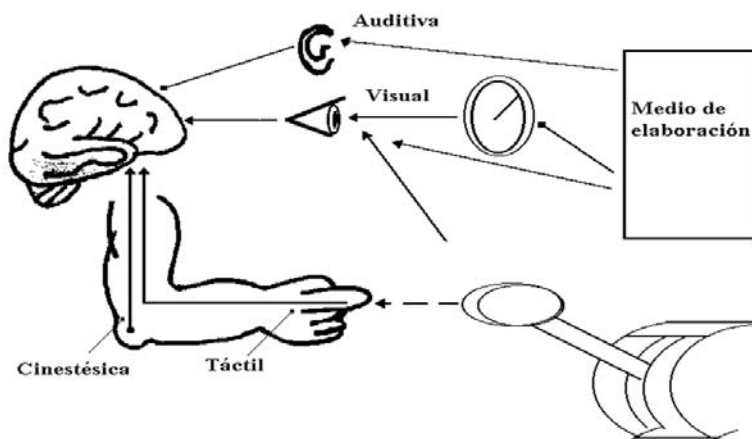
El *trabajo mental* tiene distintos tipos de clasificación, los que según su definición resultan aplicables a distintos casos. No obstante y a los efectos de continuar analizando los elementos del sistema laboral con criterios ergonómicos en este texto se adopta el ordenamiento basado en los estudios efectuados por Laurig, 1990.

El trabajo mental se subdivide en *trabajo reactivo*, *trabajo combinatorio* y *trabajo creativo*. Esta clasificación tiene en cuenta, aunque en grado escaso, a la parte muscular que le corresponda la acción.

En el caso de trabajos de mantenimiento y montaje, por ejemplo, se exige una transformación de la información recibida en *trabajo reactivo*, donde es normal la armonización en el empleo de las masas musculares y los órganos sensoriales, en tanto que en los trabajos típicos de oficina las informaciones recibidas se transforman a través de un *trabajo combinatorio* en nuevas informaciones de salida.

El hombre recibe información a través de los órganos de los sentidos, fundamentalmente la vista, el oído, el tacto y la sensibilidad cinestésica.

La cinestesia se puede entender como un tipo particular de sensibilidad con que están dotados los músculos, cuyas sensaciones informan sobre la posición espacial de los elementos corporales y su movimiento a pesar de tener los ojos cerrados. Este conjunto de la información, brinda la condición de observabilidad por medio de los distintos tipos de realimentación generados por los indicadores y comandos. Figura N° 1.



**Figura N° 1 Tipos de realimentación.**

Actualmente los procesos científicos y tecnológicos se identifican por el manejo de grandes volúmenes de información que dan lugar a un empleo creciente de los sistemas computarizados, dispositivos especiales de comunicación visual, empleo de dispositivos controlados por inteligencia artificial, etc., tanto en el área de la administración, de la industria como en el consumo.

Este tipo de interrelación del hombre con el objeto tangible o intangible (medio de elaboración, logística, sistema automático de transporte personal, etc.) hace necesario un estudio más profundo de la ergonomía del software y del orgware.

### 3.- Percepción de la información.

Para que el proceso de comunicación con el objeto pueda ser llevado a cabo sin inconveniente, la información presentada en los indicadores visuales debe ser percibida correctamente, en forma rápida y segura. La facilidad del reconocimiento de la información se obtiene a través de una correcta codificación de la información.

El flujo de información tiene que estar organizado espacial y temporalmente de forma tal de poder disminuir la carga que la toma de información produce en el ser humano.

Estas cargas se pueden identificar básicamente por una elevada sollicitación por una alta estimulación visual o una baja demanda de esfuerzo, propia de la actividad monótona.

El proceso de la percepción, sumamente complejo, se puede interpretar como el acto de la organización de las informaciones recibidas por nuestros órganos sensoriales, afectadas por nuestros conocimientos actuales, experiencias pasadas, deseos y necesidades. Suele confundirse con la sensación, la cual se corresponde con una ley simple que depende del tipo de estímulo. En psicofísica se la suele interpretar como la ley de Fechner que manifiesta que la sensación crece con el logaritmo de la excitación.

En rigor existe un tipo de percepción para cada uno de los sentidos. A través de la percepción conocemos la presencia de un objeto, tenemos conocimiento de su existencia y le atribuimos cualidades. La percepción es una relación del sujeto al objeto. El objeto tiene sus características propias pero es percibido con subjetividad.

En la forma de percibir el objeto, cada uno de nosotros proyectamos la manera de pensar modelada por experiencias anteriores y por el medio sociocultural al que se pertenece, sumando los intereses particulares.

Por lo general no se perciben los objetos, los acontecimientos, y las personas como realmente son sino como se cree que son, al poseer un sistema de referencia particular. Esto explica porque un objeto determinado es difícil que tenga la misma significación para dos observadores.

Los sistemas de referencia usados inconscientemente son indispensables, pues permiten estructurar el medio en que se vive ofreciendo un mínimo de seguridad, sin el cual sería imposible toda acción.

La psicología de la forma o de la *gestalt*, por ejemplo, ha representado un papel considerable en el desarrollo de nuevos criterios ergonómicos de configuración de la información al posibilitar nuevas teorías sobre la inteligencia y la memoria, las que parecen estar estrechamente ligadas, dado que los recuerdos obedecen a la ley de la forma. Normalmente se recuerda mejor alguna cosa cuando está organizada en forma significativa.

#### **4.- Aspectos de la teoría de la gestalt.**

Por lo general el hombre es capaz de tener cierta previsión con respecto a la secuencia de los elementos que constituyen el mensaje, siempre que el mismo posea una redundancia suficiente para dar origen a una forma o *gestalt*.

En los aspectos básicos de ésta teoría sugerida por Von Ehrenfeld, en Viena, y desarrollada en torno a Koffka, Wertheimer, Köler, Lewin y Metzger de la Universidad de Berlín, tanto la inteligencia

como la memoria, parece ser que están íntimamente ligadas, dado que los recuerdos obedecen a la ley de la forma.

Normalmente se recuerda mejor alguna cosa cuando está organizada en un todo significativo. La estructura es lo que da unidad al conjunto y su valor a las partes. Es lo que se aprende inmediatamente como un todo imposible de descomponer y es lo que permite, por ejemplo, reconocer una melodía incluso después de haber sido transpuesta a otro tono.

Desde el punto de vista de la teoría de la forma, la percepción no es el producto de una mera adición de partes, la melodía continúa siendo la misma para el oyente. Es el cuadro total del estímulo y el estado de integración mental del mismo, lo que determina el patrón de respuesta. Esto significa que la estructura es la forma nacida de los elementos que la componen. Si dos cosas se asocian, nace algo nuevo cuyas cualidades son distintas de las partes.

Actualmente se continúan los estudios con la intención de ligar teorías y herramientas de la psicología cognitiva con los campos de la inteligencia artificial y la lingüística. Algunos avances fueron puestos de manifiesto por medio de la creación de lenguajes naturales, los que dan lugar a distintas teorías de la presentación del conocimiento, por ejemplo las listas de pares atributo-valor denominadas listas de propiedades en el lenguaje de programación LISP (LIST Processing). ESPRIT, 1989.

El organismo no reacciona a estímulos locales con respuestas locales, sino que responde a constelaciones de estímulos. Es en el acto de percibir donde el individuo contribuye a la configuración. En principio la configuración resultante se compone de:

- Patrón o modelo original.
- Factor temporal de transformación.
- Factor personal sensomotor.

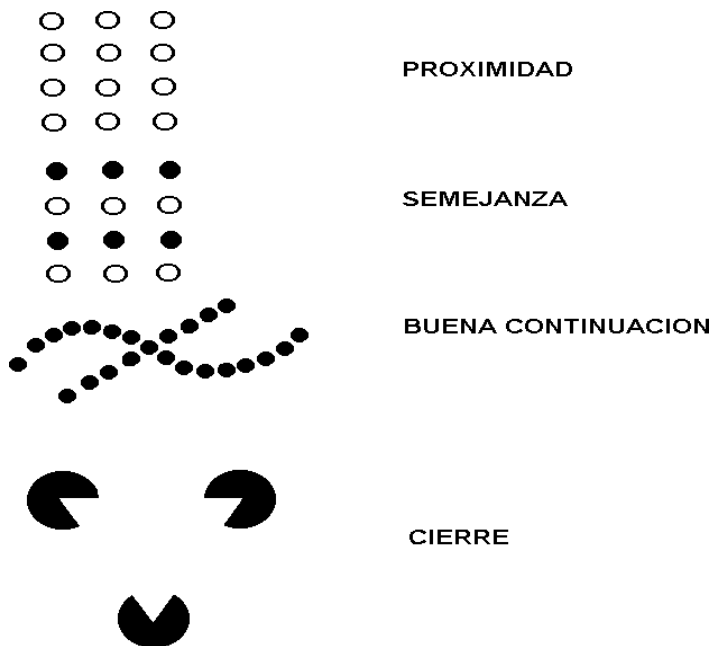
Se debe tener en cuenta que la teoría de la *gestalt* es más que la suma de estos tres factores y que la configuración percibida se completa o reorganiza de acuerdo a principios biológicamente determinados por el patrón sensomotor de la acción.

## 5.- Leyes de la psicología de la *gestalt*.

Algunas de las leyes más esenciales de la teoría de la *gestalt* se ven a modo de ejemplo representadas en la figura N° 2 y se explican brevemente a continuación:

- Proximidad.  
Cuando el área a percibir contiene una cantidad de partes iguales, aquellas que estén más próximas tienden a organizarse formando una mayor unidad.
- Semejanza.  
Dos partes iguales en el área a percibir se atraen mutuamente formando una unidad mayor.
- Buena continuación.  
Forman una unidad más fácil de percibir las partes de una figura que forman una curva o tienden a un destino común.

- Ley de cierre.  
La percepción tiende a completar las formas determinando las partes en función de un todo.
- Buena forma.  
La percepción tiende a organizar los datos constituyendo la mejor forma posible.

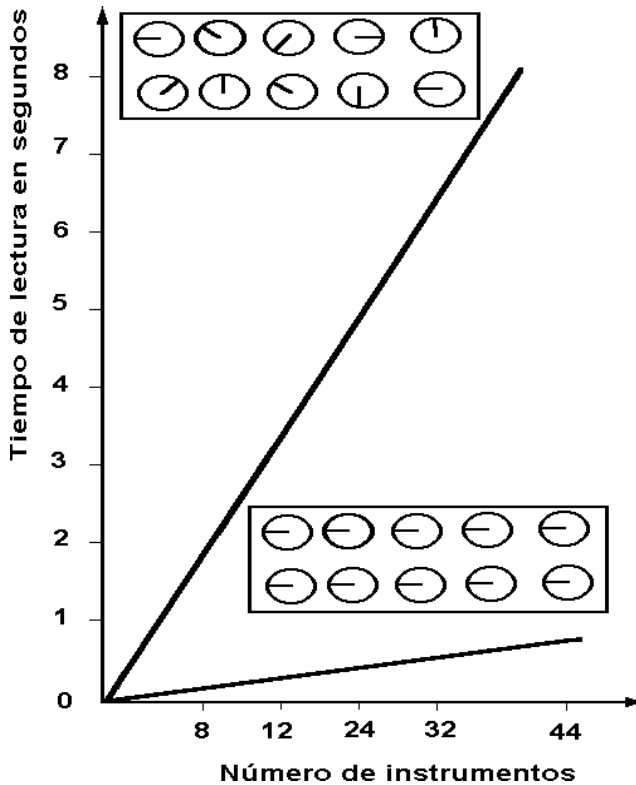


**Figura N° 2 Representación de modelos básicos de la teoría de la *gestalt*.**

Las estructuras simples, regulares y completas, tienen mayor unidad siendo más pregnantes que las formas asimétricas o incompletas. Por ejemplo; un brazalete roto expuesto durante un instante es percibido como un aro regular porque corresponde a la forma general de un círculo.

Para todo este tipo de apreciación se tiene en cuenta el fenómeno pregnante, definido como una cualidad para lo cual una estructura se impone en forma espontánea y con fuerza.

En la figura N° 3, se consideran las leyes de *buena continuación* y *cierre*, las que usualmente se tienen en cuenta en el principio de observación de varios instrumentos ordenados linealmente. En esta figura se puede verificar la reducción del tiempo de lectura mediante aplicación de leyes de la *gestalt*, basado en Neumann y Timpe, 1970.



**Figura N° 3 Reducción del tiempo de lectura mediante aplicación de leyes de la *gestalt*.**

En la práctica todos los procedimientos mnemotécnicos se inspiran en este principio gestáltico. Si se quiere aprender el alfabeto morse, por ejemplo, se comienza por organizar conjuntos simples que se retienen fácilmente porque son homogéneos. Primero se ordenan todas las letras que corresponden a todos los puntos, como por ejemplo; E (.), I (..), S (...), H (....), y después todas las letras que correspondan a todas las rayas.

## 6.- Estructura e integración de la información.

Por lo general, la estructura es lo que da unidad al conjunto y su valor a las partes, lo que aprendemos inmediatamente como un todo imposible de descomponer sin pasar por el análisis y la síntesis, lo que no permite reconocer una melodía, incluso después de que haya sido transpuesta a otro tono. Dicho de otra manera, la estructura es la forma nacida de los elementos que la componen. Si dos cosas se asocian, nace algo nuevo cuyas cualidades son distintas de las partes.

