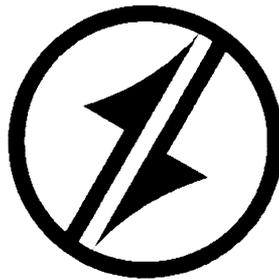


**CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES**

2

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**RED NEURONAL PARA LA FORMACION DE GRUPOS TECNOLOGICOS  
APLICADA A LA INDUSTRIA TEXTIL**

**POR**

**ELIAS GABRIEL CARRUM SILLER**

**TESIS  
EN OPCION COMO MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON  
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE MANUFACTURA**

**SALTILLO COAHUILA A 22 DE JUNIO DE 2005**

**Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.**  
**Gerencia de Desarrollo Humano**  
**División de Estudios de Postgrado**

Los miembros del Comité Tutorial recomendamos que la Tesis Red neuronal para la formación de grupos tecnológicos aplicada ala industria textil, realizada por el alumno Elias Gabriel Carrum Siller matrícula 0206IM3010 sea aceptada para su defensa como Maestro en Ciencia y Tecnología con Especialidad en Ingeniería Industrial y de Manufactura.

El Comité Tutorial



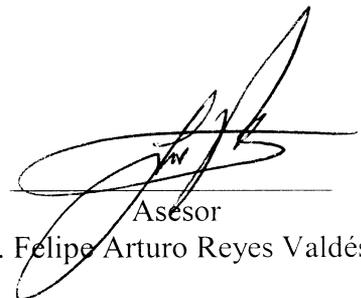
Tutor Académico

Dr. Mario Cantú Sifuentes



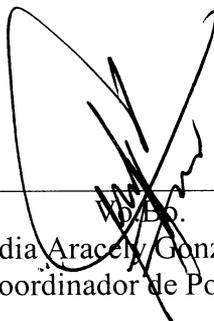
Tutor en Planta

Ing. Alberto Reyna Pérez



Asesor

Dr. Felipe Arturo Reyes Valdés

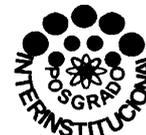


M.C. Claudia Aracely González Rodríguez  
Coordinador de Posgrado



COMIMSA

Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



CIENCIA Y  
TECNOLOGIA

**COMIMSA**  
**Saltillo; Coahuila.**

Los abajo firmantes, Tutor Académico y Asesores del alumno **Elías Gabriel Carrúm Siller** una vez leída y revisada la Tesis titulada **“RED NEURONAL PARA LA FORMACION DE GRUPOS TECNOLÓGICOS APLICADA A LA INDUSTRIA TEXTIL”**, aceptamos que la referida tesis revisada y corregida sea presentada por el alumno para aspirar al grado de Maestría en Ciencia y Tecnología en la opción terminal de **Ingeniería Industrial y de Manufactura** durante el Examen de Grado correspondiente.

Y para que así conste firmamos la presente a los 30 días del mes de Junio del año dos mil cinco.

Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos

Presidente

Dr. Felipe Arturo Reyes Valdés

Secretario

M.C. Ernesto Liñán García

Vocal

Dr. Ernesto Vázquez Martínez

Vocal

Dr. Mario Cantú Sifuentes

Vocal

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero expresar mi agradecimiento*

*A mis padres por brindarme un hogar cálido y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.*

*A mi tutor Dr. Mario Cantú por todas las horas perdidas y sus enseñanzas.*

*A mi asesor Dr. Arturo Reyes.*

*A mi tutor de planta el Ing. Alberto Reyna.*

*A la Ing. Claudia González.*

*A mis compañeros por su continuo y afectuoso aliento.*

*A mis maestros por sus enseñanzas*

*A la coordinación de posgrado.*

*Por último, quisiera agradecer a todo el mundo que de una forma u otra ha estado implicado en el desarrollo de este trabajo, su paciencia y apoyo.*

*Gracias a todos y a los demás también.*

## Prologo

El objetivo principal de la presente tesis es brindar ayuda a las pequeñas y medianas empresas de la localidad ayudándolas con la distribución de planta y operaciones siendo este un problema para ellas. La principal filosofía encontrada para la solución de problemas de distribución fue la de grupos tecnológicos.

En esta tesis se describe las diferentes técnicas para la formación de grupos tecnológicos, una vez que se han descrito las técnicas se hace una comparación entre ellas para determinar la eficiencia de cada una de ellas.

También se desarrolla un programa computacional basado en redes neuronales para la formación de grupos tecnológicos.

## CONTENIDO

INDICE ILUSTRACIONES.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
<b>1.- INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTEXTO: LA INDUSTRIA TEXTIL.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DE PLANTA Y OPERACIONES.....	2
1.3 PROBLEMÁTICA.....	8
<b>2.- REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
2.1 TÉCNICAS CLÁSICAS.....	10
2.2 SISTEMAS INTELIGENTES.....	13
<i>Redes Neuronales</i> .....	13
<i>Sistemas Basados en el Conocimiento (Knowledge Based Systems)</i> .....	19
<i>Sistemas Basados en Casos (Case Based system)</i> .....	20
<i>Algoritmos Genéticos</i> .....	21
<i>Lógica Difusa (Fuzzy Logia)</i> .....	22
<b>3.- ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>28</b>
3.1 GRUPOS TECNOLÓGICOS.....	28
3.2 REVISIÓN DE TÉCNICAS PARA LA FORMACIÓN DE GRUPOS TECNOLÓGICOS.....	31
3.2.1 <i>Formulación matricial</i> .....	32
3.2.2 <i>Formulación matemática</i> .....	36
3.2.3 <i>Redes neuronales (ART)</i> .....	39
<i>Criterios de eficiencia</i> .....	43
<b>4.- METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	46
<b>5.- RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
CREACIÓN DE LAS CELDAS .....	47
<b>6.-CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>1</b>

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	46
<b>5.- RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
CREACIÓN DE LAS CELDAS .....	47
<b>6.-CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>1</b>

## INDICE ILUSTRACIONES

FIGURA 1 DISPOSICIÓN INICIAL DE LA PLANTA.....	3
FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO .....	4
FIGURA 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PANTALÓN .....	6
FIGURA 4 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL .....	8
FIGURA 5 RED NEURONAL ARTIFICIAL TÍPICA (BERCKE2003).....	14
FIGURA 6 RED NEURONAL (BERCKE2003).....	15
FIGURA 7 LA SINAPSIS (BERCKE 2003).....	15
FIGURA 8 RED NEURONAL ARTIFICIAL .....	17
FIGURA 9 ARQUITECTURA DE UN KBS. (PACHECO 2003).....	19
FIGURA 10 EVOLUCIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA (BERMÚDEZ 2001).....	23
FIGURA 11 FUNCIÓN DEL CONJUNTO DIFUSO (BERMÚDEZ 2001).....	23
FIGURA 12 CONJUNTOS DIFUSOS PARA LA ALTURA DE UNA PERSONA.....	25
FIGURA 13 CONJUNTOS CRIPS PARA LA ALTURA DE UNA PERSONA.....	26
FIGURA 14 ESQUEMA DEL CRITERIO DE VISUALIZACIÓN .....	31
FIGURA 15 MATRIZ DE GRUPOS MUTUAMENTE SEPARABLE .....	33
FIGURA 16 MATRIZ DE GRUPOS PARCIALMENTE SEPARABLES .....	33
FIGURA 17 GRAFICA DE SIMILITUD ENTRE OPERACIONES.....	35
FIGURA 18 RED TIPO ART. ....	39
FIGURA 19 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTA A UTILIZAR .....	45
FIGURA 20 MATRIZ DE INCIDENCIA INICIA.....	48
FIGURA 21 MATRIZ DE INCIDENCIA FINAL .....	49

FIGURA 22GRAFICA DE EFICIENCIA DE RED NEURONAL.....	50
FIGURA 23 SIMULACIÓN DE PLANTA COMO SE ENCUENTRA EN LA ACTUALIDAD.....	53
FIGURA 24 SIMULACIÓN DE PLANTA CON LA APLICACIÓN DE GRUPOS TECNOLÓGICOS .....	54
FIGURA 25 COMPARACIÓN DE SIMULACIONES .....	54
FIGURA 26 ANÁLISIS DESCRIPTIVOS PARA TIEMPOS NORMALES .....	55
FIGURA 27 ANÁLISIS DESCRIPTIVOS PARA TIEMPOS NORMALES .....	56

## Índice de tablas

TABLA 1 OPERACIONES DE CONFECCIÓN DE CAMISA .....	5
TABLA 2 OPERACIONES CONFECCIÓN DE PANTALÓN .....	7
TABLA 3 RANGO DE ESTATURAS .....	25
TABLA 4 RESULTADOS OBTENIDOS.....	51
TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS.....	52

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1 Contexto: la industria textil.

En México existen diferentes tipos de industrias, entre éstas: la automotriz, farmacéutica, del papel, alimentos, plásticos y textil. Dentro de ésta última se incluye el denominado sector de la confección. A éste sector pertenecen todas las empresas cuyos principales productos son, entre otros: prendas de vestir, uniformes militares y deportivos, prendas complementarias y de uso domestico, artículos de lona y otros productos confeccionados en serie.

Dentro del sector de la confección existen dos tipos de materias primas, la primera de ellas es la básica, la cual se compone de tejidos, fibras e hilos de coser, cueros curtidos, etc. la materia prima auxiliar, que se compone de: botones, cremalleras, encajes, adornos, hebillas, y todas aquellas que permiten diseñar o producir el vestido (Rodríguez, 2000).

Cabe destacar que durante los últimos años, la industria textil se ha caracterizado por su acelerado crecimiento. Prueba de esto son los siguientes datos, proporcionados por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) (INEGI, 2003): en el año 1997 el Producto Interno Bruto generado por ésta industria creció un ocho por ciento y aportó más del 11 por ciento al sector de manufactura. Se estima que actualmente 900 mil personas laboran en compañías textiles en la República Mexicana. Además, el sector textil es de los que más ha invertido en bienes de capital, donde se adquirió maquinaria por 577 millones de dólares a fin de volverse competitivos y poder abastecer los mercados de Estados Unidos y estar en posibilidad de entrar al de Europa. En México hay 2 mil 870 empresas confeccionistas y genera 180 mil empleos. Aunado a esto, hay poco más de 12 mil 800 empresas que en su

conjunto generan más de 700 mil empleos. Ésta es la industria que más empleos ha generado en los últimos tres años.

Sin embargo, las pequeñas fábricas o talleres carecen de infraestructura y soporte técnico que les permita seguir éste ritmo de crecimiento. Como consecuencia, muchas de ellas optan por retirarse del mercado. Para éste sector se enfoca el presente trabajo; aunque los resultados que se obtienen son de aplicación general. Como estudio de caso se seleccionó una pequeña empresa familiar.

## **1.2 Descripción de planta y operaciones.**

El presente trabajo de tesis se desarrolló en la fábrica Karrum Yunes, dedicada a la producción de artículos textiles, en particular pantalones y camisas. Ambos utilizan como principal materia prima la mezclilla.

La planta en cuestión funciona en un turno de 8 horas diarias, cinco días a la semana. Actualmente emplea a 40 operarios y sus procedimientos son controlados por el propietario. En la Figura 1 se muestra la disposición inicial de la planta. En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso de confección de camisas; mientras que en la Tabla 1 se describen las operaciones involucradas. Así mismo, en la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo del proceso de confección de pantalones y en la Tabla 2 se describen las operaciones correspondientes. Dada la naturaleza del presente trabajo, la simbología usada en los diagramas de flujo es la usual en el entorno de la programación.

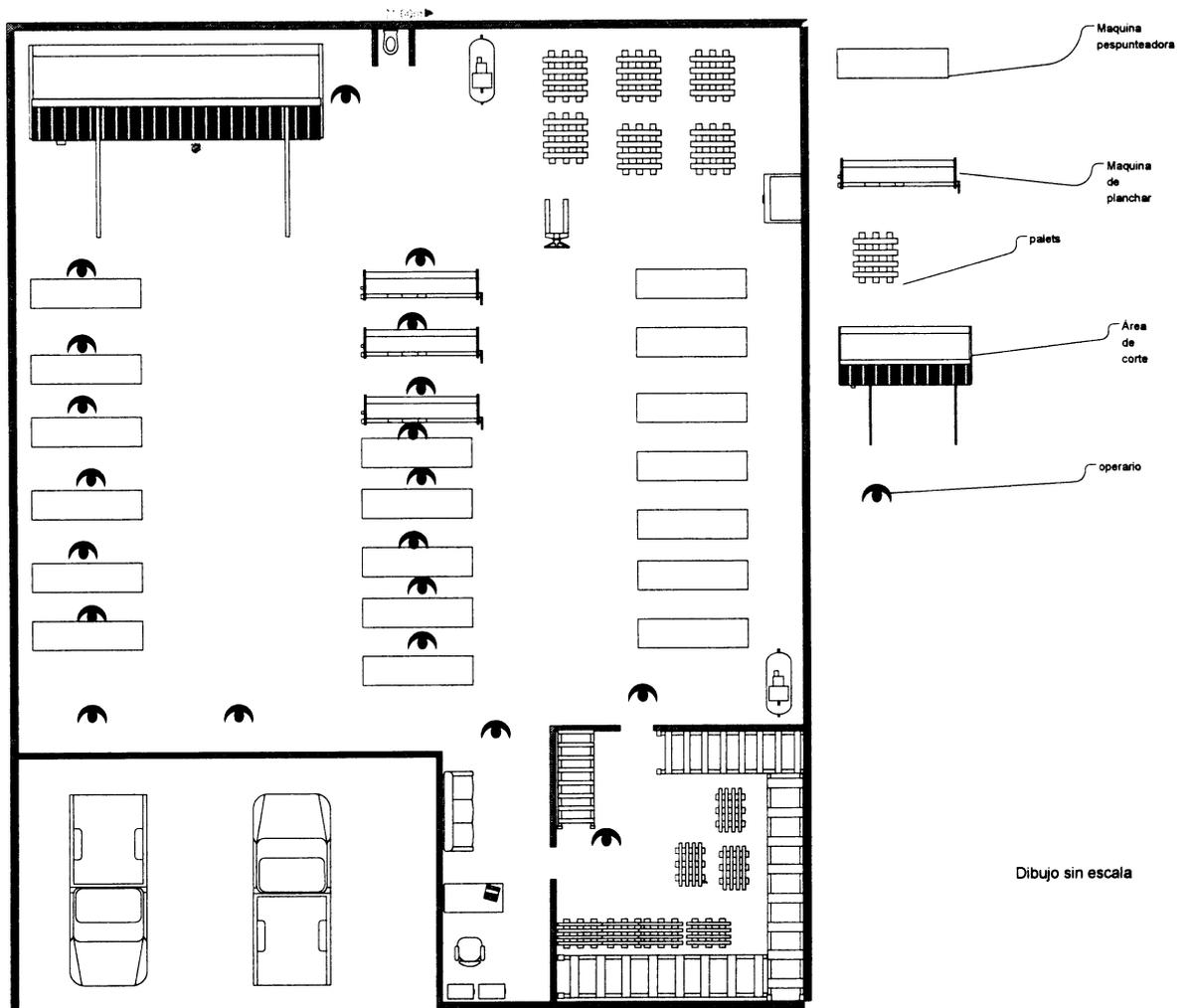
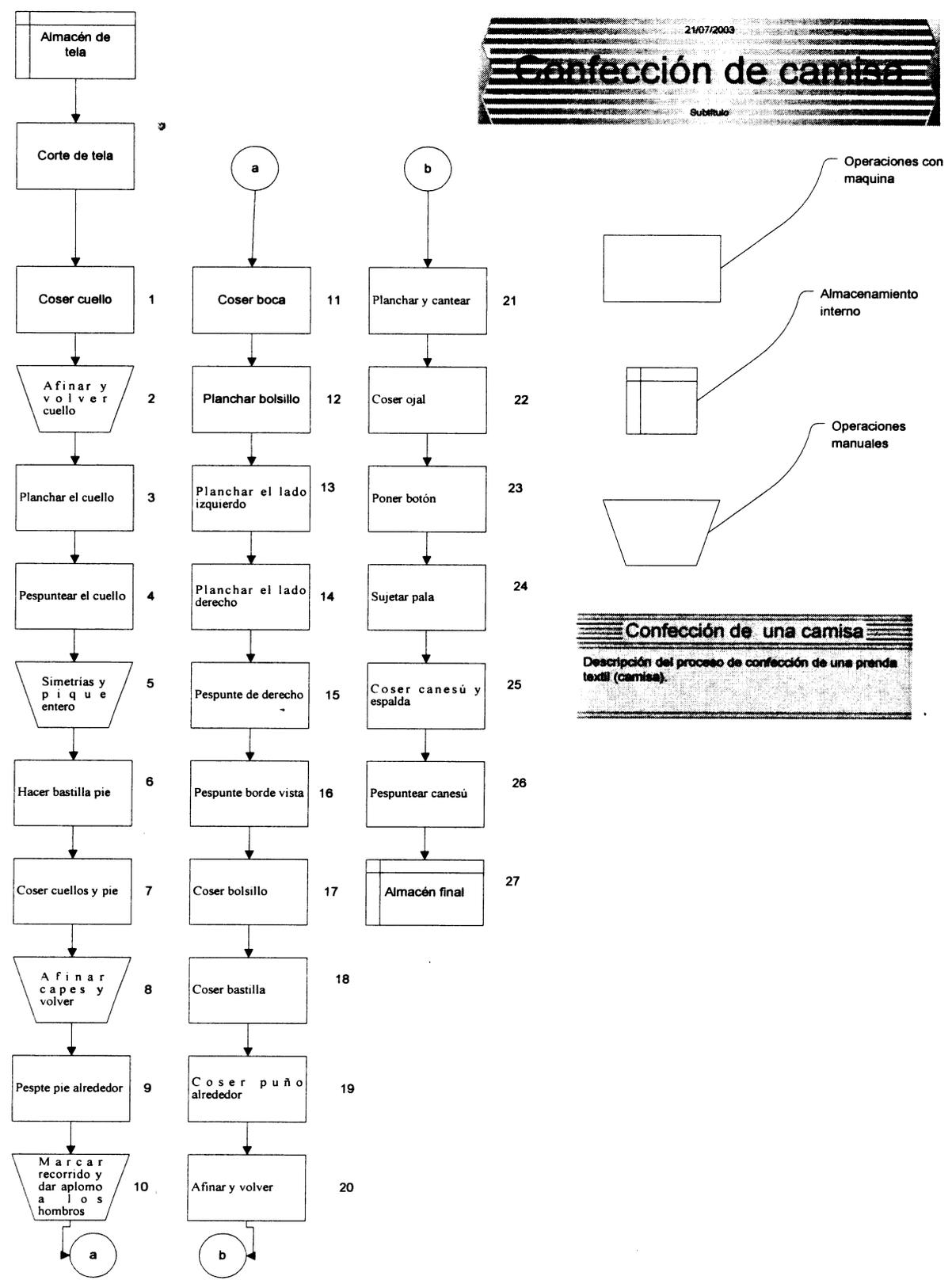


Figura 1 Disposición inicial de la planta

# Confección de camisa

Subtitulo

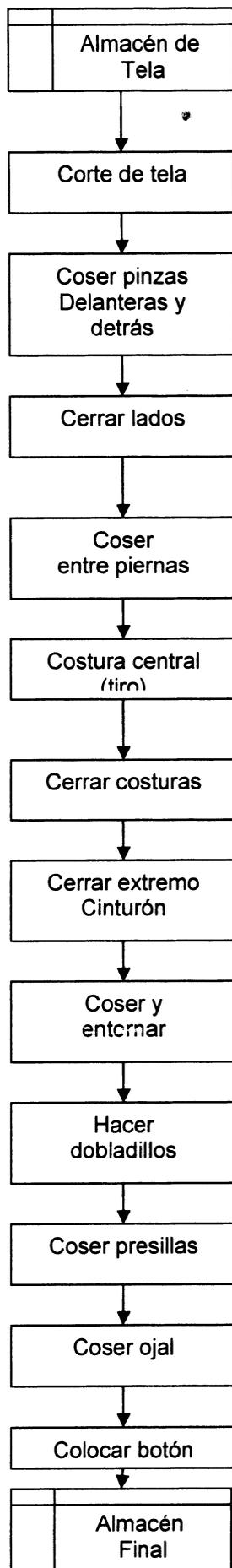


**Confección de una camisa**  
Descripción del proceso de confección de una prenda textil (camisa).

Figura 2 Diagrama de flujo del proceso

**Tabla 1** operaciones de confección de camisa

	Fase de operación	Maquinaria o útiles	Observaciones
<b>Cuello</b>			
1	Coser cuello alrededor	Maquina plana	
2	Afinar y volver cuello	Manual y útil	Cortar en v
3	Planchar el cuello	Plancha de vapor	
4	Pespuntear el cuello	Maquina de pespunte	Guiador 0,5
5	Simetrías y pique entero	Manual o maquina de coser con cuadrillo sin hilo	
6	Hacer bastilla pie	Maquina de pespunte	Guiador (plantilla)
7	Coser cuellos y pie	Maquina plana	
8	Afinar capes y volver	Manual	
9	Pespte pie alrededor	Maquina plana	Prénsatelas compresazo
10	Marcar recorrido y dar aplomo a los hombros	Manual	Plantilla
<b>Bolsillos</b>			
11	Coser boca	Maquina plana	Embudo
12	Planchar bolsillo	Plancha de vapor	De 2 en 2 y con plantilla
<b>Delantero</b>			
13	Planchar el lado izquierdo	Plancha de vapor	Patrón 2 cm.
14	Planchar el lado derecho	Plancha de vapor	Patrón 2 cm.
15	Pespunte de derecho	Maquina plana	Guardar ½
16	Pespunte borde vista	Maquina plana	Guardar ½
17	Coser bolsillo	Maquina plana	
<b>Puño</b>			
18	Coser bastilla	Maquina plana	
19	Coser puño alrededor	MCC	Plantilla
20	Afinar y volver	Maquina volver	Corte en v
21	Planchar y cantear	Plancha de vapor	
22	Coser ojal	Maquina de ojal	Plantilla
23	Poner botón	Maquina de botón	Plantilla
<b>Espalda</b>			
24	Sujetar pala	Maquina plana	A 0, 5 cm.
25	Coser canesú y espalda	Maquina	1 cm. y volver
26	Pespuntear canesú	Maquina plana	Canto



**Figura 3** Diagrama de flujo del proceso pantalón

**Tabla 2** operaciones confección de pantalón

	Fase de operación	Maquinaria o útiles	Observaciones
1	Cose pinzas delanteros y detrás	Maquina de respunte	
2	Cerrar los lados hasta señal de la cremallera	Maquina de respunte	lado izquierdo
3	Coser Entrepieernas	Maquina de respunte	
4	Coser costura central	Maquina de respunte	
5	Cerrar costuras	Maquina de respunte	
6	Cerrar extremo de cinturón	Maquina de respunte	
7	Coser y entornar	Maquina de respunte	
8	Hacer dobladillos	Maquina de respunte	
9	Coser Pesillas	Maquina precilladora	
10	Coser ojal	Maquina de Ojal	
11	Colocar botón	Maquina coloca botones	

### 1.3 Problemática

Dentro de la industria textil mexicana, principalmente dentro de las pequeñas y medianas empresas existen problemas tales como la baja productividad. Ésta trae consigo diferentes consecuencias, por ejemplo el incremento de costos y la baja competitividad. Entre las causas más comunes de la baja productividad se pueden mencionar: la falta de estandarización de los procesos y la mala distribución de maquinas y operarios en el área de confección. Con el proceso se alarga, existe demasiado inventario en el proceso, el movimiento del material es excesivo, se generan “cuellos de botella”, y las áreas de trabajo se ensucian frecuentemente.

A fin de ubicar el problema motivo del presente trabajo, en la Figura 4 se muestra un diagrama general del proceso del taller en cuestión. Éste consta de cinco operaciones básicas: el diseño, corte, confección, inspección y embarque. Nos centraremos en la confección. El rombo indica una decisión: si la prenda cumple los requisitos de calidad, entonces la prenda se embarca, de otra forma se regresa a confección para su retrabajo. El símbolo  indica demora.

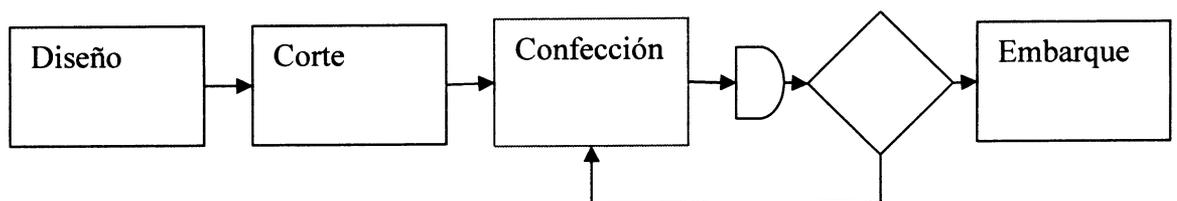


Figura 4 Diagrama de flujo general

En la realización del proceso de confección, nuestra empresa presenta un movimiento excesivo de materia prima. Éste es generado debido a la mala distribución de planta. Se atacará este problema y los siguientes son los objetivos que se pretenden alcanzar:

1. Reducir el tiempo de ciclo de manufactura.
2. Reducir el inventario en proceso.
3. Reducir el movimiento de material.

En conclusión, el problema que se abordará es la baja productividad, atacando algunas de sus raíces: la falta de estandarización en los procesos, y la mala distribución de planta.

Este documento se divide como sigue: en el Capítulo 2 se hace una revisión de literatura, en el Capítulo 3 se hará una revisión del estado del arte en el cual se encuentra esta filosofía, en el Capítulo 4 se desarrolla la metodología a utilizar así como los procedimientos aplicados al problema y por último se encuentran los resultados obtenidos con la aplicación de la filosofía de grupos tecnológicos

## 2.- REVISIÓN DE LITERATURA

Entre las técnicas más usadas en la redistribución de maquinas y operaciones podemos mencionar (grover, 2001): la manufactura celular, la distribución de máquinas y trabajadores multifuncionales, y grupos tecnológicos. Y para estandarización de procesos (grover, 2001): manufactura justo a tiempo, automatización, fuerza de trabajo flexible, sistema Kanban, reducción de tiempo de arranque, mejoramiento de actividades, sistemas de control visual, Kaizen, y grupos tecnológicos.

El resto de ésta sección se mencionan las características principales de las técnicas clásicas y se describen con un nivel de detalle las técnicas basadas en inteligencia artificial.

### 2.1 Técnicas clásicas

- **Manufactura Justo a Tiempo:** Esta filosofía pretende producir el tipo de unidades requeridas en el tiempo y cantidades especificadas. Justo a Tiempo elimina inventarios innecesarios tanto en proceso como en productos terminados y permite adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda (Prasad 1995).
- **Automatización:** La automatización permite un control automático de los procesos. En consecuencia, se reducen las fallas se estandarizan los procesos (Georgia Institute of Technology ,1997)

- **Fuerza de trabajo flexible:** Aquí se planea variar el número de trabajadores para ajustarse a los cambios de demanda, y los empleados deben de conocer las operaciones anterior y posterior a la que están realizando, ellos deben de ser capaces y estar dispuestos a realizar diferentes tipos de actividades en cualquier área de la compañía. (Finegold & Wagner 1999).
- **Sistema KANBAN:** Es un sistema de información que controla la producción de los artículos requeridos en las cantidades y tiempos especificados. Esto para cada proceso de la compañía y para cada proceso de las compañías proveedoras. Establece un sistema de producción en el cual los productos son jalados por la siguiente estación. Los productos no pueden ser empujados por la primera estación. Los productos son jalados al ritmo que se necesita. El objetivo principal es reducir los inventarios tanto como en el almacén como en el proceso (Singh & Meloche 1990).
- **Manufactura flexible:** Es un sistema en el cual la línea de producción ya no esta comprometida a manufacturar un solo tipo de producto en grandes lotes. En cambio, la línea produce una gran variedad de productos cada día en respuesta a la variación de la demanda del cliente. La producción constante se puede lograr adaptando los cambios de la demanda diaria y mensualmente (Huang & Chiu 1995).