El patrón de respuesta humana está determinado por el cuadro total del estímulo y el estado de integración mental del mismo. Nuestro organismo no reacciona a estímulos locales con respuestas locales, sino que responde a constelación de estímulos. Es decir que en el acto de percibir, el individuo contribuye a la configuración de la información. La forma resultante se compone básicamente de:

- Patrón especial original (patrón normal).
- Factor temporal de transformación.

- Factor personal sensoriomotor.

La consideración de la totalidad de la *gestalt* es mucho más que la suma de estos factores, donde la configuración percibida se completa o reorganiza de acuerdo a principios biológicamente determinados por el patrón sensoriomotor de la acción. Las leyes de la *gestalt* se encuentran en el Capítulo VI (6.6.2).

## **7.- Codificación de la información.**

El requerimiento básico para la transmisión de la información entre un transmisor (indicador visual) y un receptor (operador humano), es que ambos usen la misma señal y el mismo método de la información. Por ejemplo, la mayor significación de un texto sobre la pantalla, puede ser indicada por letras espaciadas, por un color determinado, subrayado, o por combinación de las tres.

Ergonómicamente las señales se asimilan a estímulos los cuales pueden ser adquiridos por los órganos de los sentidos. Estos estímulos suministran información sobre objetos o propiedades de los mismos. En muchas sociedades se asimila el color rojo al significado de peligro.

### **7.1.- Tipos de codificación.**

El empleo de un solo tipo de estímulo de codificación se lo denomina unidimensional, en tanto que el empleo de diferentes tipos de estímulo se lo denomina multidimensional.

La codificación puede ser redundante, es decir que puede contar con más información que la absolutamente necesaria para una designación clara del mensaje. El tipo de codificación se debería seleccionar teniendo en cuenta la característica sensorial del usuario y la tarea específica.

#### **7.1.1.- Codificación unidimensional.**

En principio pueden ser usados los siguientes tipos de código:

- Color.
- Forma.
- Posición.
- Tiempo.

Cada uno de estos tipos de código tienen a su vez tantos símbolos de código, o sea elementos del alfabeto (caracteres) como número de niveles de estímulo puedan llegar a ser diferenciados por el ser humano. Figura 4.



• <b>Color</b>	Claridad (Brillo)	Gris – blanco Verde oscuro Verde claro
	Color	Rojo, amarillo Azul, verde
	Contraste fotométrico	Blanco sobre negro Negro sobre blanco
	Contraste color	Amarillo sobre negro Verde sobre blanco
• <b>Forma</b>	Carácter alfanumérico	A, B, c, d α, 1, 2, 5
	Pictogramas Tamaño de letras Orientación	
• <b>Posición</b>		Arriba a izquierda En el medio Abajo a la derecha
• <b>Tiempo</b>	Frecuencia	Parpadeo de 2 Hz.

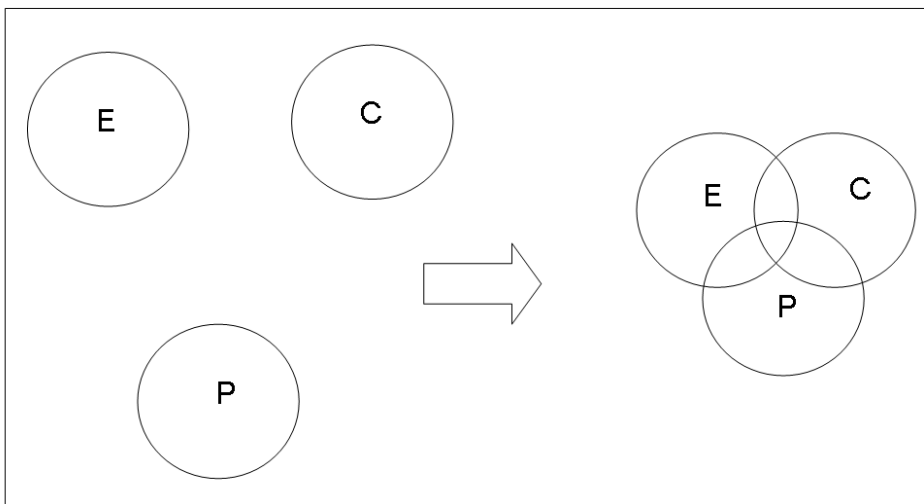
**Figura N° 4 Codificación unidimensional.**

Los indicadores cromáticos pueden emplear entre cuatro y cinco colores y no superar los siete colores, cuidando de maximizar la posibilidad de lectura mediante una buena separación en la longitud de onda de los mismos, evitando las combinaciones de rojos con azules, rojos con cian, magenta con azules, y facilitando las combinaciones a) verde, amarillo, naranja, rojo y blanco b) azul, cian, verde, amarillo y blanco c) cian, verde, amarillo, naranja y blanco.

El color azul, no saturado, se puede emplear para fondos y figuras grandes, pero no para líneas finas, figuras pequeñas, o texto. Se debe combinar las características del color, la forma o el brillo de forma que aumente la redundancia de la codificación y reduzca la dificultad por parte del usuario, como por ejemplo; los símbolos amarillos, son triángulos, los símbolos verdes, son círculos y los símbolos rojos son cuadrados, cuidando que el rojo y el verde no sean empelados para símbolos pequeños que se encuentran en la periferia de una pantalla grande. A medida que aumenta el número de colores en uso, debe aumentar el tamaño de los objetos. Cushman y Rosenberg, 1991.

### **7.1.2-Codificación multidimensional.**

La codificación multidimensional se presenta cuando se emplea más de un tipo de código de los anteriormente mencionados. Por ejemplo, el orden de importancia de un párrafo en un texto puede ser indicado por el espaciado (E), color (C) y el parpadeo (P) de los caracteres en cuestión. Figura N° 5.



**Figura N° 5 Codificación unidimensional.**

Normalmente la codificación multidimensional hace posible el incremento en la transmisión de la cantidad de información por unidad de tiempo. En la mayoría de los casos, esta redundancia de códigos aumenta la confiabilidad del sistema productivo. Por ejemplo; el color y el parpadeo incrementan la seguridad de la información transferida a la vez que permite la corrección de errores.

## **8.- Organización de la información.**

La forma en que la información es procesada en el ser humano, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, está determinada en su mayor parte por la estructura espacial y temporal de la misma, y es de suma importancia para el diseño de la ejecución de la actividad laboral. El denominado *orgware*, en este contexto significa la disposición de la información para la ejecución de tareas y para la evaluación de los requisitos de las mismas.

La cantidad de información a ser transferida al usuario puede ser presentada simultáneamente, en paralelo, si la capacidad del dispositivo visual lo permite, o secuencial, en serie. La cuestión a determinar es, cuál de las formas de organización de la información es preferible.

Experiencias recogidas en el área industrial, preferentemente en el control de procesos, muestran que las dos formas de organización deben ser combinadas. No obstante, y a los efectos de una adecuado *orgware*, se debe tener en cuenta que el proceso de información en el ser humano es serie.

Pese a la pequeña capacidad de almacenaje de la memoria de corto plazo, el operador humano puede efectuar procesos de búsqueda de información en los indicadores visuales y adoptar decisiones en forma simultánea.

En el caso que el procesamiento en paralelo, no solucione o ayude a realizar la tarea en ejecución, se la debe considerar como una fuente de disturbio y ser evitada.

Es difícil especificar cuanta información puede ser presentada en pantalla simultáneamente, como así también en cuánto difiere una tarea de otra.

Otra cuestión de interés es, cómo debe estar formalmente configurada la pantalla y organizado su contenido. Los operadores de procesos de mantenimiento han encontrado de mucha utilidad la clasificación de la información de acuerdo a categorías, colocando las mismas individualmente en determinadas posiciones sobre la pantalla.

Esta codificación de la información por posición debe ser reforzada por otros tipos de codificación (véase la figura N° 11.2), y por trazado de un borde alrededor de estas áreas en la pantalla.

La transferencia de estos conocimientos del ámbito del taller industrial al trabajo administrativo de oficina, ligado al análisis de proceso, ha resultado un hecho muy positivo.

Cabe aclarar, que en el tratamiento de estos temas, el término proceso se toma en su significado más general, abarcando un procedimiento formalizado o al menos regular de conversión, distribución o utilización de energía, material o información.

Para propósitos de clasificación debe ser asumido que el usuario tiene información la cual usualmente elabora, es decir; cartas, formularios o menús.

En el caso de la elaboración electrónica de datos, los sistemas ayudan al usuario a través de la salida de un sistema común de informaciones e instrucciones. Para un rendimiento óptimo, el sistema de procesamiento debe soportar la totalidad de las operaciones importantes, como así también alarmas de ingresos no válidos, indicación de tipo de errores, etc.

En los sistemas denominados “amigables”, las opciones de las entradas periféricas pueden ser mejoradas mediante la inclusión de comandos alfanuméricos o el desarrollo de teclas virtuales sobre el indicador visual.

El correcto contenido ergonómico espacial y temporal presentado en la pantalla, y el código empleado, depende del propósito u objetivo perseguido por el dialogo hombre-máquina y el grupo específico de usuarios. Por esto es que resulta complicado especificar directrices relevantes de diseño en este tema, y aún más por el hecho que el procesamiento de información llevado a cabo e el ser humano se encuentra en un área compleja. Las instrucciones que se ofrecen a continuación son más sugerencias que reglas concretas. Las mismas provienen del área militar y se han transferido al ámbito industrial.

## **9.- Principios de configuración ergonómica del software y el orgware.**

Para asegurar que el sistema usuario esté eficientemente configurado, las pautas de diseño ergonómico deben tener en cuenta la mayor cantidad aspectos de rendimiento ofrecido por el ser humano como así también de magnitudes condicionantes que afectan al sistema laboral. Algunos se pueden observar en la figura N° 6.

Aspectos	Factores influyentes
<input type="checkbox"/> Con el usuario	Aptitud, entrenamiento, práctica, actitud con respecto al sistema, motivación, frecuencia de uso
<input type="checkbox"/> Con la aplicación	Actividades de la secretaria, procesamiento de texto, servicio al cliente, programación de la producción, gestión.
<input type="checkbox"/> Con la tarea	Ingreso de datos, salida de datos, diálogo, tareas mixtas.

**Figura N° 6 Aspectos y factores influyentes en el diseño ergonómico.**

Para la configuración del proceso de diálogo deberá observarse en primer lugar la división de actividades llevadas a cabo por el hombre y el medio de elaboración. Cada uno de los elementos que intervienen en el diálogo, usuario y máquina, deberá asumir las funciones para las cuales cuente con las mejores condiciones.

Por lo general el usuario asume el trabajo de ingreso de los datos actuales, toma de decisiones y monitoreo del sistema técnico. En tanto que el procesador asume funciones de búsqueda, clasificación, cálculo, presentación o impresión de determinada información. Entre las posibles herramientas de configuración, llama la atención el creciente desarrollo de la inteligencia artificial mediante innovaciones en el campo de la teoría de grafos (redes de Petri) y la matemática borrosa o de la lógica difusa (Fuzzy Logic) para tratar incertidumbres en el ámbito del diseño de sistemas productivos.

Otro punto esencial es que a medida que aumenta la energía en los medios de elaboración aumenta la tasa de accidente, debido a la utilización de este tipo de máquinas en el momento y lugar equivocado.

### **10.- Aspectos de una configuración compleja de sistemas.**

Actualmente se están produciendo modificaciones importantes en el área organizativa de las manufacturas.

La misma está condicionada por nuevos medios de elaboración con alta velocidad de funcionamiento y elevados tiempos de utilización, siendo el mantenimiento del sistema funcionando, es decir la confiabilidad, el principal objetivo del operador humano.

Se debe considerar que a medida que aumenta la energía en los medios de elaboración aumenta la tasa de accidentes, debido a la utilización de este tipo de máquinas en el momento y lugar equivocado. La confiabilidad es fácil de medir después de obtenido el resultado pero resulta muy difícil de predecir, salvo que se cuente con suficiente experiencia sobre sistemas iguales o análogos.

Un sistema productivo industrial puede ser definido en forma amplia como la interrelación de elementos que tienen por finalidad cumplir con uno o más objetivos de elaboración dentro de un marco ético-jurídico adecuado. En todos estos sistemas, las conexiones entre los elementos pueden ser representadas por redes o grafos. Dentro de la teoría de grafos las redes de Petri representan modelos gráficos aplicables a procesos industriales concurrentes con muy buenas características de velocidad y eficiencia.

Un sistema productivo industrial puede ser definido en forma amplia como la interrelación de elementos que tienen por finalidad cumplir con uno o más objetivos de elaboración dentro de un marco ético-jurídico adecuado. En todos estos sistemas, las conexiones entre los elementos de decisión y operación que ofrece la matemática mediante la lógica borrosa (Fuzzy Logic) y la teoría de grafos (redes de Petri) permiten representar modelos gráficos aplicables a procesos industriales concurrentes con muy buenas características de velocidad y eficiencia.

### **11.- Principios matemáticos de los sistemas difusos.**

Es muy amplio el espectro de la matemática borrosa en las aplicaciones ergonómicas, tanto en el diseño, diagnóstico de sistemas sociotécnicos como así también en el análisis de modelos de interfase entre el usuario y el objeto.

Uno de los aspectos actuales más importantes la búsqueda de pautas de diseño que hagan más confortable la interacción del ser humano con los objetos con una mayor utilidad. El incremento de éste desafío observa el aumento de la complejidad y ambigüedad en la relación entre la interacción de las personas con los objetos y su entorno laboral o el correspondiente a la vida diaria. Cuando el modelo mental por parte del operador humano no se corresponda con el diagrama del flujo de un proceso industrial totalmente automatizado en funcionamiento, se hace necesario un análisis situacional que tenga en cuenta un nivel de estructuración que facilite, en alguna medida, el uso del criterio del operador.