- **Reducción del tiempo de arranque (S.M.E.D.):** Este sistema se utiliza principalmente para reducir tiempos de arranque; generalmente en procesos que requieren cambio de datos. (Moxham & Greatbanks 2001).
- **Distribución de máquinas y trabajadores multifuncionales:** Este sistema permite tener una fuerza de trabajo muy flexible. Requiere que los trabajadores cuenten con un buen entrenamiento para tener una gran versatilidad. Las máquinas podrán distribuirse de forma tal que la responsabilidad de cada trabajador aumente o disminuya dependiendo del trabajo que requiera cada producto (Birou & Fawcett 1994).
- **Sistemas de control visual:** Estos monitorean el estado de la línea y el flujo de la producción con sistemas muy sencillos. Por ejemplo, se pueden usar luces de diferentes colores para indicar anomalías en la línea de producción o algunos otros controles visuales como hojas de operaciones, tarjetas de KANBAN, displays digitales. (Singh & Meloche 1990).
- **Manufactura celular:** Las principales características de ésta son: procesar familias de productos, producción de alto volumen con alta flexibilidad, flujo unidireccional, agrupación de máquinas disimilares bajo el concepto de tecnología de grupo (Onwubolu 1998).
- **Kaizen:** La filosofía de ésta técnica es la mejora continua en la calidad de vida, personal, familiar, social y de trabajo. Cuando

Kaizen se aplica al trabajo, se logran mejoras continuas con la participación de todos los empleados (Karamchandani 1994).

## **2.2 Sistemas Inteligentes**

Como un intento de construir máquinas cuyos modelos computacionales se aproximen a los mecanismos de razonamiento humano, surgen a mediados de los años 50 diferentes técnicas de *Inteligencia Artificial* (IA). Éstas se han desarrollado hasta conformar una rama científica por mérito propio (Pacheco 2003).

Para que un sistema sea considerado como “inteligente” o dentro del campo de la inteligencia artificial debe de cumplir al menos los requisitos siguientes: Combinar información en forma coherente, y obtener conclusiones justificadas a partir de la información procesada (Bermúdez, 2001). El sistema inteligente necesita de un subsistema que le permita procesar la información, el cual viene a ser su “cerebro”. Este subsistema lo constituye un conjunto de algoritmos matemáticos de entre los cuales podemos mencionar a los algoritmos genéticos, los basados en lógica difusa, los sistemas basados en casos, los sistemas basados en conocimiento, y las redes neuronales. Dependiendo del contexto, tales algoritmos pueden conformar por si mismos un sistema de inteligencia artificial. A continuación se da una descripción de éstos.

### **Redes Neuronales**

Una red neuronal artificial, o simplemente red neuronal, es un intento por simular el comportamiento del cerebro humano. Una definición más general considera a una red neuronal como una estructura formada, como se muestra en la figura 5, por varios procesadores llamados nodos o

neuronas, ellos se conectan por medio de canales de comunicación también llamados pesos. Cada neurona o nodo tiene una cantidad de memoria operando solamente con datos locales y sobre las entradas que se reciben a través de los pesos o canales de comunicación. (Bercke2003).

Después de establecidos, los pesos se modifican, generalmente mediante un tipo de regla de aprendizaje o de entrenamiento dada. En consecuencia el sistema completo se va ajustando a medida de que procesa más cantidad de información. A esto se le conoce como entrenamiento de la red.

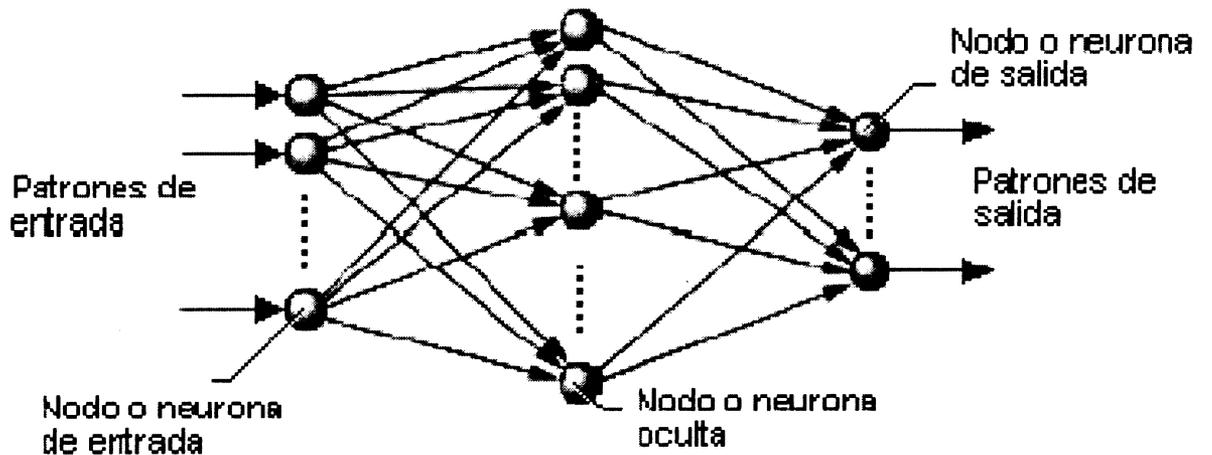
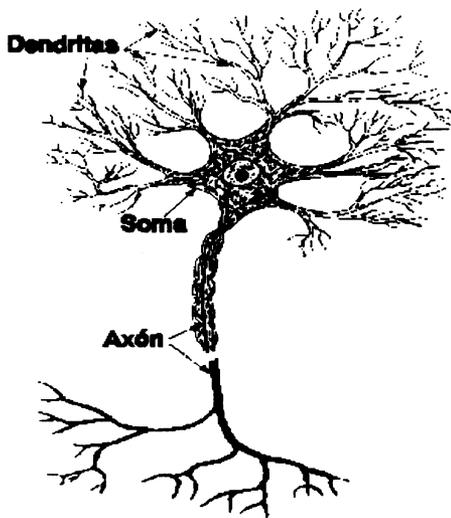
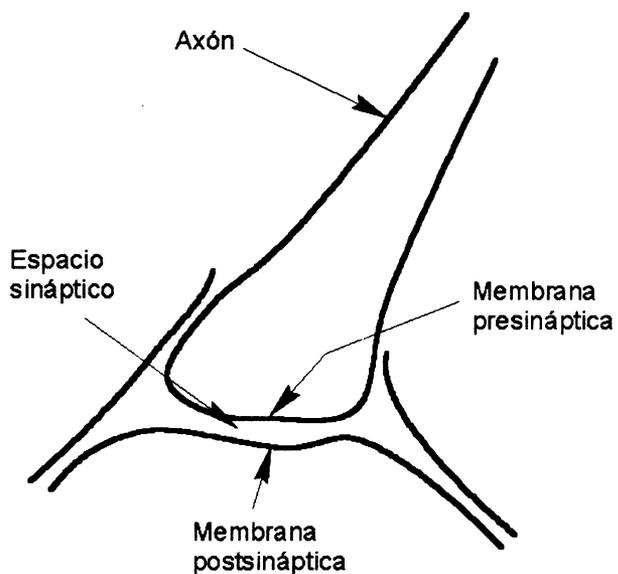


Figura 5 Red Neuronal Artificial Típica (Bercke2003).



**Figura 6** Red neuronal (Bercke2003).

En la figura 6 se muestra una red neuronal biológica la cual se compone de Dendritas, Soma y Axón. El axón es una fibra nerviosa cuya función es transmitir las excitaciones o inhibiciones a través de la sinapsis. (Bercke 2003).



**Figura 7** La sinapsis (Bercke 2003).

La sinapsis (Figura 7) son los enlaces entre dos neuronas. Estas son las que generan, por decirlo simplemente, “la chispa” que hace que trabajen las neuronas. Las neuronas son eléctricamente activas e interactúan entre ellas mediante un flujo de corrientes eléctricas locales. Estas corrientes se deben a diferencias de potencial entre las membranas celulares de las neuronas. Un impulso nervioso es un cambio de voltaje que ocurre en una zona localizada de la membrana celular. El impulso se transmite a través del axón hasta llegar a la sinapsis, produciendo la liberación de una sustancia química denominada *neurotransmisor* que se esparce por el fluido existente en el espacio sináptico. Cuando este fluido alcanza el otro extremo transmite la señal a la dendrita. Los impulsos recibidos desde la sinapsis se suman o restan a la magnitud de las variaciones del potencial de la membrana. (Bercke, 2003).

En la Figura 8 se muestra una red neuronal artificial básica. En esta se señalan las contrapartes biológicas. Como se puede apreciar las redes neuronales artificiales también constan de canales sinápticos, denominados peso en los cuales se almacena la información y de un axón el cual da la salida del sistema.

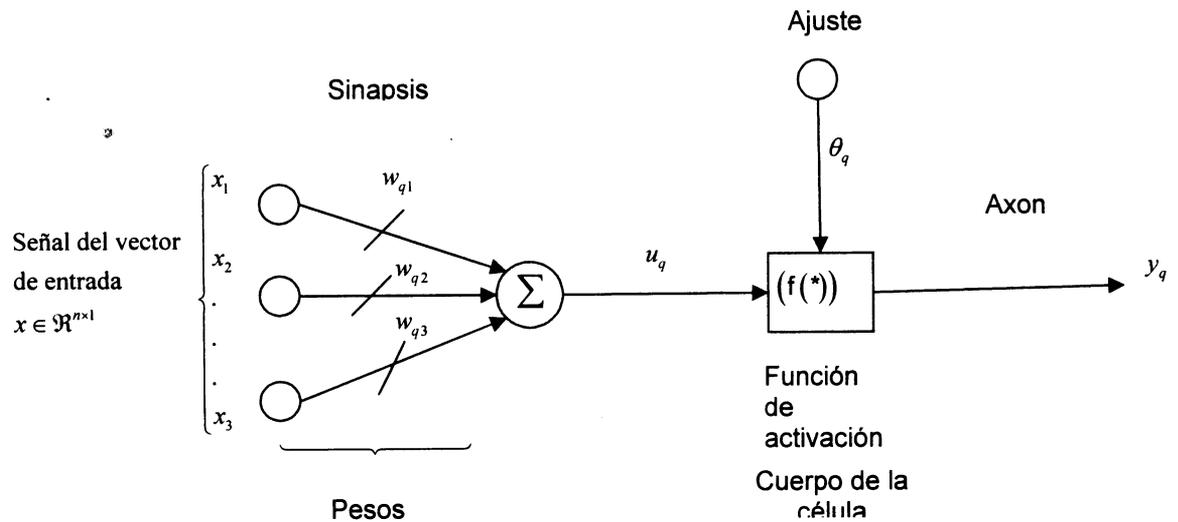


Figura 8 Red neuronal artificial

A continuación se listan algunos campos de aplicación de las redes neuronales artificiales.

- Biología (Cisse & Nagashino 2000).
  - Aprender más acerca del cerebro humano.
  - Obtención de modelos de la retina.
  
- Manufactura
  - Robots automatizados y sistemas de control.
  - Control de producción en líneas de proceso.
  - Inspección de la calidad.
  
- Empresa
  - Explotación de bases de datos.
  - Optimización de plazas y horarios de líneas de vuelo.

- Reconocimiento de caracteres escritos.
  - Identificación de candidatos para posiciones específicas.
- \*
- Militares
    - Reconocimiento y seguimiento en el tiro al blanco.
    - Creación de armas inteligentes.
    - Optimización del uso de recursos escasos.
    - Clasificación de las señales de radar.
    - Analizar tendencias y patrones.
    - Previsión del tiempo.
  
  - Finanzas (Corney 2002).
    - Previsión de la evolución de los precios.
    - Valoración del riesgo de los créditos.
    - Identificación de falsificaciones.
    - Interpretación de firmas.
  
  - Medicina (Cisse & Nagashino, 2000).
    - Lectores de rayos X.
    - Predicción de reacciones adversas a los medicamentos.
    - Monitorización en cirugía.
    - Entendimiento de la causa de los ataques epilépticos.
    - Diagnóstico y tratamiento a partir de síntomas y/o de datos analíticos.
    - Analizadores del habla para la ayuda de audición de sordos profundos.

## Sistemas Basados en el Conocimiento (Knowledge Based Systems)

Los Sistemas Basados en Conocimiento (Knowledge Based Systems, KBS), son programas computacionales con las siguientes propiedades (Pacheco, 2003), (Meziane & Vadera, 2000):

- Poseen conocimiento de un experto humano o un área de conocimiento determinada.
- Son capaces de proporcionar recomendaciones inferidas a partir de su conocimiento.
- Pueden justificar sus propias conclusiones.
- Poseen conocimiento no codificado implícitamente dentro del programa.