El entendimiento de los métodos matemáticos borrosos, permitiría una configuración de sistemas más humanos facilitando una mayor flexibilidad en el diseño de los procesos. Por lo general, la clave de los modelos matemáticos se encuentra en la utilización de símbolos, ecuaciones, y proposiciones matemáticas que representan la realidad. Debido a su naturaleza abstracta los modelos matemáticos pueden ser aplicados a una mayor variedad de situaciones que otros modelos no permiten. Una de las dificultades reside en el ser humano porque es demasiado complejo como sistema como para ser comprendidas todas sus propiedades, tolerancias y capacidades de su rendimiento ofrecido.

Al método de observación directa manifestador por el diseñador, ya sea por comparación y estimación, o mediante técnicas de muestreo de actividades y análisis de riesgos, entre otros, se suman los métodos experimentales de diseño, que cuentan con procedimientos estadísticos (correlación, regresión, inferencias paramétricas y no paramétricas, análisis factorial y secuencial), modelos biomecánicos (estáticos y dinámicos), modelos decisionales (teoría de la información, estadística, sistemas bayesianos, punto de equilibrio de Nash, procesos de Markov, etc. ), modelos de simulación de diseño (simulación analógica, discreta, de ingeniería inversa, de flujo de procesos, de análisis de tareas).

En este contexto, una variable de decisión continua puede ser tomada con cualquier valor sobre algún intervalo de una línea ordenada de números reales, como por ejemplo los pesos de las cargas a ser manipuladas por el trabajador, en tanto que una variable de decisión discreta es aquella que solamente puede tomar valores enteros, como ser el número de medios de elaboración de una célula productiva.

Una simulación es la representación del comportamiento dinámico del sistema en su desplazamiento de un estado a otro en el marco de reglas de operación bien definidas, siendo el estado del sistema un concepto clave. El estado de un sistema es definido en términos de valores numéricos asignados a los atributos, es decir descriptores, de las entidades (es decir cosas) en el sistema.

Un ejemplo de una variable discreta considerada como un atributo es la situación de un trabajador clasificada como; en actividad, en tránsito o inactivo. Donde se debe observar que a) los estados del trabajador pueden ser codificados mediante números y b) un evento en un modelo de simulación es un instante de tiempo en el cual el estado del sistema puede cambiar.

Es decir, que la llegada del objeto de trabajo a una célula productiva es modelada como evento debido a que causa el cambio de estado del trabajador de inactivo a activo. Lo mismo ocurriría con cualquier espera condicionada por el proceso. Este tipo de análisis, se puede llevar a cabo mediante un modelo de regulación de control, donde se explicitan incertidumbres en el proceso propias del operador humano con el medio de elaboración. Puede ser por variación de la curva de aprendizaje y por la multiplicidad de magnitudes condicionantes de tipo física, química, organizativa, psicológica y temporal del sistema laboral.

La calidad de un modelo depende de sus propiedades y de las funciones para el cual fue diseñado. Por lo general, Zimmermann, 1980, deberán cumplir con tres propiedades,;

- Consistencia formal. Donde todas las conclusiones observan el cumplimiento de las hipótesis.
- Aplicabilidad. El modelo deberá cumplir la función deseada.
- Efectividad. La actividad deberá realizarse con el mínimo esfuerzo, tiempo y costo.

Este investigador clasifica los modelos en tres grupos:

- Grupo de modelo formal. El sistema es puramente axiomático con hipótesis ficticias puras.
- Grupo de modelo fáctico. La conclusión de los modelos se articulan con la realidad y ellos son verificados mediante la evidencia empírica.
- Grupo de modelos prescriptivos. Los cuales postulan reglas de acuerdo a la forma de comportarse de las personas.

Existen restricciones de los modelos debido a la vaguedad del lenguaje natural y al hecho que las investigaciones empíricas comprueban que el lenguaje natural no puede ser sustituido por el lenguaje formal. Esta es la razón por la que se abre un abanico de posibilidades al campo de la teoría de los conjuntos borrosos. Respecto a esto último, en la transferencia del modelo a la práctica, uno no debe nunca ser más preciso que lo que la situación del problema demanda.

En la configuración de sistemas productivos se tienen en cuenta 3 tipos de incertidumbres; la inexactitud, la aleatoriedad y la vaguedad.

- La inexactitud, se relaciona con la medición de las observaciones y el error de las mismas.
- La aleatoriedad, tiene que ver con la presentación de eventos y su magnitud.
- La vaguedad, se focaliza en la complejidad del sistema y la observabilidad y controlabilidad por parte del operador humano. Esta última es la de mayor peso en la configuración de sistemas informáticos de gestión productiva.

Si bien las técnicas convencionales han sido y serán aplicadas al estudio de sistemas donde el ser humano es uno de sus elementos, está claro que la gran complejidad de tales sistemas clama por aproximaciones distintas, en espíritu y sustancia, que los métodos tradicionales.

Estos últimos son altamente efectivos cuando se aplican a sistemas mecánicos, pero se encuentran demasiados alejados de términos que observan la precisión en relación al sistema en el cual el comportamiento humano juega un rol importante. Zadeh, 1974. En tanto que Popper, 1974, ha reforzado el concepto que interpreta tanto a la certeza como a la precisión como fasos ideales.

La borrosidad se relaciona con un tipo de vaguedad cuya graduación puede ser descrita en categorías, es decir grados de vaguedad. La medición de la incertidumbre medida por borrosidad hace referencia a la graduación de pertenencia de un elemento a alguna categoría.

Si bien la incertidumbre alcanza a todos los niveles del proceso cognitivo, la gente tiene la habilidad de entender y utilizar la vaguedad y los conceptos de imprecisión los cuales son difíciles de analizar en el marco del pensamiento científico tradicional. Singleton, 1982, afirma que la mayoría de las características humanas tienen una dependencia contextual muy compleja la cual no es fácil de expresar mediante tablas de evaluación numérica o por ecuaciones multivariantes, como ocurre con los siguientes juicios; poca iluminación, elevado peso, talla mediana, etc.

La lógica difusa ha demostrado ser una herramienta adecuada para facilitar que sean utilizados sistemas de inferencia basados en los mecanismos de razonamiento del operador humano. Estos sistemas comparten otras características propias de los elementos que conforman la inteligencia artificial.

En estos sistemas los conocimientos se adquieren y almacenan en forma simbólica y se procesan mediante técnicas numéricas permitiendo una representación sencilla del conocimiento estructurado mediante la adopción de ciertas reglas y su rápida implementación mediante circuitos electrónicos. La facilidad de su aplicación se potencia por la adopción de reglas de comportamiento, de carácter intuitivo, que hace que crezca su interés en la aplicación en el modelado de la toma de decisiones y en los sistemas de procesos industriales.

En el análisis de la tarea laboral, la parte esencial depende de la actividad semiótica ejercida por los signos; donde aquellos que se definen como objetos o entidades, que constituyen el significante, remiten información a otros objetos o entidades que constituyen el significado. En este contexto, la seguridad del funcionamiento del sistema socioproductivo va a depender fuertemente de la entropía de la información y lógicamente de su redundancia. Basado en lo anterior es que toma fuerza el concepto de conjunto difuso fue introducido por Zadeh en 1965, como un mecanismo para representar la vaguedad y la imprecisión del lenguaje humano.

El conjunto difuso es una generalización de la teoría clásica de conjuntos, donde un determinado elemento puede pertenecer a un conjunto o no. La propuesta conceptual de Zadeh se diferencia de la anterior, en que un elemento puede pertenecer a más de un conjunto y con grados distintos de pertenencia.

Básicamente el sistema de inferencia está tomado de un conjunto de reglas del tipo “si x es A y es B”, donde x e y son las variables del sistema, y A y B son términos lingüísticos como “mucho”, “suficiente” y “poco”, tan utilizados para sazonar una comida.

El grado de pertenencia es un número real, en el intervalo entre cero y uno, que indica en que proporción existe la pertenencia de un elemento a un conjunto. Para ello se emplean modelos matemáticos complejos que buscan aproximar un razonamiento cualitativo mediante la ejecución de un gran número de operaciones de cálculo.

## 12.- Operaciones entre conjuntos difusos.

- Igualdad: Dados dos conjuntos difusos A y B definidos sobre el mismo universo de discurso U, el conjunto A es igual al conjunto B si ambos poseen la misma función de pertenencia:

$$A = B \text{ si: } \mu A(u) = \mu B(u), \forall u \in U$$

- Inclusión: De forma similar, el conjunto A está contenido en el conjunto B si para cualquier elemento del universo de discurso, la función de pertenencia de A es menor o igual que la función de pertenencia de B:

$$(A \subseteq B) \text{ si } \mu A(u) \leq \mu B(u), \forall u \in U$$

- Unión: La unión entre los conjuntos difusos A y B es un conjunto difuso cuya función de pertenencia para un elemento concreto del universo de discurso es la mayor de las funciones de pertenencia de A y B.

$$\mu A \cup B(u) = \max[\mu A(u), \mu B(u)], \forall u \in U$$

- Intersección: La intersección entre A y B es un conjunto difuso cuya función de pertenencia para un elemento concreto del universo de discurso es la menor de las funciones de pertenencia de A y B.

$$\mu A \cap B(u) = \min[\mu A(u), \mu B(u)], \forall u \in U$$

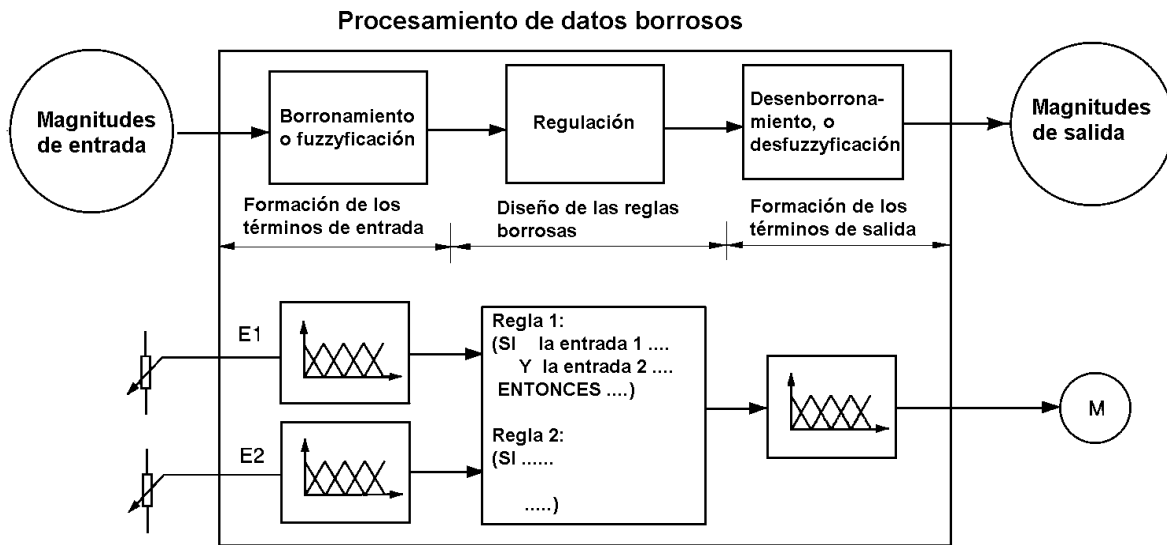
- Complemento: El complemento de un conjunto difuso A es otro conjunto difuso cuya función de pertenencia viene dada por

$$\mu \tilde{A}(u) = 1 - \mu A(u), \forall u \in U$$

Zadeh propone como operadores alternativos para la unión e intersección de conjuntos difusos la suma algebraica y el producto algebraico respectivamente.



Las funciones de pertenencia pueden adoptar distintas formas. Las más tradicionales son; triangulares, trapezoidales, rectangulares y sigmoideas. Las mismas suelen adoptarse como funciones de control y de variación de peso en las redes neuronales de sistemas borrosos. En la figura N° 7 se representa el flujo de datos de un sistema de control borroso, basado en Hering et al., 1995.



**Figura N° 7 Sistema de control borroso.**

### 13.- Principios sobre la red de Petri.

Básicamente una red de Petri es un grafo dirigido  $G = (V, E)$ , en donde  $V = L \cup T$  y  $L \cap T = \emptyset$ . Lo especial de éste tipo de red o grafo dirigido es que se manifiestan dos tipos de vértices o nodos distintos, cuyas denominaciones son *lugares* (nodos pasivos que hacen referencia a un *estado*) y *transiciones* (nodos activos que hacen referencia a una *actividad*). Johnsonbauch, 1988.

El Conjunto L se llama conjunto de los lugares y el conjunto T se llama conjunto de las transiciones. Los lugares representan condiciones (estados) en tanto que las transiciones representan eventos (sucesos). Cualquier lado e de E perteneciente al grafo se corresponde con un elemento de L y con un elemento de T.