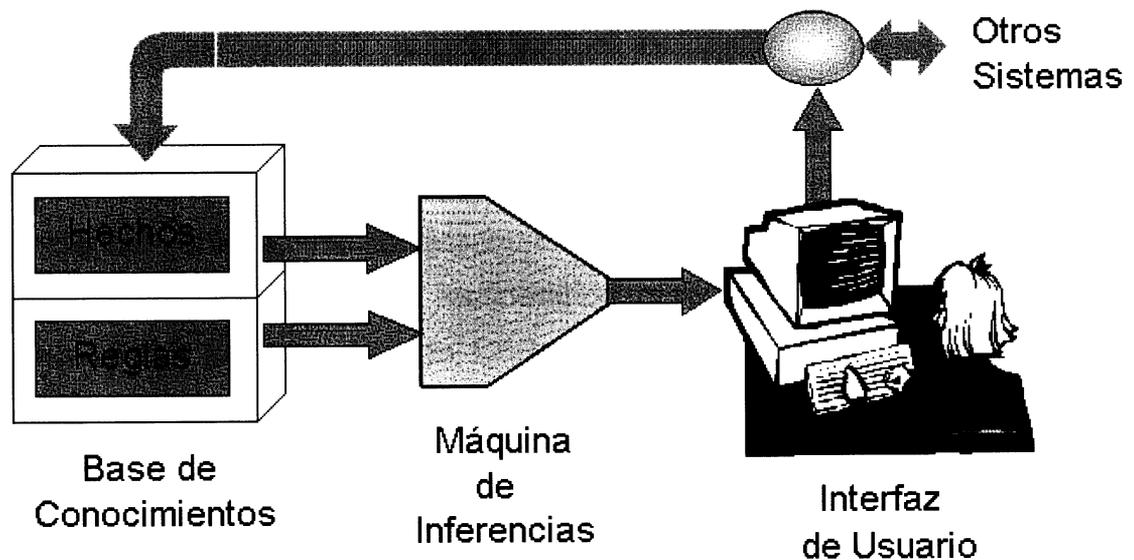


Figura 9 Arquitectura de un KBS. (Pacheco 2003).

La arquitectura de un sistema KBS se compone por varias entidades mostradas en la figura 9 la primera de ellas es la base del conocimiento, aquí se representa el conocimiento del experto en forma descriptiva y de reglas de inferencia lógica. La segunda de ellas es la maquina de inferencia, aquí se realiza la búsqueda de los datos proporcionados por el experto humano, existen dos tipos de búsqueda denominados Foward Chaining y el Back Chaining donde en el primero de ellos realiza una búsqueda que parte de los datos que se tienen a los resultados obtenidos de estos datos y en el segundo caso se busca los resultados para la obtención del problema. Por ultimo se encuentra la interfaz con el usuario, aquí se recibe y se entrega la información de una manera interactiva, así como alimentar la base de datos, proporcionar los objetivos, crear nuevas restricciones, ver los resultados y ver como se obtuvieron estos. (Pacheco, 2003).

### **Sistemas Basados en Casos (Case Based System)**

Un Sistema de Razonamiento Basado en Casos (CBR) resuelve un problema por medio de la adaptación de soluciones dadas con anterioridad a problemas similares. La memoria del CBR almacena un cierto número de problemas junto a sus correspondientes soluciones. La solución de un nuevo problema se obtiene recuperando casos (o problemas) similares almacenados en la memoria del CBR, ya que dichos problemas se estudian junto con sus soluciones. Por tanto un caso engloba un problema y su solución (Meziane & Vadera 2000).

Un CBR es un sistema dinámico en el cual los nuevos problemas son añadidos continuamente a su memoria, de forma tal que los problemas parecidos o similares se eliminan, y paulatinamente se crean otros mediante la combinación de varios ya existentes. La idea que impulsó el

desarrollo de esta metodología se basa en el hecho de que los humanos utilizan lo aprendido en experiencias previas para resolver problemas presentes. Este hecho se experimenta de forma diaria y ha sido probado empíricamente por varios psicólogos (Riverola & Corchado 2000).

Esta tecnología se ha utilizado satisfactoriamente en disciplinas como el derecho, la medicina y los sistemas de diagnóstico con grandes bases de datos (Meziane & Vadera 2000).

### **Algoritmos Genéticos**

Los algoritmos genéticos son modelos computacionales inspirados en la genética humana, estos son generalmente utilizados para la optimización, son métodos de búsqueda basados en la selección natural combinados con la supervivencia del más apto mediante un intercambio de información de forma aleatoria. Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a acciones aleatorias semejantes a las que actúan en la evolución biológica (mutaciones y recombinación genética), así como también a una selección de acuerdo con algún criterio, en función del cual se decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos, que son descartados. Los algoritmos genéticos forman parte de una familia denominada algoritmos evolutivos, que incluye las Estrategias de evolución, la Programación evolutiva y la Programación genética. (Soullier ,2001) (Bercke ,2003).

Algunas de sus aplicaciones son (Soullier 2001):

- Control de Vehículos Autónomos.
- Diseño Automático de Circuitos Combinacionales con un Número Mínimo de Compuertas.
- Representación de las Situaciones de Falla.
- Inmunología y Seguridad en Redes.

### **Lógica Difusa (Fuzzy Logic)**

El concepto de lógica difusa (fuzzy logic) fue creado por Lofti Zadeh, este concepto nace debido a necesidad de tener mas de dos conjuntos con esto se permiten la adaptación de dos o mas opciones a esto el profesor Lofti Zadeh le llamo conjuntos difuso. En la figura 10 se presenta un esquema sobre la historia de la lógica difusa (fuzzy sets) (Roger 1997).

Pocos años después en 1974, el Británico Ebrahim Mandani, demuestra la aplicabilidad de la lógica difusa en el campo del control. Desarrolla el primer sistema de control difuso (Fuzzy Control) práctico, la regulación de un motor de vapor. Las aplicaciones de la lógica difusa en el control no se pudieron ser implementadas con anterioridad a estos años debido a la poca capacidad de cómputo de los procesadores de esa época. (Roger 1997).

En Estados Unidos principalmente por razones culturales, el concepto de lógica difusa no tuvo mucho impacto mientras en oriente específicamente los Japoneses y algunos países europeos aceptaron sin complicación esta idea y han estado desde la década de los 80's construyendo aplicaciones reales y productos que funcionan basados en lógica difusa (Bermúdez 2001).

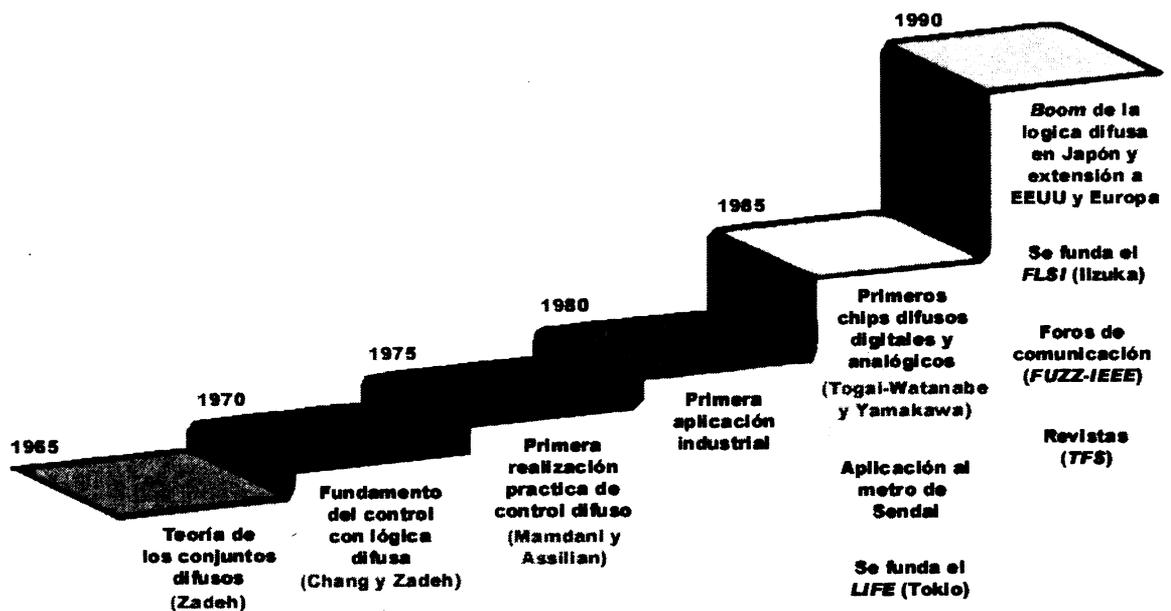


Figura 10 Evolución de la lógica difusa (Bermúdez 2001).

### Conceptos básicos de la lógica difusa

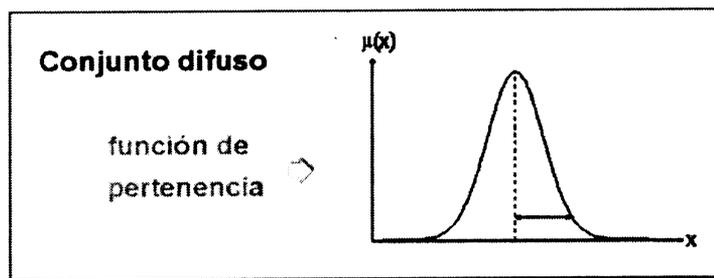


Figura 11 Función del conjunto difuso (Bermúdez 2001).

El concepto principal en que se basa la lógica difusa es el de conjunto difuso (figura 11) . Estos sistemas están formados mediante reglas del tipo "si x es A entonces y es B "donde x e y son los parámetros del sistema o las funciones a optimizar y A y B son las posibles salidas del sistema.

Estos sistemas utilizan el lenguaje natural para representar la información vaga o imprecisa; estos son sistemas determinísticos, y son mas comúnmente aplicados y con mayores resultados en la ingeniería (Roger 1997).

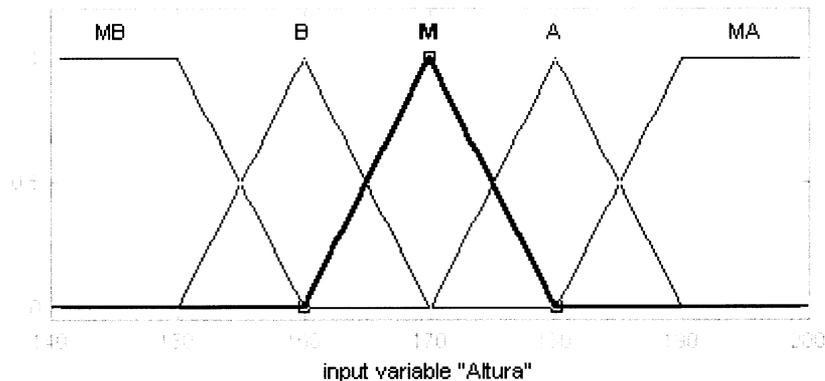
Otra de las características fundamentales de un sistema difuso es su habilidad para manejar ambigüedad. La posibilidad de extraer conclusiones con valores estimados a partir de información incompleta o incierta es explotada en otras muchas aplicaciones de la lógica difusa a diferentes campos de la Ingeniería y las Ciencias Sociales. Entre los diferentes dominios de aplicación cabe destacar los sistemas de reconocimiento de patrones (procesado de voz e imágenes, clasificación, etc.), los sistemas expertos difusos (para diagnóstico en medicina, análisis financiero, toma de decisiones, etc.) y las bases de datos difusas (que procesan información imprecisa y permiten a los usuarios formular preguntas en lenguaje natural). (Roger 1997).

Por ejemplo supongamos que se desea representar con conjuntos difusos la variable altura de una persona, en este caso el universo de discurso será el rango de posibles valores de la altura que tenga un persona adulta, se escogerá un rango entre 140 cm. y 200 cm., valores por fuera de este rango son posibles pero son muy escasos. El universo de discurso = [140, 200], para denominar los conjuntos difusos se suelen trabajar con etiquetas lingüísticas similares a las que se usan de manera

coloquial por ejemplo, en la vida diaria decimos que una persona es Muy Baja (MB), Baja (B), Mediana (M), Alta (Alta) y Muy Alta (MA) figura 12.

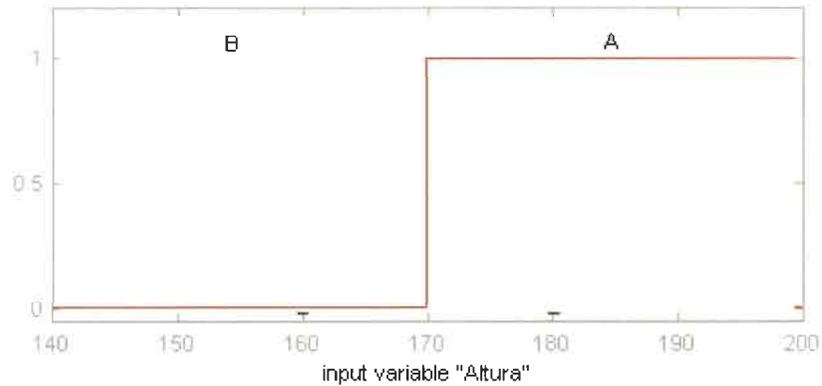
**Tabla 3** rango de estaturas

Etiqueta	Rango [min., máx.]
MB	[140,159]
B	[160,169]
M	[170,179]
A	[180,189]
MA	[190,200]



**Figura 12** Conjuntos difusos para la altura de una persona.

Si el ejemplo anterior se desea trabajar con conjuntos clásicos (crisp) se tienen dos opciones o alguien Alto (A) o Bajo (B). Se supondrá que alguien es alto si mide mas de 170 cm. en caso contrario es bajo (figura 13) como se muestra en la figura 12 las alturas pueden ser variadas y se tiene un mayor rango de localización para la estatura de una persona mientras que en la figura 13 solo se puede localizar la estatura de una persona en dos clasificaciones.



**Figura 13** Conjuntos crips para la altura de una persona.

#### Aplicaciones Fuzzy Logic:

- Las lavadoras “difusas” tienen mas de 400 ciclos preprogramados; a pesar de su complejidad tecnológica resultan mas fáciles de operar que las lavadoras tradicionales. El usuario solo pone en marcha la lavadora, el resto queda en manos del control difuso. El evalúa automáticamente el material, el volumen, la suciedad de la ropa, elige el ciclo óptimo de lavado, así como el caudal de agua que ha de emplear (MABE).
- Reconocimiento de patrones y Visión por ordenador: Seguimiento de objetos con cámara, reconocimiento de escritura manuscrita, reconocimiento de objetos, compensación de vibraciones en la cámara.
- Mantenimiento (Al-Najjar 2002)

- Facilita la toma de decisiones en la manufactura flexible (Karsak 2002)
- Procesos de control de manufactura (Karsak & Jin 2001)
- Aquellos que se resisten al cambio por técnicas de controles tradicionales (Gould 2001)
- Industria textil (Stylios & Sotomi 1995) (Stylios & Sotomi 1996) (Hastings & Msimangira 1992)
- Control de proyectos (Chung & Hshiang 2002)
- Manufactura flexible (Mellado, Vendrell, López, Garbajosa & Lomba 1999)

### 3.- ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Grupos tecnológicos

Una de las filosofías más utilizadas en la manufactura es la de Grupos tecnológicos (GT). Ésta consiste en identificar y agrupar familias de máquinas o partes del producto en base a ciertas similitudes. Cada familia posee una similitud ya sea en la máquina de procesamiento o bien en el diseño del producto (Groover, 2001). Así, la expresión de grupos tecnológicos se emplea en relación con el ordenamiento físico, la disposición y la localización de las máquinas en una planta.

Cuando una fábrica está organizada por departamentos funcionales, la empresa siempre termina produciendo artículos por lotes (Groover, 2001). La operación 1 suele completarse para todo el lote antes de que éste pase a la operación 2. Cuando se trabaja de esta forma, se generan diversos problemas; entre ellos, se aumenta el tiempo de ciclo, y se generan inventarios en procesos. Por lo que bajo éste esquema de producción es necesario que la fábrica se organice físicamente. Un enfoque es organizar la producción no por funciones sino por productos. La maquinaria se debe dedicar total o parcialmente a una familia de productos y se debe disponer el orden en que van a efectuarse las operaciones para esa familia de productos. A este enfoque se le conoce con el nombre genérico de Grupos Tecnológicos. A partir de la segunda mitad del siglo pasado, se han venido usando varias técnicas para implementar esta filosofía; entre ellas la clasificación y codificación, análisis de producción, coeficientes similares, programación matemática, y redes neuronales (Chwea-Tzeag Su, 1995).

Como datos históricos, en 1925 R. Flanders (Groover, 2001) presentó una publicación en la que describe la *organización de manufactura* en una empresa estadounidense llamada Jones and Lamson Machine Company. Esta *organización de manufactura* evolucionó hasta convertirse en lo que ahora se conoce como Grupos Tecnológicos. En 1949, A. Korling (Groover, 2001). propone la creación de *categorías* en la línea de producción. Esto es: separar los recursos de producción (hombres y máquinas) conforme al bien que producen. En 1959 el investigador S. Mitrofanov de la ex -Unión Soviética publicó el libro "Scientific Principles of Group Technology" en el cual se propone por primera vez la filosofía de los grupos tecnológicos tal como se conoce actualmente. Para fines de 1965 mas de 800 plantas en la Unión Soviética implementarían ésta filosofía. La primera aplicación de grupos tecnológicos en Estados Unidos fue hecha en 1969 en una planta llamada Langston Division of Harris-intertype ubicada en New Jersey (Groover, 2001). Desde estos años muchas de las compañías que han implementado esta filosofía han reportado beneficios importantes (Wenmerlov & Hyer 1989) (Kusiak & Chow 1998), entre ellos:

- Reducción del tiempo de arranque.
- Reducción de material en proceso.
- Minimiza el costo de transporte de material.
- Beneficios en calidad.
- Reducción de almacenamiento.
- Beneficios en la utilización de maquinaria.
- Aumento de espacio.
- Beneficios en los empleados.
- Reducción de trabajo en el proceso.
- Reducción de trabajo del personal de confianza.
- Reducción de herramientas.
- Reducción de retrabajo y fallas en proceso.
- Reducción en tiempo de entrega.

- Reducción de papeleo.  
Mejora en las relaciones de trabajo.

La idea central en la formación de grupos tecnológicos es conformar *células de manufactura* a través de la identificación de familias de partes del producto; y de esta manera obtener beneficios para el proceso.

Algunos ejemplos de mejoras debido a la implementación de la filosofía de grupos tecnológicos son:

(Yanhai, Feifan & Zhimei, 2000) mencionan que la integración de grupos tecnológicos con *Manufactura Esbelta* aportó importantes beneficios a una empresa asiática no especificada. Entre éstos mencionan una mejor programación de la producción, reducción en la verificación de calidad en la línea de producción, inspeccionando solo el producto final. Otro beneficio fue la reducción de inventario en la línea de proceso (comúnmente llamado *WIP* por *Work Inventory Process*); con esto el costo de producción se redujo.

En la planta Hewlett Packard (Davis, 1990) se implementó esta filosofía con importantes beneficios. La planta tenía una producción mixta de bajo y alto volumen de los diversos componentes de un producto. Esto generaba un cuello de botella. Con la implementación de GT se eficientó la línea y sus operaciones, resolviéndose así el problema.

No solamente en plantas de manufactura se han aplicado grupos tecnológicos. Otro campo de aplicación (kuo R., 1999) es el reconocimiento de patrones en imágenes. Usando grupos tecnológicos se agrupan patrones y mediante de una red neuronal se procesa la respuesta. Además, en problemas de logística y distribución se han usado grupos

tecnológicos complementados con redes neuronales y sistemas expertos (Kusiak & Chow, 1998).

A pesar de que la filosofía de grupos tecnológicos ha sido implementada en una variedad de ámbitos, no se encontraron referencias de su aplicación a la industria textil.

### 3.2 Revisión de técnicas para la formación de grupos tecnológicos

La filosofía de grupos tecnológicos puede implementarse usando una diversidad de técnicas. En este capítulo se revisan algunas de las más usuales.

Clasificación y formación de clusters (Kusiak & Chow, 1998) (Kusiak, 2000).

El método de clasificación se utiliza para formar familias de partes en base a su similitud geométrica o de diseño. Existen al menos dos criterios de clasificación: Visualización y Codificación. El criterio de visualización clasifica en base a características geométricas. Esto se esquematiza en la figura 14.

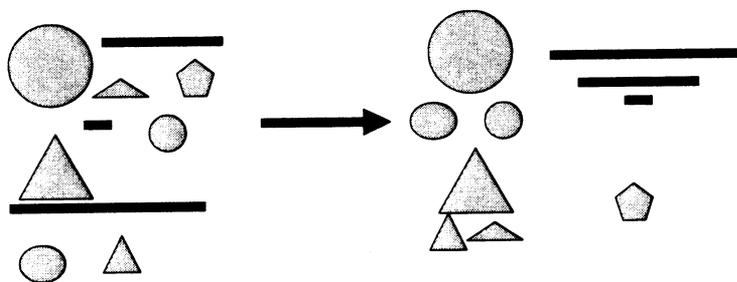


Figura 14 Esquema del criterio de visualización

En el criterio de codificación las familias de partes o grupos se forman en base a los siguientes aspectos:

- Forma geométrica o complejidad.
- Dimensiones.
- Tipo de material.
- Forma del material
- Requerimientos de manufactura.

Los métodos de formación de clusters consisten en agrupar partes en familias homogéneas basados en sus características de proceso. Ésta metodología ha sido a su vez aplicada en diferentes áreas (Kusiak & Chow, 1998): Biología, Reconocimiento de datos, Medicina, Reconocimiento de patrones, Control de procesos. Existen varias formas mediante las cuales se puede plantear el problema de formación de clusters; nos concentraremos en las siguientes:

- Formulación matricial
- Formulación matemática
- Redes neuronales

### 32.1 Formulación matricial.

En la formulación matricial, primero se modela el estado inicial de la planta mediante una matriz  $A = [a_{ij}]_{m \times n}$ , de máquinas-operaciones, donde se relacionan  $m$  máquinas con  $n$  operaciones. En la cual  $a_{ij} = 1$  si la máquina  $i$  procesa la parte  $j$  y es cero de otra forma. Ninguna columna puede ser nula; es decir a cada operación le corresponderá al menos una

máquina. Cuando una hilera es nula, esto se interpreta como que la maquina correspondiente no está realizando operaciones; y ésta se deja fuera del proceso. Una vez construida la matriz de maquinas-operaciones, el problema es ahora formar los clusters. La idea fundamental es, mediante permutaciones en las filas y las columnas de la matriz  $A$  encontrar la secuencia de operaciones que induzca la formación óptima (en algún sentido) de grupos tecnológicos. Los grupos tecnológicos se conforman por parejas de máquina que tengan coeficientes de similitud "semejantes" en algún sentido. En general el sentido de semejanza lo fija el Ingeniero encargado de construir los grupos tecnológicos. En general, las soluciones óptimas pueden dar lugar a matrices de grupos *mutuamente separables* y *matrices de grupos parcialmente separables*.

Los grupos mutuamente separables son aquellos donde cada grupo de máquinas realiza un grupo de operaciones (Figura 15). De otra forma, los grupos se llaman parcialmente separables (Figura 16).

	Numero de parte				
	1	3	2	4	5
Numero de maquina	2	1	1		
	4	1	1		
	1			1	1
	3			1	1

**Figura 15** matriz de grupos mutuamente separable

	Numero de parte				
	1	2	3	4	5
Numero de maquina	1	1	1		1
	2	1	1		
	3			1	1
	4			1	1

**Figura 16** matriz de grupos parcialmente separables

La existencia de grupos parcialmente separables genera comúnmente “cuellos de botella” (Kusiak & Chow 1998). Esto puede resolverse tomando algunas de las siguientes acciones:

- Se pueden declarar como separables disponiendo que un operario traslade el material de una maquina a otra.
- Se instalan las máquinas necesarias para realizar las operaciones separadas de los grupos.
- Se puede subcontratar

Para la solución de la formulación matricial existen diferentes técnicas entre, las cuales están:

- Métodos de coeficientes similares.
- Sorting-based algorithms.

#### Coeficientes similares

La técnica de coeficientes similares se basa en la similitud de dos máquinas, digamos  $i$  y  $j$ , tomando en cuenta las partes que procesan. La similitud entre las máquinas  $i$  y  $j$ ,  $s_{ij}$ , se define como

$$s_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n d^1(a_{ik}, a_{jk})}{\sum_{k=1}^n d^2(a_{ik}, a_{jk})}$$

donde

$$d^1(a_{ik}, a_{jk}) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_{ik} = a_{jk} = 1 \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$$d^2(a_{ik}, a_{jk}) = \begin{cases} 0 & \text{si } a_{ik} = a_{jk} = 0 \\ 1 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Los grupos tecnológicos se conforman con parejas de máquinas que tengan coeficientes de similitud "parecidos". El criterio de similitud se forma a partir de la creación de una grafica obtenida de los resultados como se muestra en la figura 17 utilizando el ejemplo de la figura 16.

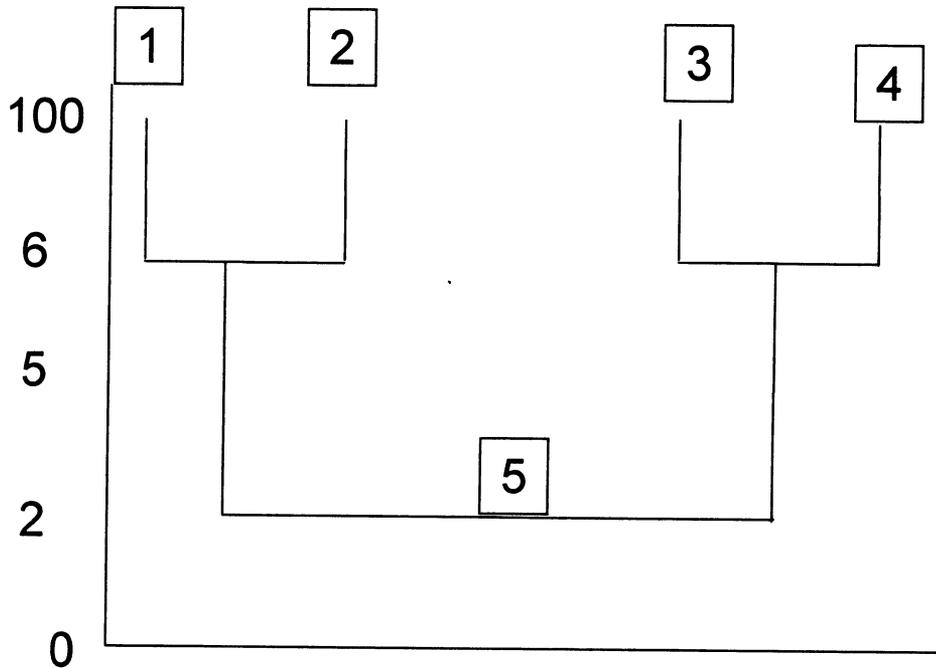


Figura 17 Grafica de similitud entre operaciones

### Algoritmos "Sorting-based:"

Este método se basa en clasificar de mayor a menor las columnas y los renglones de la matriz de incidencia a través de los siguientes pasos.

Paso 1.- Para cada renglón de la matriz de incidencia se calcula una ponderación,  $p_i$ , llamada peso decimal equivalente, mediante la expresión

$$p_i = \sum_{k=1}^n a_{ik} 2^{n-k}$$

Paso 2.- Se acomodan los renglones en forma decreciente en base a su peso decimal equivalente.

Paso 3.- se repiten los pasos 1 y 2 para las columnas, usando la ecuación.

$$p_j = \sum_{k=1}^m a_{kj} 2^{n-k}$$

Paso 4.- se repiten los pasos anteriores hasta que no haya cambio alguno en la matriz de incidencias.

La matriz de incidencias resultante define los grupos tecnológicos.

### 3.2.2 Formulación matemática

Otra metodología utilizada para resolver problemas de GT es la formulación matemática; en la mayoría de estas técnicas se incluye una distancia la cual es una diferencia entre la parte  $i$  y la  $j$ , el valor de esta distancia es un número real y se utiliza para minimizar ya sea la diferencia entre partes o la distancia entre un proceso y otro; Existen dos distancias las cuales son las más comúnmente utilizadas, la primera de ellas es la distancia Minkowski la cual se obtiene de la siguiente forma:

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^n |a_{ik} - a_{jk}|^r \right]^{1/r}$$

donde  $r$  es un entero positivo y  $n$  es el número de partes, la otra distancia utilizada es la distancia Hamming la cual esta dada por:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^n z(a_{ik}, a_{jk})$$

$$\text{donde } z(a_{ik}, a_{jk}) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_{ik} \neq a_{jk} \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

De esta forma se obtienen la distancia. Existen diferentes técnicas para encontrar la solución de estos problemas las cuales son:

- p-median model
- generalized p-median model
- quadratic programming model
- fractional programming model

Donde solo se describirá la primera de ellas siendo la más común para la solución de problemas de grupos tecnológicos (Kusiak & Chow 1998).