#### 13.1.- Reglas y situaciones de la red de Petri.

Para una aplicación, desde el punto de vista metodológico se deben considerar, que:

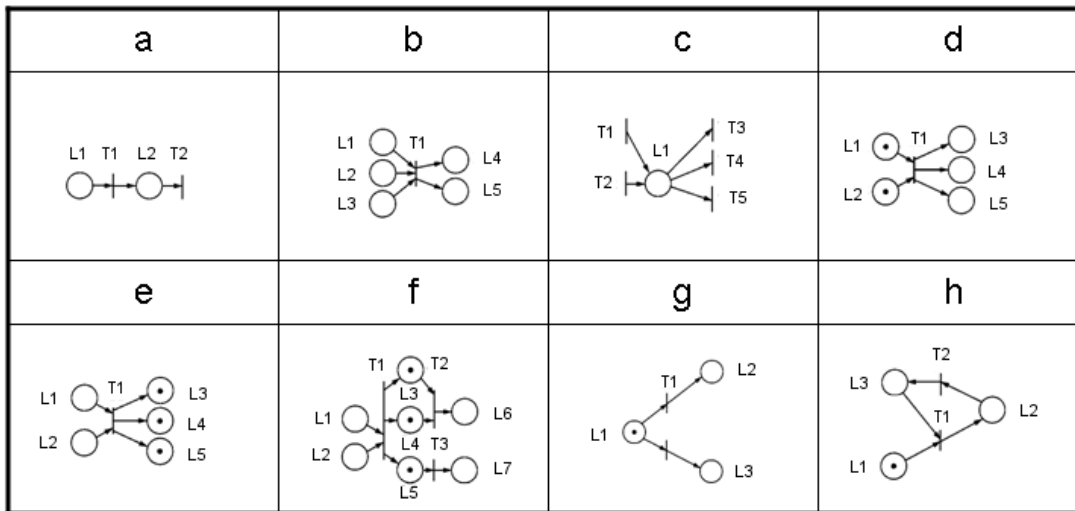
- Usualmente los *lugares* se representan con círculos y las *transiciones* con barras o rectángulos.
- En este tipo de red se dice que L es un lugar de entrada para la transición T, si existe un lado e dirigido que va desde el lugar L hasta la transición T. Análogamente se define un lugar de salida.
- Una *marca*, en una red de Petri es un entero no negativo asignado a cada lugar. Cuando una marca asigna un entero no negativo n al lugar L se dice que hay n fichas en L.

- Una marca  $M$  se dice que está viva si al empezar en  $M$  es posible descargar cualquier transición dada a través de una sucesión adicional de descarga, sin importar que tipo de sucesión de descarga haya ocurrido.
- Una marca  $M$  está acotada si existe un entero positivo  $n$  que tiene la propiedad de que en cualquier sucesión de descarga ningún lugar recibe más de  $n$  fichas. En el caso que una marca  $M$  esté acotada y en el caso que cualquier sucesión de descarga no se reciba en un lugar más de una ficha, se dice que  $M$  es una marca segura.
- Las fichas se presentan con puntos o pequeños círculos negros. La presencia de al menos una ficha como *marca* en el lugar indica que una condición predeterminada se cumple.
- Si todo lugar de entrada para una transición  $T$  tiene por lo menos una ficha, se dirá que  $T$  es permitida.
- Se llama descarga, conmutación o disparo, cuando una transición permitida quita una ficha a cada lugar de entrada y agrega una ficha a cada lugar de salida.
- Si una sucesión de descarga transforma una marca  $M$  en una Marca  $M'$ , se dice que  $M'$  es obtenible de  $M$ .

En la figura N° 8 se pueden observar las siguientes condiciones:

- a - Se permiten conectar nodos de diferente tipo, es decir que un lugar  $L$  (estado) conduce siempre a una transición  $T$  (suceso), y este último conduce a un lugar  $L$  (estado).
- b - Una transición  $T$  puede estar conectado a varios lugares  $L$  a su entrada y a varios lugares  $L$  a su salida.
- c - Un lugar  $L$  puede estar conectado a varias transiciones  $T$  a su entrada y a varias transiciones  $T$  a su salida.
- d - Una transición  $T$  será activada cuando todas las condiciones de entrada sean satisfechas, es decir que cada lugar  $L$  deberá poseer una marca.
- e - Cuando un suceso tiene lugar mediante la activación de una transición, se dice que se produjo una conmutación o disparo de la transición. En nuestro ejemplo se presenta una transferencia de las marcas las que pasan a ocupar los lugares de salida.
- f - Situación de concurrencia o paralelismo: Son activadas varias transiciones  $T$  produciendo procesos en curso en forma simultánea. Por lo general se puede observar el fenómeno mediante el desplazamiento de las marcas.
- g - Situación de conflicto: Se presenta ante la posibilidad de que cada lugar  $L$  que posea una marca se encuentra conectado al menos a dos transiciones  $T$ . En estos casos la posibilidad de que una transición se conmute depende de la situación y no de la red de Petri.
- h - Situación de bloqueo: Ocurre cuando ninguna transición  $T$  pueda ser activada debido a que nunca pueden existir, por ejemplo, dos lugares  $L$  de entrada con una marca respectivamente y en forma simultánea. Se suele presentar debido a fallas de diseño en la representación del grafo.

Entre las propiedades más importantes de las redes de Petri, están la libertad y la seguridad. La libertad hace referencia a la no existencia de callejones sin salida en tanto que la seguridad hace referencia a la limitación en la capacidad de memoria.



**Figura N° 8 Condiciones de funcionamiento de la red de Petri.**

### 13.2.- Clasificación de las redes de Petri.

Si bien los distintos tipos de red suelen interactuar simultáneamente en un sistema, a los efectos de su análisis es que se realiza la siguiente clasificación.

**Red canal-instancia:** Es la red más simple donde el nodo pasivo representa el canal y el nodo activo la instancia. Los canales describen la existencia de la información y los caminos de la misma, en tanto que las instancias describen las funciones o actividades.

**Red de condición-suceso:** La característica de esta red permite observar que los estados son en cierto modo las condiciones bajo las cuales los sucesos tienen lugar, para la prosecución de nuevos estados.

Este constante intercambio de sucesos y nuevos estados muestra la dinámica del sistema y fuerza en la planificación a reflexionar sobre qué estados a qué sucesos conducen y qué sucesos son necesarios, o qué condiciones deben completarse para alcanzar los estados deseados.

Para que el transcurso del proceso pueda ser observado, el estado que está presente debe ser marcado. Todos los lugares cuyas condiciones sean cumplidas deben soportar al menos una marca. Como se mencionó oportunamente, especialmente importante es la posibilidad del reconocimiento de situaciones de concurrencia, de conflicto y de bloqueo. Las dos últimas representan la gran ventaja que tiene la red de Petri al poder ser reconocidas con facilidad.

**Red de lugar-transición:** En esta red los lugares permiten portar varias marcas y las flechas se ordenan de acuerdo a su capacidad de transferencia. Esto tiene la ventaja que permite, además de lo anteriormente mencionado respecto al bloqueo y conflicto, poder analizar cuellos de botella y efectos de congestionamiento.

Red de predicado-transición: Esta red permite modelizar procedimientos reales, lo cuál la hace muy útil en la configuración, por ejemplo, de la manufactura integrada por computadoras (CIM) . Esta red tiene en cuenta las siguientes ampliaciones:

- Marcas individuales.
- Condiciones de entrada para conmutación de transiciones.
- Duración de tiempo de los procedimientos de conmutación.
- Condiciones de salida después de la conmutación de las transiciones.
- Posibilidad de analizar en detalle la totalidad de una estructura de red.

En los lugares individuales no se encuentran más marcas del mismo tipo, sino predicados que poseen propiedades individuales.

### **13.3.- Consideraciones en la aplicación industrial.**

Como resultado de la simulación del modelo de Red Petri, se obtienen indicaciones sobre:

- Grado de utilización de los medios de elaboración. Por ejemplo, un centro de mecanizado (computer numerical Control; CNC).
- Cuellos de botella en determinadas áreas. Por ejemplo, el equilibrio de demanda de los medios de elaboración, el congestionamiento del transporte y los tiempos de espera, sean o no condicionados por el proceso de elaboración.
- Posibilidad de obtener el mínimo tiempo de recorrido de material.
- Principios comprobables de mejora en la calidad del producto.
- Sugerencias para disminuir los costos de fabricación.

### **13.4.- Ventajas de las redes de Petri.**

- Presentación de procesos de manufactura concurrente. Por ejemplo la paralelización de las comunicaciones interactivas en la interfase operario y medio de elaboración, sea este último computarizado o no. Por esto el diseño de las redes de Petri deben observar:
  - Posibles ordenamientos simultáneos en todos los procesos.
  - Evitar los procedimientos secuenciales en serie para acelerar todos los procesos.
- Empleo universal para la formación de modelos. Por ejemplo en aspectos tales como la calidad del producto, los estándares aplicados y las normas administrativas que hacen a la estructuración del manejo de la base de datos de control productivo.
- Adopción de sistemas distribuidos con procesamiento paralelo de datos.

- Presentación de la dinámica de los elementos simples del sistema. Por ejemplo producción o comunicación. Por medio de la simulación de los procesos interactivos se pueden determinar bloqueos o situaciones conflictivas.
- Presentación una clara y entendible descripción del natural desarrollo del sistema en estudio.
- Realización con pocas exigencias de hardware y en distintos lenguajes de programación.
- Aplicación de elementos matemáticos que emplea, como por ejemplo teoría de grafos, matemática booleana o borrosa.
- Aumento del grado de detalle de los sistemas mediante la adopción del método de diseño Top-Down.
- Diseño de un sistema soporte de ayuda en las decisiones.

### **13.5.- Tres aspectos de las redes de Petri.**

- Aspecto comunicacional: Hace referencia a cuáles son los datos y los flujos de información existentes en el sistema.
  - De utilidad en el acople de ordenadores, para determinar ¿cuáles son las áreas funcionales comunicadas y cuales son las unidades de información compartidas?
- Aspecto causal: Hace hincapié en la dependencia de causas del sistema.
  - ¿Cuáles son las series secuenciales predominantes previamente descritas?
  - ¿Cuáles son las condiciones previas necesarias para llevar a cabo determinadas acciones?
  - ¿Cuáles son las acciones que conducen a determinados estados?
  - ¿En qué secuencia se producen las acciones?
  - ¿Según qué normas y estándares se lleva a cabo el control del sistema?
- Aspecto procedimental: Básicamente es una combinación de los aspectos comunicacionales y causales.
  - ¿Cuál secuencia de modificación de estados es posible?
  - ¿Cómo se relaciona en el sistema las modificaciones de la estructura de la red?

### **14.- Algunas cuestiones a tener en cuenta en un proyecto de simulación.**

Algunos aspectos son:

- ¿Dónde se encuentran los cuellos de botella de las capacidades productivas? (hombre y medio de elaboración).

- ¿Cuál es el grado de utilización de las capacidades? (hombre y medio de elaboración).
- Desde el punto de vista logístico, ¿cuál es el uso del recurso tiempo en los productos, materiales e información?

Es conveniente aclarar que la logística abarca la planificación, programación, configuración y control de la totalidad del flujo de material, considerando las actividades necesarias para su ejecución desde la adquisición de materiales en el mercado, los procesos productivos hasta la distribución de los productos al cliente, como así también los flujos necesarios de información.

La gestión operativa de la ejecución de los procesos de los sistemas complejos de producción, entre otras variables, depende de la situación de la orden de trabajo, la disponibilidad de los recursos del sistema, instante y secuencia desarrollada en las operaciones de elaboración considerando las reservas de flexibilidad productiva.

La determinación de los planes de elaboración óptima según un objetivo económico está supeditada al dominio de una secuencia de problemas de, es por ello que se facilitan las soluciones mediante el conocimiento empírico de los expertos, en donde los objetivos globales son reemplazados en objetivos parciales.

Estos objetivos, entre otros, determinan el lote de fabricación óptima, la existencia mínima de almacenamiento, el mínimo tiempo de recorrido de material, el máximo grado de utilización de los medios de elaboración, el mínimo tiempo de preparación de los procesos y el consecuente tiempo de manipulación al finalizar los mismos.

Estos son criterios que se orientan al cumplimiento de requisitos y plazos de la producción son los que se relacionan con las operaciones que dan cumplimiento a la orden de trabajo.

Un buen proceso de producción es alcanzado mediante el empleo de operaciones de fabricación que cumplan con las especificaciones en el tiempo previsto.

Por lo general se trata de reglas de estado que son activadas en forma continua mediante un vector de control que tiene en cuenta las operaciones tecnológicas disponibles y los cambios de estado que el sistema de producción necesita.

El acceso constante a las reglas que controlan el sistema de producción considera los tiempos concedidos para la orden de trabajo.

### **15.- Consideraciones del sistema técnico en la aplicación industrial.**

Las células de producción autónomas en desarrollo, suelen presentar un concepto de fabricación flexible centradas en el operador humano. Para el diseño de interfases de estas células autónomas, Schlick, Reuth y Luczak, 1998, han utilizado la red de Petri por facilitar los principios de una adecuada simulación, como así también agilizar un análisis participativo.

Como resultado de las simulaciones del modelo de red de Petri, se obtienen indicaciones sobre: Grado de utilización de los medios de elaboración. Por ejemplo uso de los centros automáticos de mecanizado.

- Cuellos de botella en determinadas áreas. Por ejemplo, el equilibrio de demanda de los medios de elaboración, el congestionamiento del transporte y los tiempos de espera, sean o no condicionados por el proceso de elaboración.

- Posibilidad de obtener logísticamente el mínimo tiempo de recorrido de material.
- Principios comprobables de mejora en la calidad del producto.
- Sugerencias para disminuir los costos de fabricación.

La gestión operativa de la ejecución de los procesos de los sistemas complejos de producción, entre otras variables, depende de la situación de la orden de trabajo, la disponibilidad de los recursos del sistema, instante y secuencia desarrollada en las operaciones de elaboración considerando las reservas de flexibilidad productiva. En estos casos suele ser útil el análisis de procesos de pensamiento, especialmente en aquellos productos que cuentan con inteligencia. Es necesario entender lo mejor posible la forma de razonar en las actividades de supervisión del sistema.