## P- median model

Este modelo se usa para agrupar  $n$  partes en  $p$  familias. Se utiliza el concepto de distancia entre partes,  $d_{ij}$ , la cual puede definirse de diferentes formas. Para propósitos del presente trabajo se usó la distancia Hamming definida en las siguientes ecuaciones. Los grupos tecnológicos se forman resolviendo el siguiente programa binario

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad \text{para toda } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$$

$$x_{ij} = 0, 1 \quad \text{para toda } \begin{cases} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$m$  número de máquinas

$n$  número de partes

$p$  número de familias

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la parte } i \text{ pertenece a la familia } j \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$d_{ij}$  distancia entre la parte  $i$  y la parte  $j$

donde  $p$  es el número especificado de familias de partes. Una vez resuelto el programa, la matriz de incidencias se reconfirma usando los

valores de las  $x_{ij}$ . Los grupos se forman conforme al siguiente criterio:

si  $x_{rs} = x_{kl} = 1$  y  $s = 1$  entonces  $x_{rs}$  y  $x_{kl}$  forman un grupo.

### 3.2.3 Redes neuronales (ART)

Otra manera de identificar los grupos tecnológicos es por medio de una red neuronal artificial del tipo ART (Adaptive Resonance Theory) (Grossber & Carpenter 1987) (Grossber & Carpenter 1992) mostrada en la Figura 17.

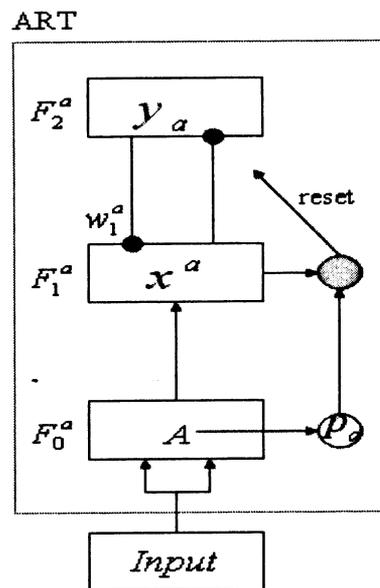


Figura 18 Red tipo ART.

Modelación del problema de formación de grupos tecnológicos mediante ART.

Este apartado es el punto central del presente trabajo. Por lo tanto se examinará en detalle tanto la modelación como la solución al problema de formación de grupos tecnológicos usando el enfoque de redes neuronales, en particular mediante la red ART.

La red es una modificación de la propuesta por Grossberg ( Grossber & Carpenter 1987) a fin de darle estabilidad y plasticidad. Esto es: la red retiene el conocimiento de las categorías aprendidas y puede aprender nuevas categorías sin olvidar las ya aprendidas. ART consiste básicamente en dos capas o subsistemas y de un sistema orientado. Los dos subsistemas están interconectados por pesos adaptativos, los cuales se actualizan simultáneamente en base a sus entradas. Por otro lado se tiene el sistema de orientación,  $\rho$ , conocido como parámetro de vigilancia. Éste parámetro se fija entre 0 y 1, y dependiendo del valor será la cantidad de grupos que se puedan formar.  $A_{m \times n}$  es la matriz de entrada o de incidencias, la cual modela (en términos binarios) el estado actual del layout de la planta con  $m$  procesos y  $n$  máquinas. La escribiremos como  $A = [p_1, p_2, \dots, p_m]$

En la elaboración de esta red se siguieron los pasos que se describen a continuación:

Primero, se da un valor inicial a las matrices de pesos adaptativos  $w^{2:1} m \times n$  y  $w^{1:2} n \times m$ . La primera se inicializa con una matriz de unos del mismo orden. Los elementos de  $w^{1:2}$  se inician con 0.5. Enseguida, se presenta un patrón de entrada

$$a^1 = p_1 \quad (1)$$

donde  $p_1$  es la primera columna de la matriz de incidencias. Después, se procede a realizar el cálculo de la entrada hacia la segunda capa de la red.

$$a^2 = w^{1:2} a^1 = \begin{bmatrix} a_1^2 \\ \vdots \\ a_n^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Usando éste resultado se calcula la “neurona ganadora” por medio una función denominada *Compete* dada por:

$$a_i^2 = \begin{cases} 1 & \text{si } ({}_i w^{1:2})^T a^1 = \max[({}_k w^{1:2})^T a^1] \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (3)$$

donde, por supuesto  $({}_k w^{1:2})^T$  es la  $k$ -ésima hilera de la matriz  $w^{1:2}$ .

En caso de empate entre las neuronas se escoge la primera en orden. Una vez seleccionada la neurona ganadora, digamos la  $j$ -ésima, la columna  $j$  de la matriz  $w^{2:1}$  se activa mediante.

$$w^{2:1} a^2 = w_j^{2:1} \quad (4)$$

Una vez activada la capa 2 se ajusta a la salida de la capa 1 de la siguiente manera.

$$a^1 = p_1 \cap w_j^{2:1}$$

$$\text{donde } p_1 \cap w_j^{2:1} = \min(p_1, w_j^{2:1}).$$

Obtenido este dato se procede a verificar el grado de similitud,  $a_0$ , entre la clasificación obtenida y el patrón de entrada.

$$a^0 = \begin{cases} 1. & \text{si } \|a\|^2 / \|p\|^2 < \rho \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{donde la } \|a\|^2 = \sum_{i=1}^n x_i$$

Si  $a^0 = 1$  entonces  $a_j^2 = 0$ . Esto hace que se inhiba el algoritmo, es decir se repiten los primeros pasos hasta que se tenga la categoría adecuada, de lo contrario se continua con la ecuación donde la resonancia ocurre y se actualiza la columna j del  $w^{1:2}$  mediante la ecuación

$$w^{1:2} = \frac{\zeta a^1}{\zeta^2 + \|a^1\|^2 - 1} \quad (7)$$

donde se actualiza la columna j del  $w^{1:2}$

Ya actualizada esta matriz de pesos se actualiza la siguiente matriz de pesos,  $w^{2:1}$ , mediante la ecuación:

$$w_j^{2:1} = a^1 \quad (8)$$

Una vez que las matrices de pesos se han actualizado, el proceso se repite solo que ahora se toma como patrón de entrada la segunda columna.

## Criterios de eficiencia

Como criterio de eficiencia se seleccionó el "block diagonalized" utilizado por Chandrasaekharaq & Rajagopalan (1989) y por Kyung-Mi Lee, Takeshi Yamakawa & Keon-Myung Lee (1997). Éste último trabajo compara la eficiencia de varias técnicas tradicionales y de una red neuronal diferente a la planteada en este trabajo. La eficiencia global,  $\eta$ , de un método se calcula mediante

$$\eta = qn_1 + (1-q)n_2 \quad (9)$$

donde:

$$n_1 = \frac{e_d}{\sum_{r=1}^k M_1 N_1} \quad (10)$$

$$n_2 = 1 - \frac{e_0}{mn - \sum_{r=1}^k M_1 N_1} \quad (11)$$

$n_1$  = Carga de trabajo en la maquinas.

$n_2$  = El menor movimiento reflejado en la celda.

$n$  = Refleja la eficiencia de los dos aspectos.

$n$  = Numero de partes.

$m$  = Numero de maquinas.

$M_1$  = Numero de maquinas en la i-esima celda.

$N_1$  = Numero de partes en la i-esima celda.

$e_d$  = Numero de lugares ocupados en la diagonal.

$e_0$  = Numero de lugares ocupados fuera de la diagonal.

$q$  = Factor de peso ( $0 \leq q \leq 1$ )

$C$  = Numero de celdas.

Por medio del algoritmo antes planteado se determinó la eficiencia de la red neuronal así como también de las técnicas clásicas descritas en este capítulo.

#### 4.- METODOLOGIA

En la Figura 19 se muestra la ruta usada en la solución del problema planteado. Primero se recolectó información relativa al proyecto de la planta en cuestión; es decir, tomas de tiempos, movimientos, distancias etc. En seguida, se realizaron simulaciones para validar el problema. Después, se utilizaron técnicas de inteligencia artificial y algunas de las técnicas clásicas para la resolverlo. Finalmente se comparan las soluciones vía simulación.

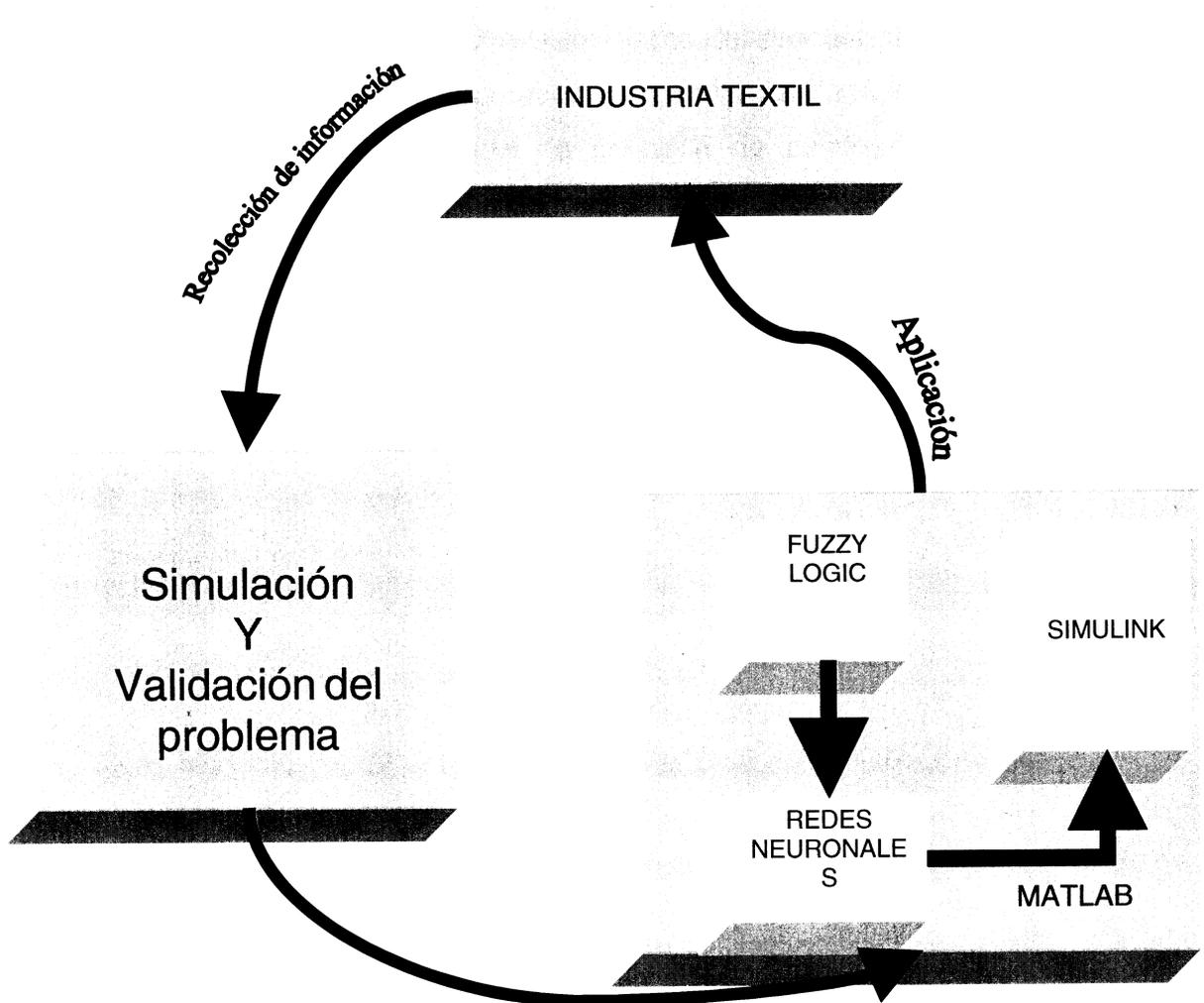


Figura 19 Metodología y herramienta a utilizar

## **Desarrollo de la metodología.**

Recolección de información y validación del problema.

Se tomaron tiempos para cada uno de los procesos y del traslado entre máquina y máquina. Estos se reproducen en el anexo 1. Para cada proceso y traslado se ajustaron distribuciones estadísticas usando el software Statfit, se seleccionaron los que presentaron mejor bondad de ajuste bajo la prueba de Anderson-Darling (Stephens, 1974)

Los modelos estadísticos ajustados para cada proceso se muestran en el anexo 2. Luego se simuló el comportamiento del proceso de producción en *Simulink*. Con esto se busca establecer que el layout actual del proceso presenta problemas principalmente de creación de cuellos de botella y consecuentemente de acumulación de inventarios y retrasos.

## 5.- Resultados

Como se describió en el capítulo 1 la problemática que se tiene en la planta en cuestión es en la realización del proceso de confección, nuestra empresa presenta un movimiento excesivo de materia prima. EL cual es generado debido a la mala distribución de planta. Se atacará este problema y los siguientes son los objetivos que se pretenden alcanzar:

4. Reducir el tiempo de ciclo de manufactura.
5. Reducir el inventario en proceso.
6. Reducir el movimiento de material.

En conclusión, el problema que se abordará es la baja productividad, atacando algunas de sus raíces: la falta de estandarización en los procesos, y la mala distribución de planta.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores una de las formas de resolver el problema es con la filosofía de grupos tecnológicos la cual se pone en práctica para alcanzar los objetivos planteados.

### **Creación de las celdas**

Para la creación del programa en Matlab el cual se basa en una red neuronal artificial del tipo ART. Primero se definió una matriz de entrada o de incidencia inicial obtenida del estado inicial de la planta. Ésta se muestra en la figura 20, donde usando ceros y unos se muestra que operación realiza que máquina. En este caso, hay 25 máquinas y 27 procesos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
1	1	1		1																								
2					1																							
3						1																						
4							1	1																				
5									1	1																		
6											1																	
7															1	1												
8																	1											
9																		1										
10																			1									
11																				1								
12																									1			
13																										1		
14																											1	
15																												1
16			1																									
17												1																
18													1	1														
19																						1						
20																												1
21																							1					
22																												
23																												1
24																								1				
25																												1

Figura 20 matriz de incidencia inicial

Una vez teniendo los datos donde se realizan las operaciones y en que máquinas se procede a marcar con un 1 el espacio donde se trabaja la operación esta forma se acomoda la matriz de entrada, una vez teniendo nuestra matriz se ejecuta los pasos descritos antes en la revisión de literatura sobre la modelación de la red neuronal ART ; estos pasos fueron elaborados automáticamente mediante MatLab este programa se corrió para diferentes valores de  $\rho$  para poder determinar varios criterios de similitud dando como resultado la tabla 4 y la figura 21 en esta tabla tan solo se muestran dos resultados debido a que cuando  $\rho > 0$  el resultado de la agrupación es la misma debido a que al momento de aumentar  $\rho$  y al no tener más categorías o más grupos en la red de entrada que se dio esta lo toma igual para los demás  $\rho$ .

	A	B	D	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
1	1	1	1																									
16				1																								
2					1																							
3						1																						
4							1	1																				
5									1	1																		
6											1																	
17												1																
18													1	1														
7															1	1												
8																1												
9																	1											
10																		1										
11																			1									
19																				1								
21																					1							
24																						1						
12																							1					
13																								1				
14																									1			
15																										1		
20																											1	
23																												1
25																												1

**Figura 21** Matriz de incidencia final

Una vez obtenidos los resultados de la red neuronal se verifica la eficiencia de la red neuronal comparando esta contra las técnicas clásicas de formación de grupos tecnológicos utilizando el criterio de eficiencia planteado en el capítulo anterior arrojando como resultado la figura 21.

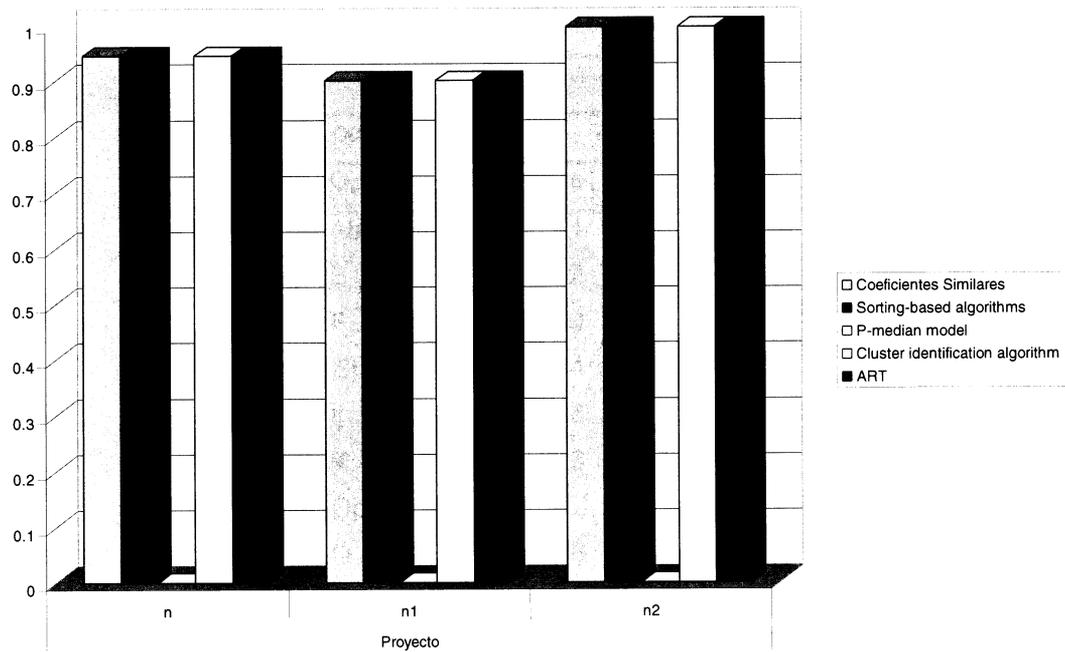


Figura 22 grafica de eficiencia de red neuronal

Como se puede observar en la figura 21, la grafica nos arroja resultados semejantes, es decir, no existe una gran variación entre técnicas a excepción de una de ellas la cual demostró no ser eficiente para la resolución de este problema.

**Tabla 4** resultados obtenidos

$\rho = 0$		$\rho = .1$	
24 celdas		21 celdas	
Celdas	Operaciones	Celdas	Operaciones
1	Abd	1	abd
2	E	2	e
3	F	3	f
4	Gh	4	gh
5	Ij	5	ij
6	K	6	k
7	Op	7	op
8	Q	8	q
9	R	9	r
10	S	10	s
11	T	11	t
12	X	12	x
13	Y	13	y
14	Z	14	z
15	Aa	15	aa1,aa2,aa3,aa4
16	C	16	c
17	L	17	l
18	Mn	18	mn
19	U	19	u
20	Aa	20	v
21	V	21	w
22	Aa		
23	W		
24	Aa		

Uno de los problemas que se presentaron fue que la operación de la máquina 22 y 21 es la misma, es decir el operador puede realizar la operación en cual quiera de las 2 máquinas siendo este un reto; así también se corrió el programa para los diferentes  $\rho$  variando el trabajo de la máquina, es decir, una corrida con la máquina ocupada con los diferentes coeficientes de  $\rho$  y operaciones intercalándolas con la ocupación de la

máquina siendo el resultado un poco diferente en la tabla 4 se muestra el resultado de esto teniendo como respuesta que cuando no se utiliza la máquina se acomoda en la celda 1 y cuando las 2 máquinas se utilizan quedan en la misma celda de manufactura es decir la celda número 21, de igual forma solo se muestran dos resultados.

Tabla 5 resultados obtenidos.

$\rho = 0$		$\rho = .1$	
24 celdas		21 celdas	
Celdas	Operaciones	Celdas	Operaciones
1	abd	1	Abd
2	e	2	E
3	f	3	F
4	gh	4	Gh
5	ij	5	Ij
6	k	6	K
7	op	7	Op
8	q	8	Q
9	r	9	R
10	s	10	S
11	t	11	T
12	x	12	X
13	y	13	Y
14	z	14	Z
15	aa1	15	aa1,aa2,aa3,aa4
16	c	16	C
17	l	17	L
18	mn	18	Mn
19	u	19	U
20	aa2	20	v1,v2
21	v	21	W
22	v		
23	aa3		
24	w		
25	aa4		

Como se muestra en la figura 20 la mejoría agrupando algunas de estas máquinas en células da como resultado una disminución en los tiempos de confección, aunque esta disminución realmente es mínima.

Obteniendo los resultados del programa se realiza una simulación de la planta como se encuentra en la actualidad (figura 23) para compararla con la planta modificada por el programa (figura 24). La agrupación obtenida del programa nos arroja una mejor distribución en los espacios internos de almacén de material y una mejor distribución en cuanto a los seguimientos de las operaciones. Las simulaciones fueron ejecutadas con la misma cantidad de piezas y con los mismos tiempos de proceso la modificación principal fue la reducción de tiempo de transado de una operación a la otra. En la Figura 25 se muestra una grafica comparando el tiempo de las dos simulaciones donde la línea azul continua es la planta sin grupos tecnológicos y la línea roja punteada es la planta con grupos tecnológicos.

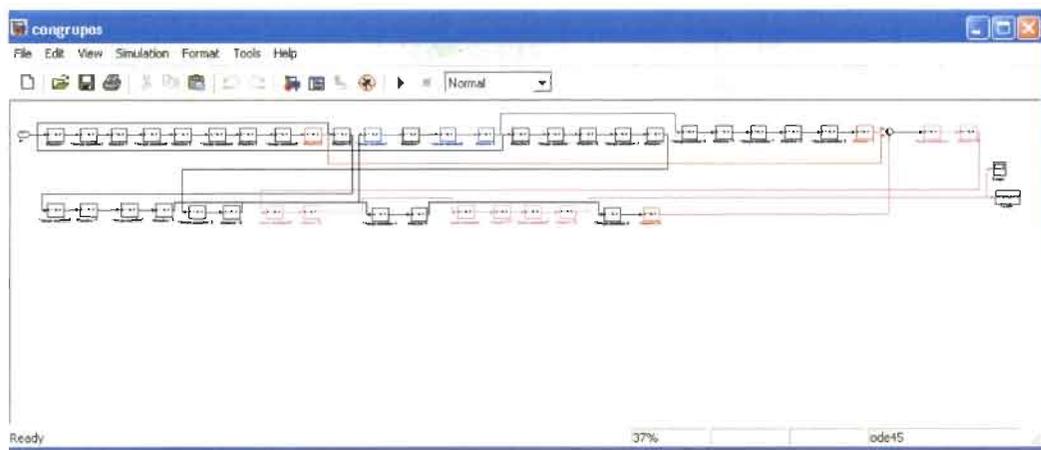


Figura 23 Simulación de planta como se encuentra en la actualidad

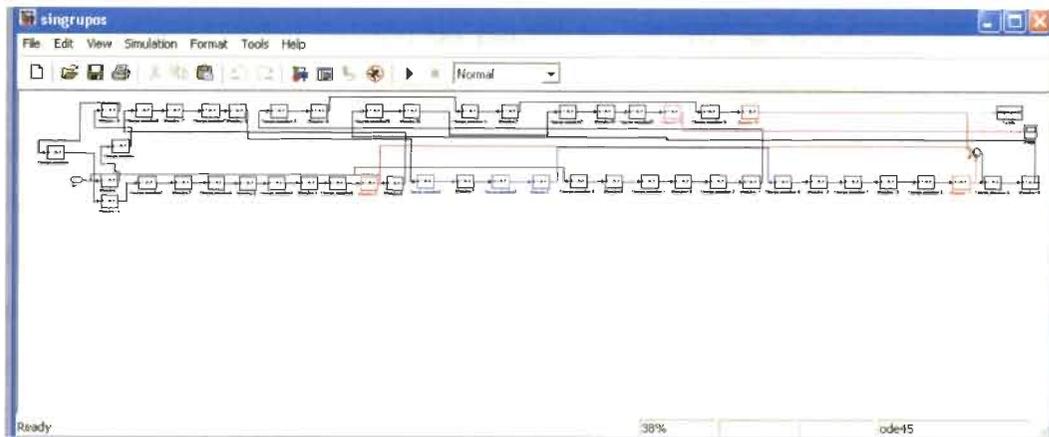


Figura 24 Simulación de planta con la aplicación de grupos tecnológicos

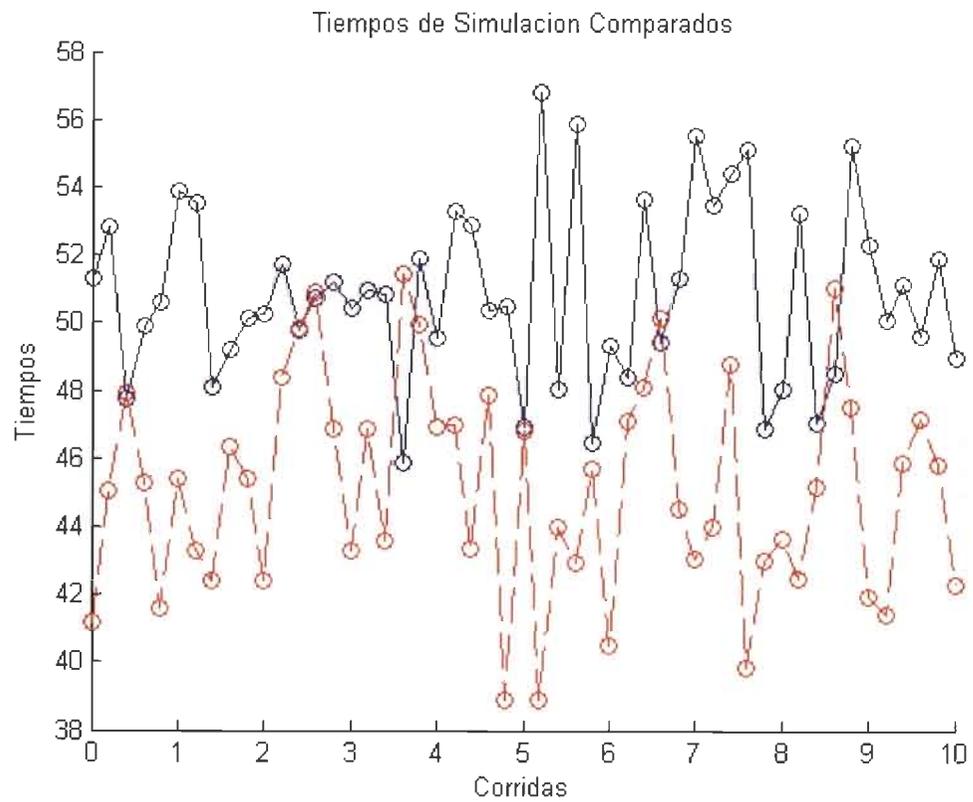
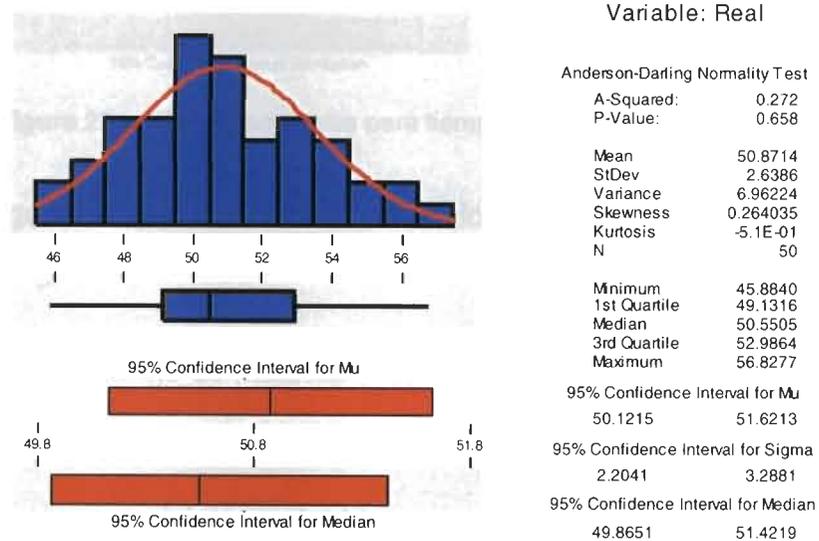


Figura 25 Comparación de simulaciones

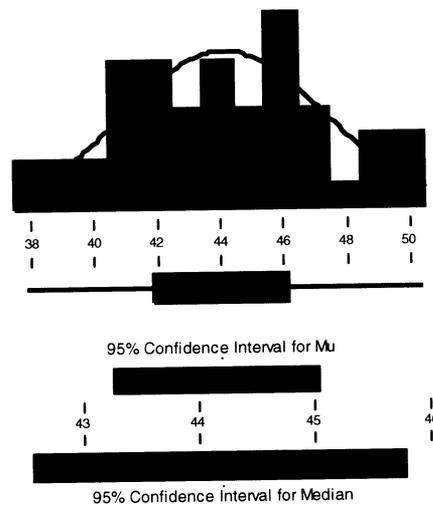
Con esta redistribución de planta se obtuvo la reducción de tiempo de ciclo, esta reducción se puede apreciar al momento de meter los datos que se obtuvieron de la simulación y de la planta sin la reestructuración y hacerle una prueba donde se pueda apreciar las medias como se muestra en la figura 26 donde se observa una media de 50 minutos y en la figura 27 se muestra una media de 45 minutos con esto se puede apreciar la disminución.