La determinación de los planes de elaboración óptima, según un objetivo económico, está supeditada al dominio de una secuencia de problemas, es por ello que se facilitan las soluciones mediante el conocimiento empírico de los expertos, en donde los objetivos globales son reemplazados por objetivos parciales.

Estos objetivos, entre otros, determinan el lote óptimo de fabricación, la existencia mínima de almacenamiento, el mínimo tiempo de recorrido de material, el máximo grado de utilización de los medios de elaboración, el mínimo tiempo de preparación de los procesos y el consecuente tiempo de manipulación al finalizar los mismos.

Estos criterios que se orientan al cumplimiento de requisitos y plazos de la producción son los que se relacionan con las operaciones que dan cumplimiento a la orden de trabajo.

Se debe tener en cuenta que buen proceso de producción es alcanzado mediante el empleo de operaciones de fabricación que cumplan con las especificaciones requeridas en el tiempo previsto. En la teoría de grafos esto tiene que ver con las reglas de estado que son activadas en forma continua mediante un vector de control que tiene en cuenta las operaciones tecnológicas disponibles y los cambios de estado que el sistema de producción necesita.

## **16.- Redes borrosas de Petri en los sistemas flexibles de producción industrial.**

Los diseños de modelos de una red borrosa Petri, identificadas como FPN (Fuzzy Petri Nets), combinan el uso de los grafos de Petri y la matemática borrosa de Zadeh, y se orientan básicamente a objetos. Cada objeto describe el proceso parcial perteneciente a una unidad de información y a las acciones de intercambio en el procesamiento de información con otros objetos. Mediante reglas, libremente formuladas, se pueden agrupar o separar los objetos con determinadas propiedades. Estas propiedades suelen ser asignadas como condiciones de entrada a la transición. De esta forma se puede determinar la duración de la conmutación y las condiciones de salida de la transición. Este tipo de objetos pueden ser definidos en clases, las que para una configuración de modelos son sustituidas por instancias. Por otro lado las instancias son básicamente ejecuciones concretas de una clase.

En el concepto de FPN, siempre los objetos se representan como estructuras parciales señaladas por bloques que corporizan los elementos básicos que integran un modelo objeto de estudio.

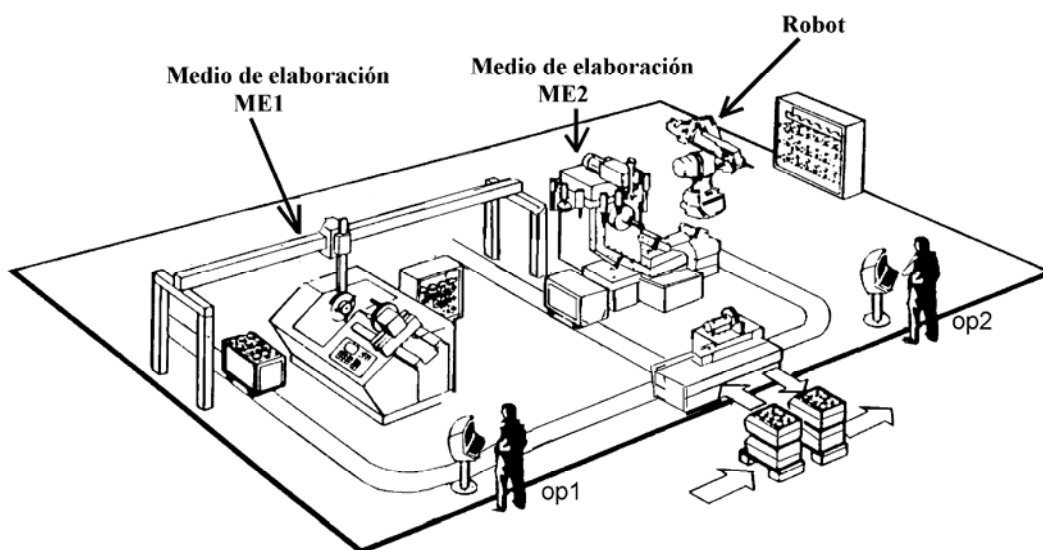
Desde el punto de vista del lenguaje, cuando se trata de una orden de trabajo, así como los verbos nos informan sobre las fases de los procesos los predicados nos informan sobre la identificación de la pieza, el número de parte, el lugar de almacenamiento, el costo, etc.

La conmutación de la transición se lleva a cabo solamente cuando la pieza fue requerida, entonces es observable la migración del objeto a una red de interpretación predicado - transición. Durante esta migración los objetos pueden ser agrupados o divididos modificando su configuración. Basado en este principio es que se puede diseñar la modelización del flujo de materiales, la programación de la producción y el flujo de información.

Las redes borrosas Petri son muy apropiadas para generar modelos de aplicación en los Sistemas de Planificación y Control de la Producción (SPCP).

Por lo general, son tres los sistemas componentes que interactúan en un SPCP; un sistema de almacenamiento, un sistema de transporte y un sistema de producción. Todas las informaciones estructurales y de estado son procesadas por un ordenador en donde se ejecuta un programa de gestión.

El siguiente modelo trata sobre un sistema flexible de producción cuya complejidad es tratada por medio de la informatización de los elementos organizativos a través de redes locales de comunicación. En la figura N° 11. 5, se observan dos operadores a cargo de la supervisión de un centro de fabricación flexible altamente automatizado donde los operadores, con bajo consumo metabólico y elevado nivel de concentración mental, comparten en un sistema de producción dos medios de elaboración. Si bien se ha llegado a establecer en la ciencia ergonómica un equilibrio entre los aspectos fisiológicos y psicológicos, son estos últimos los que en este caso de emplearse más asiduamente. Diferencias físicas sobresalen por su identificación pero esto no ocurre con las consideraciones de las habilidades, las que son más difíciles de tratar.

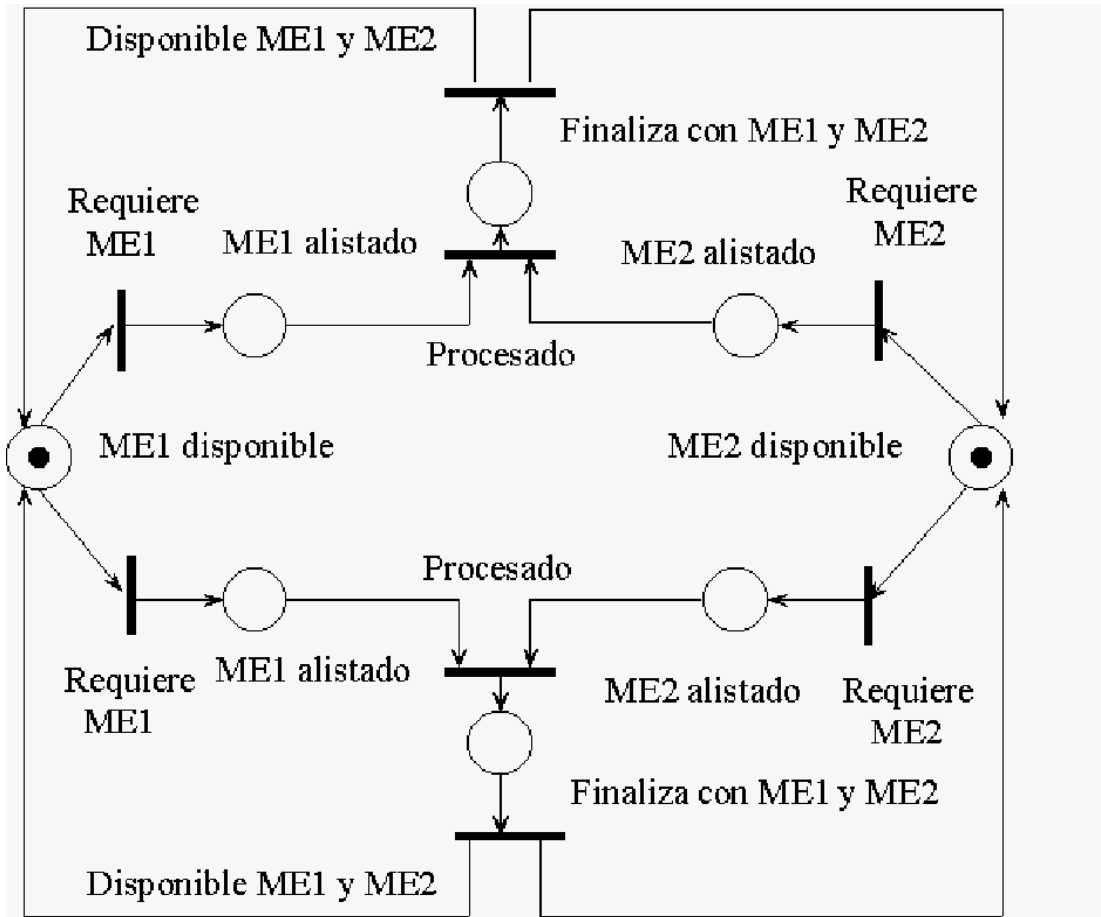


**Figura N° 9 Sistema industrial automatizado.**

En la figura N° 10 y en la figura N° 11 se observa cuando el operario 1 (op1) necesita para ejecutar su orden de trabajo los dos medios de elaboración (ME1 y ME2).

En un sistema de planificación y control de la producción orientado a manufactura integrada por ordenadores CIM (Computer Integrated Manufacturing), el transporte suele estar automatizado, es decir sin conductor humano, y los centros de mecanizado se encuentran relacionados a sistemas de ayuda de diseño y manufactura, usualmente denominados CAD/CAM.



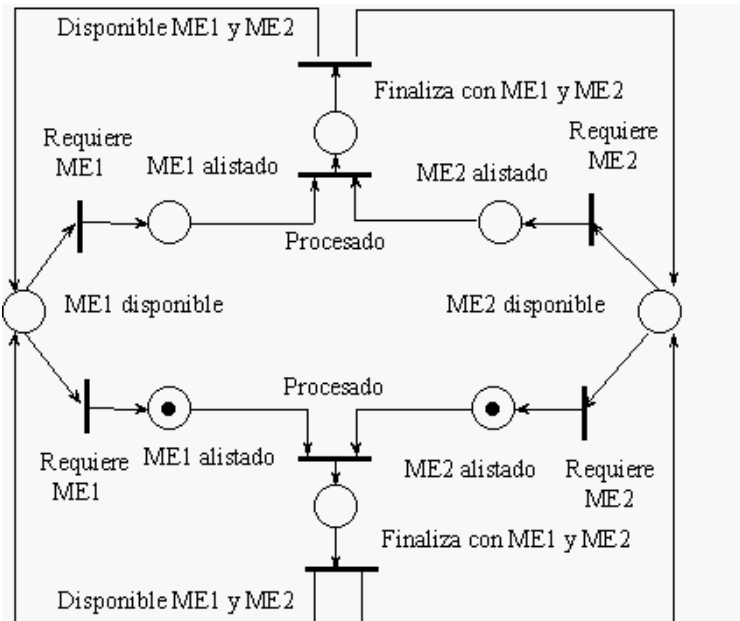


**Figura N° 10 Formalización de la red de Petri.**

Los sistemas flexibles de fabricación disponen de almacenamientos intermedios de materia prima y piezas elaboradas, localizadas en una superficie que incluye; dispositivos auxiliares, herramientas, y medios de elaboración.

En un sistema de planificación y control de la producción orientado a manufactura integrada por ordenadores, el transporte suele estar automatizado, es decir sin conductor humano, y los centros de mecanizado se encuentran interconectados a sistemas de ayuda de diseño y manufactura, comúnmente denominados CAD/CAM.

En la figura N° 12 se observa cuando el operario 1 necesita ME1 y cuando el operario 2 necesita ME2.



**Figura N° 12 Continuación de la formalización de la red de Petri.**

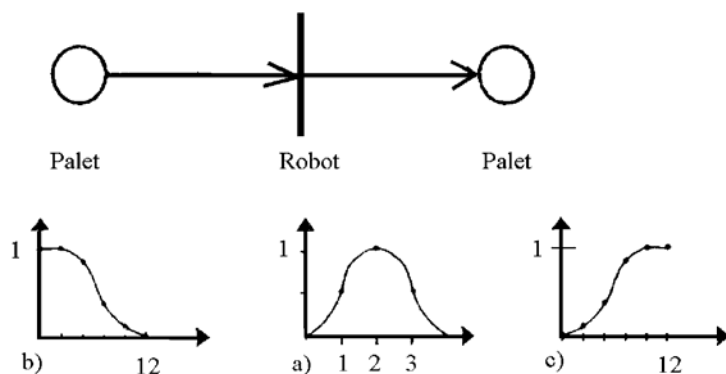
Las transiciones evaluadas en tiempo, se suelen representar mediante barras o rectángulos, significando en ese modelo las operaciones de fabricación y cuales son las incidencias tecnológicas que son necesarias en la pieza a elaborar.

Cada operación de fabricación es observada como una variable temporal asignada a una determinada fase de proceso, para la que son exigidos determinados recursos del sistema, los cuales no están disponibles para otras operaciones. La variabilidad temporal en la fabricación resulta de los distintos tiempos de ocupación de los medios de elaboración en las estaciones del proceso.

La evaluación de tiempos en la red borrosa Petri, conforma una buena estructuración de las propiedades para un diseño de modelo eficiente, sobre todo aprovechando la capacidad de los procedimientos de la elaboración en paralelo de los procesos de producción mediante la aplicación de la estrategia de ingeniería simultánea (ingeniería concurrente). Rivas, 2001.

En las redes borrosas de Petri, las ordenes de fabricación son configuradas como cadenas de lugar - transición. Fisher, 1993. El modelo de red mixto suele representar el dominio temporal de las fases mediante evaluaciones temporales borrosas.

En la figura N° 13, se observa un ejemplo de la aplicación de los conjuntos borrosos manifestados mediante la variabilidad de un robot (a) al poder manipular de 1 a 3 objetos a elaborar mediante los elementos de movimiento tomar y colocar. En el caso de los objetos a elaborar colocados sobre palet (tarimas de madera o metal), está variabilidad se observa en el caso del vaciado (b) o cargado de 12 piezas (b).



**Figura N° 13 Aplicación de los conjuntos borrosos.**

Para la descripción de las condiciones de fabricación que caracterizan la calidad se emplean lugares que cuentan con una representación borrosa. Estos lugares suelen contar con un número de marcas para mostrar la limitación de las operaciones de fabricación. Zimmermann, 1993.

Mediante la conmutación de las transiciones se origina el flujo de marcas, con el que se señala el flujo de piezas a elaborar, herramientas y dispositivos auxiliares, entre otros. En este caso se observa la influencia de la calidad de los procesos vinculada a la condición estructural del sistema productivo.

En el modelado de las condiciones de trabajo se suele diferenciar entre evaluación borrosa de los lugares y la falta de evaluación de los mismos.

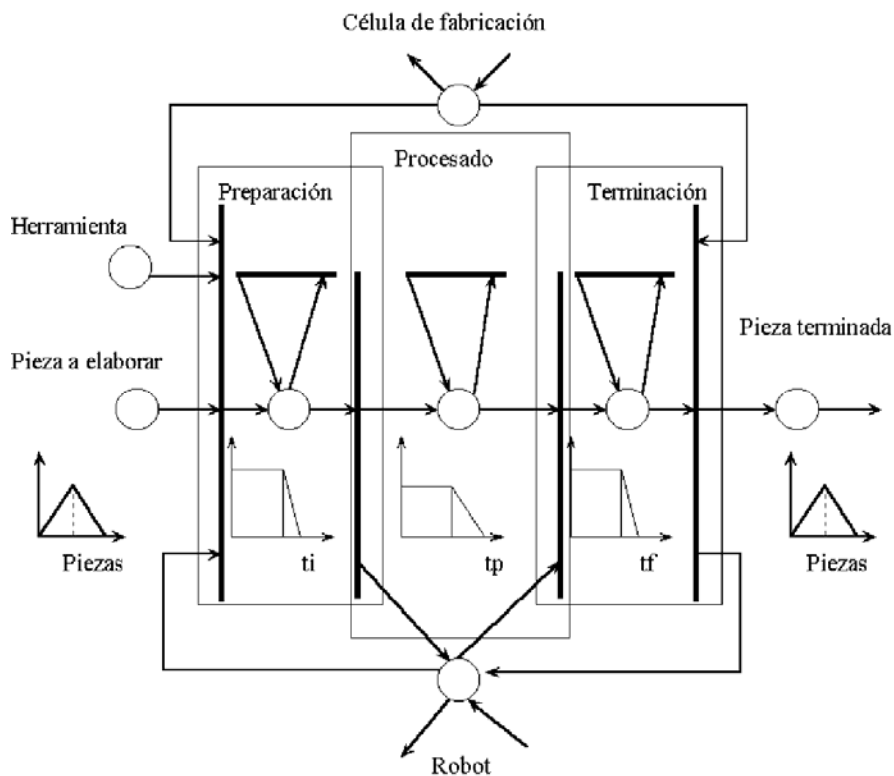
Dependiendo de la limitación de los procesos de fabricación y de la experiencia de los expertos, los correspondientes lugares y transiciones se ponderan mediante funciones de pertenencia, las que reaccionan con una alta sensibilidad a los pequeños desvíos, o bien mediante el empleo de las denominadas funciones de banda ancha, las que permiten compensar los trastornos que inciden en la fabricación.

La evaluación borrosa de algunos lugares permite, por ejemplo, una alta estabilidad del proceso mediante el acceso a las fases de operación de los medios de fabricación existentes.

Cuando se trata de manipuladores dedicados o robot se puede realizar un análisis mediante redes de Petri con un aumento de detalle de las interrelaciones del sistema de fabricación, tal como se muestra en la figura N° 14, basada en Lipp, 1993.

Las transiciones, representadas mediante barras o rectángulos, sirven para representar fases de elaboración, operaciones auxiliares, operaciones de transporte, etc. cuyas acciones conducen al cambio de estado del sistema. Los lugares, son representados como círculos que señalan situaciones tales como condiciones de trabajo, existencia de almacenes, características de calidad o tiempos de elaboración. Zimmermann, 1995.

Con la elección de las funciones de pertenencia (triángulos) para los lugares y las transiciones se puede modelar un determinado comportamiento del proceso de fabricación considerando en su estructura conceptos ergonómicos de configuración de interfases industriales complejas.



**Figura N° 14 Robotización mediante red borrosa de Petri.**

En los conceptos de automatización de los sistemas complejos de producción, se posibilita el empleo de tecnología borrosa (Fuzzy), con la finalidad de aumentar la observabilidad y controlabilidad del sistema productivo mediante el aprovechamiento de la gestión de los conocimientos implícitos. Rivas y North, 2004.

Su implementación se lleva a cabo mediante el uso de variables lingüísticas las que robustecen las redes permitiendo una capacidad de procesamiento de la información en tiempo real.

Los elementos reguladores de los sistemas complejos de producción podrían satisfacer la elevada solicitud de flexibilidad en la fabricación mediante ingeniería Fuzzy, la cual en gran parte se apoya en la introducción de nuevas tecnologías socio - productivas para lograr una mayor productividad y flexibilidad en los procesos, mediante el uso de ordenadores centrales y localizados integrados en los sistemas sociotécnicos.

La cuestión es saber si las estructuras con alto grado de automatización e informatización conducen a una mayor flexibilidad y productividad, comparando con los sistemas convencionales de producción. En otras palabras, y a modo de ejemplo comparativo, la decisión se encuentra entre la adopción de la producción delgada, auxiliada por la estrategia justo a tiempo y los principios de aseguramiento de la calidad y fabricación controlada por ordenadores (CIM) o su combinación. De todas formas las capacidades de producción deben observar siempre la calidad de la vida en el trabajo QWL (Quality of working life). North, 1997.

Es aquí que se presenta un cambio de paradigma, con sus limitaciones, que se extiende desde la estructura de producción rígida masiva a la producción flexible delgada. Por lo general una mayor flexibilidad en la manufactura exige la concurrencia, paralelización y simultaneidad de las actividades.

La realización de estas estructuras delgadas exige una adaptación a los conceptos de automatización, fundamentalmente en lo que se refiere al manejo incierto de información el empleo tecnológico relacionado al producto, fundamentalmente en el cumplimiento de los plazos de entrega y los requisitos del mismo.

Para ello existen comportamientos de realimentación basados en principios de la teoría de control. En estos comportamientos existen reglas de estado necesarias para la elección de operaciones actuales de supervisión en un modelo productivo, donde es necesaria una frecuente adaptación a la modificación de los procesos.

Este tipo de modelo es considerado como un sistema dinámico, manifestándose los efectos temporales tanto en la existencia de los materiales como en el cumplimiento de plazos. El accionamiento de las componentes locales del sistema, como ejemplo; los controles de la existencia de objetos a elaborar en los almacenamientos intermedios y en la ocupación de máquinas, necesitan de la gestión del conocimiento para considerar la información aprovechable en los sistemas socio-productivos.

### **17.- El rol de la incertidumbre en la realización de las reglas de los procesos de producción.**

El mundo real las variables de control tiene que tener en cuenta a los componentes inciertos del sistema, que la más de las veces no responden a modelos algorítmicos deterministas.

Con ayuda del concepto borroso es posible a menudo, utilizar en los procesos la expresión del lenguaje de los expertos directamente como variable lingüística, ofreciendo amplias posibilidades en la realización de las reglas de procesos de fabricación orientados a estructuras de producción delgada (Lean Production) en forma similar al funcionamiento de los productos industriales apoyados en lógicas neuronales borrosas (Neuro Fuzzy Logic).

De este modo se pueden llevar a cabo distintas posibilidades de operaciones de control para cantidades inciertas, de forma tal que se pueda compensar la línea de producción debido a las variaciones existentes de su carga, clasificada en una primera aproximación como excesiva, normal o baja, debido a trastornos condicionados o no por el proceso de producción.

La función matemática de pertenencia de cada una las operaciones agrupadas según determinadas cantidades inciertas, permite expresar una posibilidad de ponderación de las reacciones vinculadas a un estado. Su aplicación tiene que observar en los proyectos un balance entre la entropía y la redundancia de las informaciones para que el objeto sea controlable con un óptimo rendimiento, buena confortabilidad y alta seguridad para el operador humano.

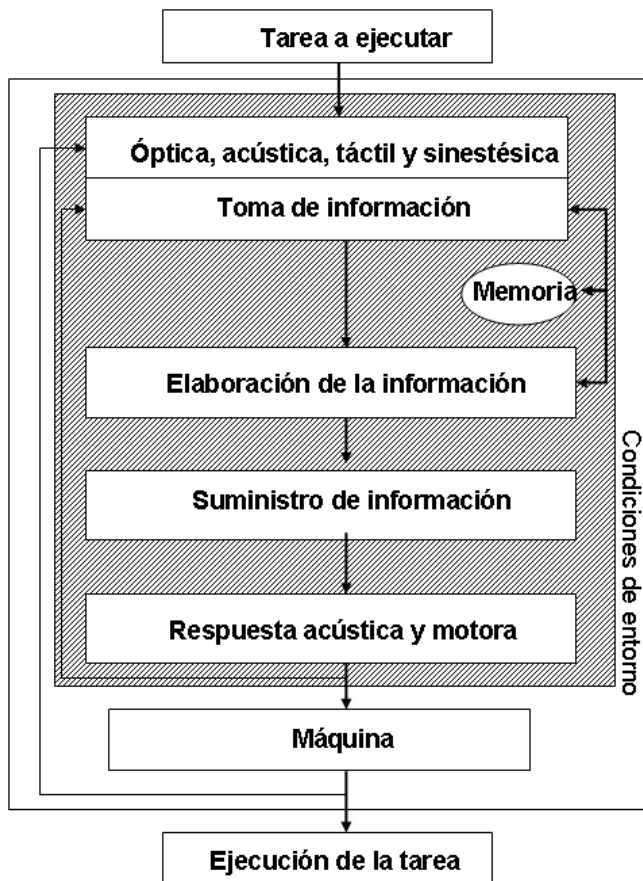
Otro tópico importante es la formulación de la incertidumbre de los objetivos de producción, es decir las cantidades borrosas que se distribuyen con una multiplicidad de carácter exponencial en la gestión de los dispositivos de control local. Es en estos casos donde las reglas prioritarias de la gestión operativa pueden ser dinamizadas mediante el uso de conjuntos borrosas.

La dificultad de determinar algunos criterios parciales de calidad, como la expresión de valores planificados, se manifiestan por ejemplo, en la existencia óptima de almacenamiento, tiempo mínimo de recorrido, óptimo grado de utilización de máquinas, etc.

Los procesos de fabricación son considerados por la red borrosa de Petri como un sistema con funcionamiento en paralelo que depende de la situación de la orden de trabajo y de la disponibilidad de los recursos del sistema. Esto permite fijar las reglas de los procesos de producción considerando la utilización de las reservas de flexibilidad en el instante y en la secuencia de las operaciones demandadas de elaboración.

## 18.- Facilidad en la utilización del sistema hombre – máquina – entorno (SHME).

La facilidad en la utilización de los sistemas técnicos complejos, como el analizado, afecta directamente a la efectividad del sistema productivo. Es por ello decisivo, adaptar de la mejor manera posible las capacidades y características del operador humano. En éste caso, debido a la complejidad del sistema a controlar y al nivel de responsabilidad, la manipulación de la máquina tiene que tener en cuenta la toma, elaboración y suministro de información. La figura N° 15, basada en Mussgnung y Meyer, 2003, esquematiza las relaciones de funcionamiento entre el hombre y la máquina. Este principio fue utilizado para mejorar el diseño ergonómico de un sistema técnico médico.

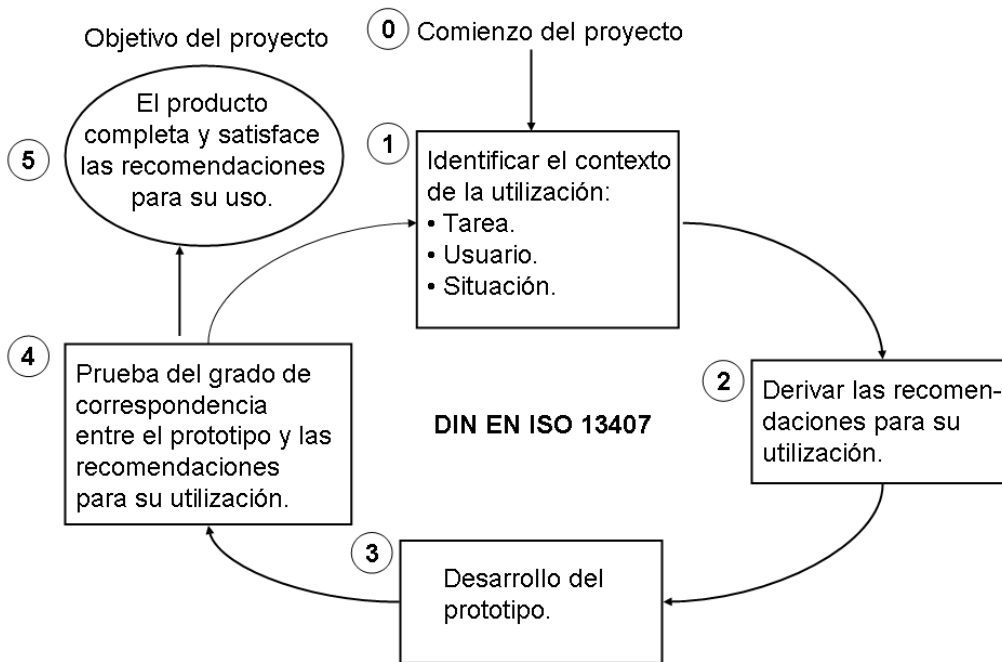


**Figura N° 15 Relaciones de funcionamiento entre el hombre y el medio de elaboración.**

Para la operación de funcionamiento normal de los medios de elaboración automatizados y la percepción de los potenciales riesgos, es necesario que el operador humano desarrolle un marco mental sobre el funcionamiento del sistema productivo. La finalidad del diseño ergonómico queda establecida por la interfase entre los distintos modos de operación del sistema, el marco conceptual que tiene el operador y la relación de la carga de trabajo y el esfuerzo correspondiente para llevarlo a cabo. En función del aumento de conocimientos y experiencias se puede exteriorizar comportamientos intuitivos seguros en las tareas de supervisión.

En cada fase del desarrollo del diseño ergonómico, se pueden aplicar distintos prototipos y modelos de simulación. Estas consideraciones organizativas y adaptativas de los softwares de operación

forman parte de la mejora en la facilidad de utilización de la totalidad del sistema (DIN ISO EN 13407: Configuración interactiva del sistema orientada al usuario). Figura N° 16.



**Figura N° 16 Modelo de diseño de prototipos.**

La incertidumbre en la conducción operativa de los sistemas productivos se manifiesta en la alta variabilidad de los tiempos de espera de las piezas en los almacenamientos intermedios y en los tiempos de ocupación de los medios de elaboración (ME) o a través del uso de los recursos globales de fabricación. Por lo general el tiempo de recorrido total del material tiene una influencia de los trastornos condicionados y no condicionados por el proceso, donde resultan importantes tanto la configuración ergonómica de carácter informativo (orgware) como el uso de software adaptable a las características del operador humano. La aplicación de estos sistemas sociotécnicos en el área de producción define la tarea.

La relación de cantidad de trabajo sobre las capacidades, hombre y medio de elaboración, determina si el denominado factor humano funciona como una extensión de la máquina, cumpliendo una función residual en el proceso automatizado o que el objeto productor, como herramienta, es una extensión que sirve para complementar la capacidad y aptitud humana.

Mediante las reglas borrosas de Petri se puede proyectar y configurar un mejor empleo de los recursos del sistema mediante la asignación de lugares y transiciones, en donde las condiciones de trabajo pueden ser evaluadas mediante conjuntos lógicos borrosos (Fuzzy Logic Set) y las redes de Petri en directa relación con las ordenes de trabajo generadas en el ámbito industrial. Los errores humanos se manifiestan con mayor frecuencia en las de diseño, durante la puesta en marcha del nuevo sistema o en los momentos que se efectúa el mantenimiento. En estos sistemas complejos ya se considera como condición necesaria la profundización de los análisis ergonómicos desde la fase de diseño hasta el total y normal funcionamiento de los mismos.

## 19.- Facilidad de uso y satisfacción en la oferta de productos complejos.

Las condiciones bajo las que se desarrollan los nuevos productos, denominado inteligentes o complejos, por fuerza de la competencia existente en el mercado, exigen una mayor velocidad en la concepción y desarrollo. Por lo general en la primera fase del desarrollo, debido a la gran cantidad y variedad de magnitudes condicionantes, se cuenta con el denominado tiempo de planificación a ciegas, el que puede ser reducido por la complementación de la realidad virtual y el empleo de prototipos rápidos. En estos casos es muy importante la cuantificación de las discrepancias entre los rendimientos de ambos modelos.

Algunos aspectos ergonómicos que se observan en los diseños de sistemas inteligentes, se manifiestan en la industria automotriz, donde se conjugan las zonas anteriormente descritas. Las ventajas ergonómicas se manifiestan en la productividad, la calidad, la salud, la seguridad y la satisfacción del ser humano con el trabajo o el producto como así también con el desarrollo personal.

Los nuevos sistemas de ayuda en la conducción de los automotores, si bien por un lado reducen la carga de la actividad física de la conducción del vehículo por el otro producen un aumento de la actividad mental, donde el flujo de información a controlar es de significación. Por ejemplo la programación de estos sistemas inteligentes.

La consideración de criterios ergonómicos que tengan en cuenta la amplia gama de operaciones a ser asistida debe dejar al descubierto aquellos puntos débiles en la estructuración de la interfase entre el hombre y la máquina del modelo.

La oferta en la ampliación de la información adicional, útil para resolver determinadas situaciones de manejo, los indicadores de alarmas en consonancia con las prioridades y los tipos de indicadores que informan sobre distintas situaciones automatizadas, son algunas de las tareas a ser resueltas por la ergonomía mediante la formulación de modelos que permitan por ejemplo ponderar la confortabilidad que ofrece el diseño de la interfase entre el operador humano y el objeto o sistema a controlar.

La consideración del uso de sistemas lógicos neuronales y borrosos (Neuro-Fuzzy-Logic), tan en boga en los productos que aprenden, tales como lavarropas, videocámaras, etc., tienen cada vez más aplicación en la determinación de la fuerza y forma de frenado del automotor de acuerdo a las características del suelo como así también en los denominados sistemas de ayuda a la navegación y los sistemas de regulación de distancia.

En correspondencia con lo anteriormente citado, se pueden considerar dos hipótesis:

1ª. El contar con la ayuda de sistemas asistentes de ayuda y sistemas de comunicación e información produce una sobrecarga en la actividad del conductor debido a la superposición de los mismos. Véase la figura N° 17.



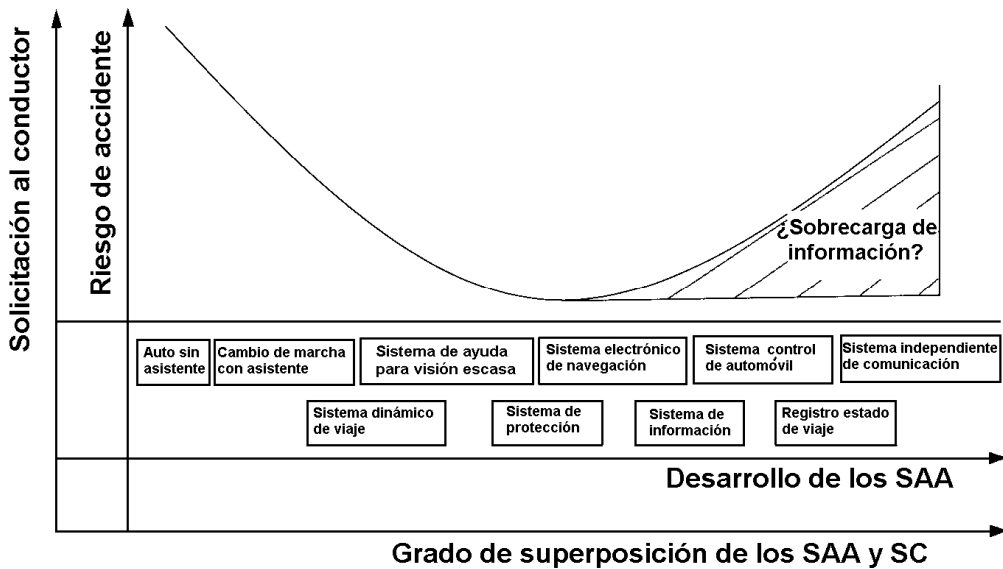


Figura N° 17 Primera hipótesis.

2ª. Mediante la ayuda de un sistema de gestión de diálogos, el conductor del vehículo es protegido de la sobrecarga mencionada en la primera hipótesis. Puede ser llevada a cabo una actividad parcial desarrollada por un sistema copiloto experto (inteligente) o por una actividad totalmente automatizada. Véase la figura N° 18.

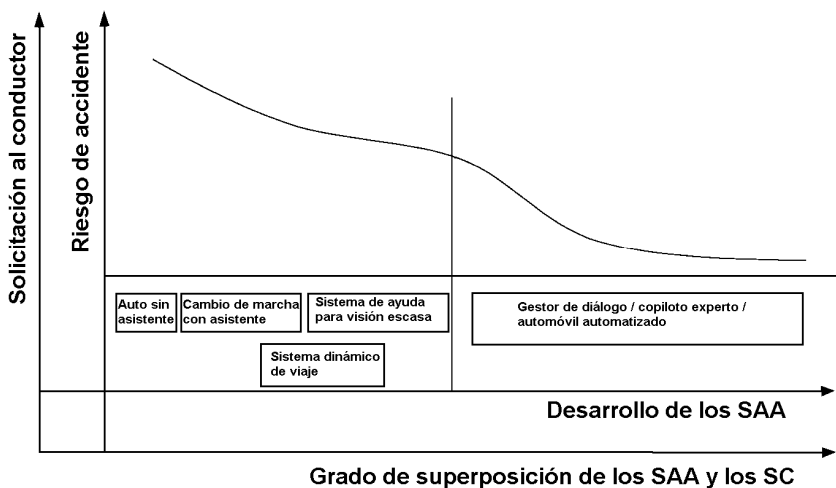


Figura N° 18 Segunda hipótesis.

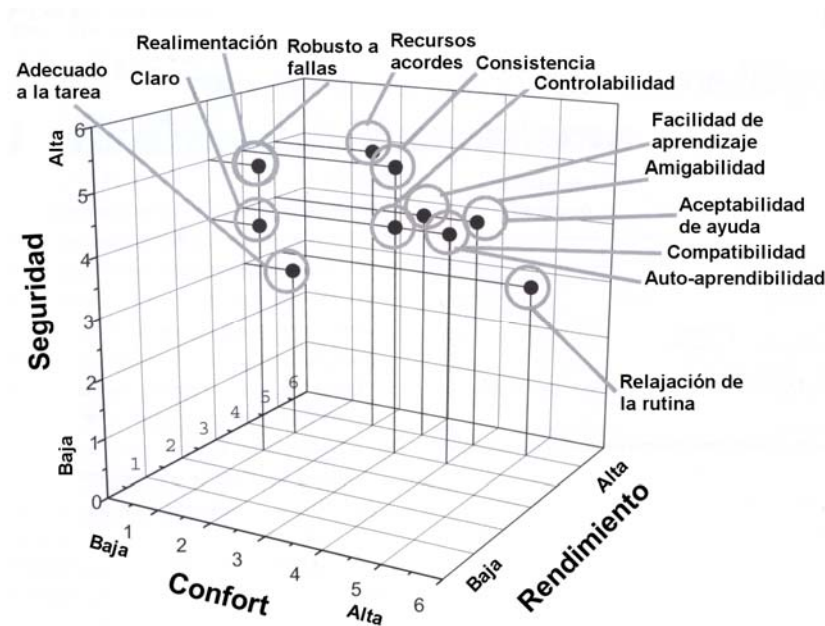
Para la comprobación de ambas hipótesis de deben ponderar las características de las dos interfases del sistema hombre-máquina, fundamentalmente aquellas actividades que tienen que ver con el marco mental del chofer con sus elementos de instrumental y control, y la optimización ergonómica

de los mismos. Estos criterios son los que hace a una mayor facilidad de uso del producto. No obstante en las experiencias con helicópteros y aviones que cuentan con sistemas de piloto automático, de los denominados con control transparente, es decir que el operador humano produce ajustes en vuelos sin desconectar el piloto automático

Por lo general se espera que un sistema asistente de ayuda (SAA) alivie al chofer de las tareas rutinarias. Para ello se deben cumplir algunas condiciones mínimas en los criterios de compatibilidad, aceptación y consistencia. También es importante contar con los recursos acordes para poder sobrellevar la sobrecarga de información. Ergonómicamente la satisfacción de estos y otros requisitos adicionales se corresponden con los criterios de una mayor facilidad en el uso. Jordan, 1998.

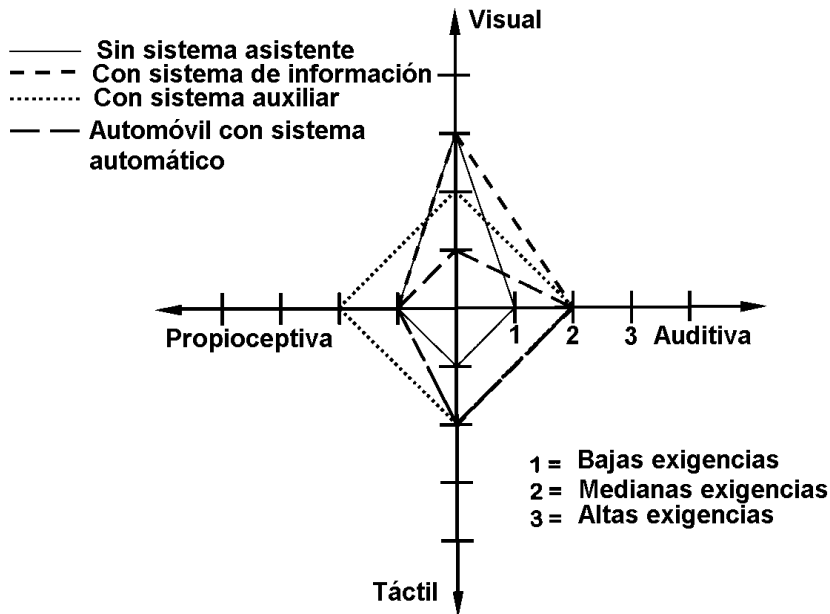
Para la persona que conduce el automóvil es imprescindible contar con la realimentación, de lo que está pasando con el sistema, y una información clara que le permita tomar decisiones controlables. Otras de las características con que tiene que contar el sistema es el ser lo suficientemente confiable y robusto con las probables fallas.

A esto se suman las consideraciones de configuración antropométrica e informativa, los estilos del modelo y el contar con una codificación que facilite el ingreso en el mercado globalizado. A continuación se tiene un resumen del estudio realizado por Landau, 2002, sobre el cual se continuó bajo su dirección un estudio sobre confortabilidad, Rivas, 2003, teniendo en cuenta el ordenamiento de los criterios de facilidad de uso. Para ello adopta los siguientes tres criterios; seguridad, rendimiento ofrecido por el producto y confort basado en la evaluación de seis expertos. En la figura N° 19.



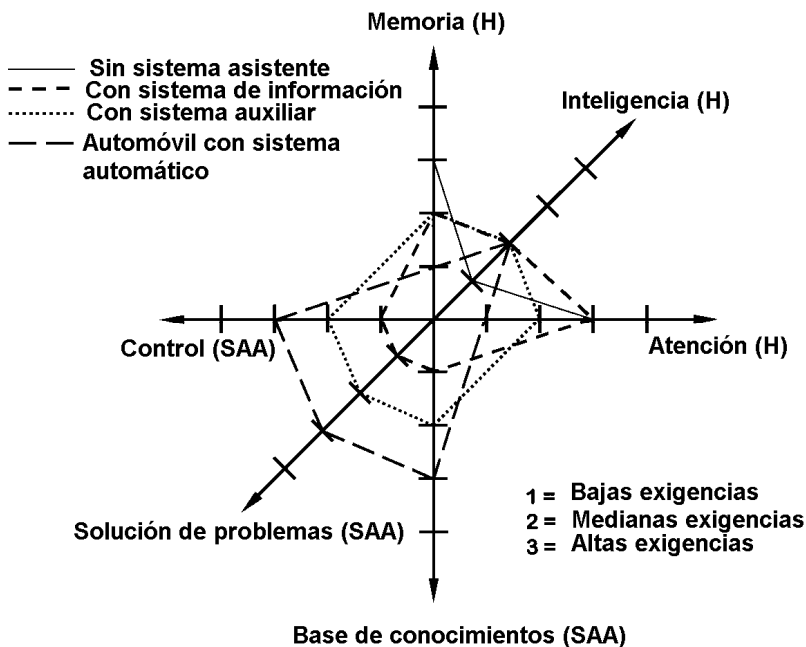
**Figura N° 19 Ordenamiento de los criterios de facilidad de uso.**

Las exigencias de los órganos de los sentidos, manifiestan su importancia en la característica de los recursos. Entre los elementos que forman parte de estos recursos se cuenta con la observabilidad visual, auditiva, propioceptiva y táctil. Figura N° 20.



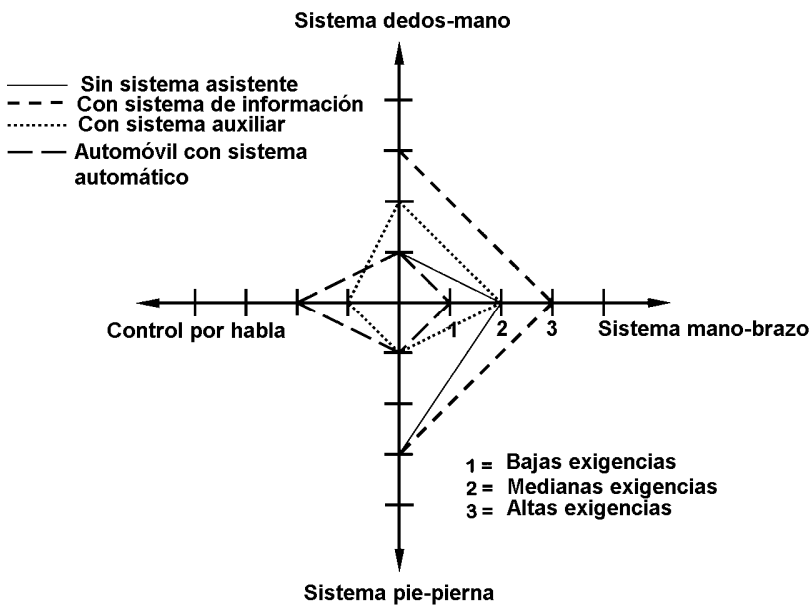
**Figura N° 20 Perfil de exigencias de la adquisición de información por parte del hombre.**

En la introducción de los sistemas asistentes de ayuda, se produce un desplazamiento de exigencias respecto a las de una interfase convencional, produciéndose un perfil de exigencias en función de elaboración de la información en correspondencia con la memoria, la inteligencia y la atención por parte del hombre (H), y el control, la base de conocimientos y la posibilidad de solucionar dificultades por parte de los sistemas asistentes (SAA). Figura N° 21.



**Figura N° 21 Perfil de exigencias en el proceso de elaboración de la información.**

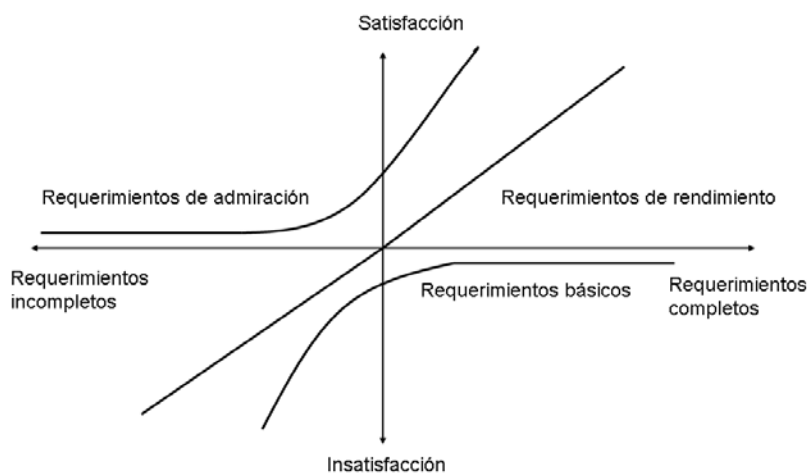
En las actividades de conducción del automóvil, las exigencias se observan en todos aquellos elementos que necesitan de la decisión del factor humano, mediante el sistema psicomotoreos dedos-mano, mano- brazo, pie-pierna y control por habla. Figura N° 22.



**Figura N° 22 Perfil de exigencias en el proceso de conducción del sistema.**

Normalmente la satisfacción del usuario de un producto está relacionada con una cuantificación de los requisitos que él mismo espera satisfacer. El caso totalmente inverso se observa en la ponderación de la insatisfacción. Estudios sobre el tema, fueron desarrollados por Zanger y Baier, 1998, Homburgh y Rudolph, 1977, y Bailon et al., 1996, que se plantean en el desarrollo del modelo de Kano mediante la descripción de tres zonas de estimación. Figura N° 23.

- Zona de requerimientos básicos. Esta zona está definida por las características del rendimiento del producto, los que no conducen a elevar la satisfacción del cliente. No obstante, si no se pueden llegar a obtener, determinan una insatisfacción extrema por el producto
- Zona de requerimientos de rendimiento. Esta zona se corresponde en forma lineal con los niveles de satisfacción e insatisfacción, es decir que se observa una proporcionalidad que es función del rendimiento ofrecido por el producto.
- Zona de requerimientos de admiración. Se trata de la zona que comprende determinadas características en el rendimiento ofrecido por el producto, los que no se han explicitado con anterioridad. Estas características inesperadas, producidas por una innovación causan emocionalmente una agradable sorpresa en el cliente. En el caso que estos requerimientos inesperados no existan, no generan una ponderación negativa del producto.



**Figura N° 23 Modelo de Kano.**

## 20.- Bibliografía

Baier, G.; Weinand, W.: 2002. Die Kano-Analyse zur Anforderungs-segmentierung für Vertragshändler. Zeitschrift für Automobilwirtschaft –ZfAW. Wolfgang Meinig (Hrsg.). 5. Jahrgang. Heft Nr. 3. P. 51: 53.

Biehl, B.: 1993. Vorgaben an die Verkehrsplanung – Anforderungen an den Menschen (aus psychologischer Sicht), in: Lang, E.; Arnold, K. (Hrsg.): Der Mensch im Straßenverkehr, Stuttgart. P. 113 : 122.

Cushman, W. H.; Rosenberg, D. J.: 1991. Human factors in product design. Amsterdam. Elsevier.

Fisher, B.: 1993. Ein Werkzeug zur auftragsbezogenen Generierung von Fuzzy Petri-Netz. Modellen einer Fertigungssteuerung, in ; VDI Berichte 1035. P.91:108.

Hering, E.; Gutekunst, U.; Dyllong, U.: 1995. Informatik für Ingenieure. VDI Verlag. P. 283: 284.

Johnsonbauch, R.: 1988. Matemáticas discretas. Grupo Editorial Iberoamérica. P. 313: 323.

Jordan, P. W. (1998): An introduction to usability, London 1998.

Landau, K.: 2002. Kurt Landau usability – Kriterien für intelligente Fahrerassistenzsysteme. Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft (ZfAW), Heft. Nr. 3/2002. ISSN 1434-1808. FAW Verlag Bamberg.

Lipp, H.-P.: 1993. Ein Fuzzy-Konzept für die Produktionssteuerung in Fertigungs- und Montagesystemen. P. 29: 40. Fuzzy: Mehr flexibilität in der Produktionslogistik. Tagung Köln, 28. Januar 1993. VDI-Berichte 1035.

Laurig, W.: 1990. Grundzüge der Ergonomie. Erkenntnisse und Prinzipien. REFA Fachbuchreihe Betriebsorganisation. Beuth Verlag GmbH.

- Mulder, G.: 1980. Man as a Processor of Information. *Psychologie heute*. P. 21:27.
- Mussgnug, J; Meyer, O.: 2003. Verbesserung der ergonomie bei medizintechnischen System. Forschungsarbeit. Institut für Arbeitswissenschaft (IAD) Technische Universität Darmstadt.
- North, K.: 1997. Localizing global production: Know-how transfer in international manufacturing. International Labour Office. Geneva. P. 31:39.
- North, K; Rivas, R. R.: 2004. Gestión empresarial orientada al conocimiento: Creación del valor mediante el conocimiento. Editorial Dunken. P. 50:56.
- Petri, C. A.: 1962. Kommunikation mit Automaten. Schriften des Institutus für Instrumentelle Mathematik, Bonn, 1962.
- Popper, K.: 1974. In P. A. Schlipp (Ed.). *The Philosophy of Karl Popper*. La Salle. Illinois.
- Rivas, R. R.: 2001. Ergonomía y desarrollo. Integración de los factores socioproductivos en la gestión. Editorial Dunken. P. 67:69.
- Rivas, R. R.: 2003. Analyse der Ansätze des Begriffs Komfort. Literaturanalyse, Auswahl eines geeigneten Ansatzes und Modifikation zu einer Komfortmetrik. Institut für Arbeitswissenschaft (IAD). TU-Darmstadt. Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD). Von 15te. April bis 14te. Juli.
- Rivas, R. R.; North, K.: 2004. Redes borrosas de Petri: Una orientación proyectual a la producción industrial. Jornadas de la Facultad de Bellas Artes. Universidad Nacional de La Plata. 22 y 23 de octubre.
- Rivas, R. R.; 2007. Ergonomía en el diseño y la producción industrial. Editorial Nobuko.
- Singleton, W. T.: 1982. *The body at work. Biological Ergonomics*. University Press. Cambridge.
- Schlick, Ch; Reuth, R.; Luczak, H.: 1998. Modellbasierte Gestaltung von Benutzungsschnittstellen autonomer Produktionszellen. Herbstkonferenz. Mensch-Maschine-Schnittstellen. Heausgeber. Kurt Landau. 7te. Bis 9te. Oktober. P. 172: 177.
- Zimmermann, H. J.: 1980. *Mathematical Modeling 1*. P. 123-139.
- Zimmermann, H. J.: 1985. *Fuzzy Set Theory and Ist Applicatios*. Kluwer-Nijhoff Publishing. Boston.
- Zimmermann, H. -J.: 1993. Fuzzy Technologien. Prinzipien, Werkzeuge, Potentiale. VDI-Verlag. P. 143: 151.
- Zimmermann, H.-J.: 1995. Datenanalyse. Anwendung von Data Engine mit Fuzzy Technologien und Neuronalen Netzen. VDI-Verlag. P. 83:85.
- Zadeh, L. A.: 1973. Man and Cybernetics. *IEEE Transactions on Systems*. SMC-3. Pp. 28-44.

Zadeh, L. A.: 1974. ERL Memo M-474. University of California, Berkeley, 1974.