### Descriptive Statistics



**Figura 26** análisis descriptivos para tiempos normales

## Descriptive Statistics



Variable: Simulado

### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0.235  
P-Value: 0.780

Mean 44.1528  
StDev 3.1548  
Variance 9.95271  
Skewness 6.13E-02  
Kurtosis -5.9E-01  
N 51

Minimum 37.8827  
1st Quartile 41.9215  
Median 44.2544  
3rd Quartile 46.1551  
Maximum 50.4039

95% Confidence Interval for  $\mu$   
43.2655 45.0401

95% Confidence Interval for  $\sigma$   
2.6396 3.9217

95% Confidence Interval for Median  
42.5789 45.7970

**Figura 27** análisis descriptivos para tiempos normales

En una forma general los resultados obtenidos del desarrollo de este proyecto son los siguientes:

- Reducción del manejo de material
- Menos trabajos entre operaciones
- Trabajo de los operarios es reducido
- Ahorro en tiempo de traslado
- Reducción en el inventario en proceso hasta en un 50%
- 14% Gastos mensuales

El mecanismo de transferencia en este caso en particular será a través de un programa computacional que contenga la investigación desarrollada así como su instructivo de uso y un manual de procedimientos para el usuario.

## 6.-Conclusiones

En esta tesis se ha hecho una comparación de las diferentes técnicas para la formación de grupos tecnológicos, con la cual evaluaron las diferentes técnicas y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

El uso de redes neuronales para la solución de problemas de grupos tecnológicos fiable y segura para formación de grupos tecnológicos. Esta red arroja resultados de la formación casi perfectos.

La técnica clásica "p-median" resulta ser una alternativa no viable cuando se tiene una gran cantidad de procesos y de máquinas, es decir, que el problema a resolver sea demasiado grande.

La técnica clásica de coeficientes similares requiere el uso de un experto para la formación de grupos tecnológicos, siendo el caso que como restricción del proyecto no se contaba con ninguno esta no se puede utilizar.

La utilización de un programa computacional basado en redes neuronales no necesita el uso de un experto para la contracción de los grupos tecnológicos.

El programa computacional creado para esta tesis es de uso general, es decir, se puede aplicar para la formación de grupos tecnológicos en cualquier tipo de ambiente laboral.

## Referencias

- Al-Najjar, B., Alsyof, I. (2002) Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making 0 1 (1)
- Bannatyne, R. (1994) Development of Fuzzy Logic in Embedded Control Sensor Review 14 10-14
- Bermudez Lopez, B. (2001) Fuzzy logic electronic book <http://www.imse.cnm.es/Xfuzzy/>
- Birou, L., Fawcett, S. (1994) Supplier Involvement in Integrated Product Development: A Comparison of US and European Practices International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 24 4-14
- Blanchard, B. (1997) An enhanced approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment Journal of Quality in Maintenance Engineering 3 69-80
- Burnham, K.J., Haas, O.C.L., James, D.J.G. (2000) intelligent systems for optimization and control
- Chi-Leung Hui, P., Keith, C.C., Yeung, K., Sau-Fun, F. (2002) Fuzzy operator allocation for balance control of assembly lines in apparel manufacturing. 0 1 (1)
- Chung Hu, Y., Shun Chen, R., Hshiang Tzeng, G. (2002) Mining fuzzy association rules for classification problems 0 1 (1)
- Chwea-Tzeag Su, (1995), Fuzzy approach for part family formation, IEEE/IAS, Conference, 289-292
- Cisse, Y: Kinouch, Y., Nagashino, M., Akutagawa M. (2000) Identification of biological signal sources for circadian and cardiac cycle rhythms using BP neural networks Kybernetes: The International Journal of Systems & Cybernetics 29 1112 - 1125
- Corney, D. (2002) Food bytes: intelligent systems in the food industry British Food Journal 104 787-805
- Davis Tom, (1990), Group technology for high-mix printed circuit assembly, Electronic manufacturing technology symposium, 264-269
- Dhillon, G., Caldeira, M. (2000) Interpreting the adoption and use of EDI in the
- Evans, S., Jukes, S. (2000) Improving co-development through process alignment International Journal of Operations & Production Management 20 979-988

Finegold, D., Wagner, K. (1999) Transforming the German metalworking industry: moves toward numerical flexibility MCB University Press 48 81-87

Forza, C., Vinelli, A. (1997) Quick response in the textile-apparel industry and

Fu Ho, C. (1996) A contingency theoretical model of manufacturing strategy  
International Journal of Operations & Production Management 16 74-98

Gallo, S., Murino, T., Santillo, L. (2002) Time Manufacturing Prediction: Preprocess Model in Neuro Fuzzy Expert System Dipartimento di Progettazione e Gestione Industriale 1-15

Gould, L. (2001) Hybrid systems with neural nets and fuzzy logic are controlling complex manufacturing processes 0 1 (1)

Groover P. Mikell, (2001), Automation, production systems and computer integrated manufacturing, Chapter 15, 420-459,

Grossber & Carpenter, (1987), A massively parallel architecture for a self-organized neuronal pattern recognition machine, Computer Vision, Vol. 37, 54-115

Grossber & Carpenter, (1992), Fuzzy artmap: A neuronal Network architecture for incremental supervised learning of analog multidimensional maps, Neuronal Networks IEEE Transaction, Vol. 3, 698-713

Hagan T. Martin, (1996), Neuronal network design, PWS Publishing Company, Chapter 16,

Hastings, N.A.J., Msimangira, K.A.B. (1992) Manufacturing Management in Developing Countries with Particular Reference to the Tanzanian Textile Industry International Journal of Public Sector Management 5 Heuristics Fuzzy Optimization and Decision Making 2 161-175

Hojjat, A. (2002) Automatic detection of traffic incidents using data obtained from sensors embedded in intelligent freeways Sensor Review 22 145-149

Huang, B., Chiu, H. (1995) The quality management of the imperfect production process under two monitoring policies International Journal of Quality & Reliability Management 12 19-31

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI (2003) Situación de la Industria Textil

<http://www.arts-history.mx/textilmexicano/introconte1.html>

JAPAN (2001) Use Fuzzy Logic to Speed Project Scheduling Advanced Manufacturing technology 24 8-10

Karamchandani, V. (1994) Robust Kaizen Systems the TQM Magazine 6 37-38

- Karsak, E., Kuzgunkaya, O. (2002) A fuzzy multiple objective programming approach for the selection of a flexible manufacturing system 0 1 (1)
- Kusiak A. Chow W. (1998), Decomposition of manufacturing systems, Journal of robotics and automation, 4,457-471
- Kusiak Andrew (2000), Computational intelligence in design and manufacturing, chapter 10, 294-346
- Kusiak Andrew, (1987), the generalized group technology concept, International journal of production research, 25,561-569
- Kybernetes 29 716-732
- Liceo Alemán de Santiago, (2003), Mediciones altimétricas,  
<http://www.liceoaleman.cl/scouts/talleres/proporcionalidad.htm>
- Mamoda Al-salti, Statham Anthony (1994), The application of group technology concept for implementing SPC in small batch manufacture, International journal of quality & reliability management, 11, 64-76
- Mellado, M., Vendrell, E., Crespo, A., Lopez, P., Garbajosa, J., Lomba, C. (1999) Application of a real time expert system platform for flexible autonomous transport in industrial production Computers in Industry 38 187 (1)
- Meziane, F., Vadera, S. (2000) Intelligent systems in manufacturing: current developments and future prospects Integrated manufacturing Systems 11 218-238
- Moxham, C., Greatbanks, R. (2001) Prerequisites for the implementation of the SMED methodology, A study in a textile processing environment International Journal of Quality & Reliability Management 18 404-414
- NISSAN (2002) Publicidad NISSAN 0 35 (1)
- Onwubolu, G. (1998) Redesigning job shops to cellular manufacturing systems Integrated Manufacturing Systems 9 377-382
- Pacheco, A. (2003) Sistemas Expertos Internet  
[//www.depu.itich.edu.mx/apacheco/ai/definicion](http://www.depu.itich.edu.mx/apacheco/ai/definicion)
- Padet, C. (1995) on applying information principles to fuzzy control Kybernetes 25 61-64
- Park, S., Hwang, Y., Kang, B. (2001) Total handle evaluation from selected mechanical properties of knitted fabrics using neural network International Journal of Clothing Science and Technology, 13 106-114
- Portuguese clothing and textile industry Information Management & Computer Security 8 184-188

Prasad, B. (1995) JIT quality matrices for strategic planning and implementation  
International Journal of Operations & Production Management 15 116-142

Proth J. (1986), Group technology in production management a tool for simplify  
some scheduling problems, Robotics and automation proceedings, 3, 1641-1644

Riverola, F., Corchado, J. (2000) Sistemas híbridos neuro-simbólicos: una revisión  
Inteligencia Artificial,

Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. 11 26-32

Rodríguez López, I. (2000) Vestigios de la Industria Textil Actualidades  
Arqueológicas 0

<http://morgan.iaa.unam.mx/usr/Actualidades/24/textos24/Textiles.html>

Roger, J. (1997) Neuro-fuzzy and soft computing Prentice Hall 0

Singh, N., Shek K., Meloche, D. (1990) the Development of a Kanban System: A  
Case Study International Journal of Operations & Production Management 10 12-16

Soulier, M. (2001) algoritmos genéticos y sistemas acumulativos en configuraciones  
deterministicas Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires Argentina

Stephens, M. A. (1976). *Asymptotic Results for Goodness-of-Fit Statistics with  
Unknown Parameters*, Annals of Statistics, Vol. 4, pp. 357-369.

Stylios, G. (1996) The principles of intelligent textile and garment manufacturing  
systems Assembly Automation 16 40-44

Stylios, G. Sotomi, J.O. (1996) Thinking sewing machines for intelligent garment  
manufacture International Journal of Clothing Science and Technology 8 44-55

Stylios, G., Sotomi, J.O. (1995) A neuro-fuzzy control system for intelligent overlook  
sewing machines international Journal of Clothing Science and Technology 7 49-55

The Georgia Institute of Technology (1997) Automated inspection system.  
Electronics Now 68 6 (1)  
the support of information technologies Integrated Manufacturing Systems 8 125-  
136

Ükran, S., Kadipas, N., Peixoto, J. (1999) Global manufacturing practices: an  
empirical evaluation Industrial Management & Data Systems 99 101-108

Von der Bercke, C. (2003) red neural, red neuronal, Biblioteca virtual de inteligencia  
artificial [http://www.ufasta.edu.ar/ohcop/neural\\_n.html](http://www.ufasta.edu.ar/ohcop/neural_n.html)

Wenmerlov U., Hyer N.L (1989), Cellular manufacturing in the U.S. industry: A  
survey of user, Internatinal journal of production research, 27, 1511-1530

Wyman, V. (1991) Fuzzy logic means a right wind-up for textile fibres. The Engineer 273 44 (1)

Yanhai Hu, Feifan Ye Zhimei Fang, (2000), A study on the integration of lean production and group technology, Management of innovation and technology, 2,839-842

YUN, Y. (2003) Performance Analysis of Adaptive Genetic Algorithms with Fuzzy Logic and

Zhou, Y., Li, S., Jin, R. (2001) A new fuzzy neural network with fast learning algorithm and guaranteed stability for manufacturing process control 0 1 (1)

## Anexos

### Anexo 1 tiempos de proceso

1	2	3	Cuello				7
Coser cuello alrededor	Afinar volver cuello	y Planchar el cuello	Pespuntear el cuello	Simetrías y pique entero	Hacer bastilla pie	Coser cuellos y pie	y
2.39	2.12	0.50	2.14	1.49	1.54	2.25	
2.29	2.08	0.40	2.55	1.21	1.56	2.47	
2.53	2.00	0.47	2.22	1.32	1.23	2.36	
2.48	2.52	0.53	2.17	1.15	1.50	2.41	
2.38	2.11	0.57	2.52	1.35	1.43	2.05	
2.48	2.17	0.44	2.21	1.02	1.04	2.25	
2.38	2.39	0.43	2.41	1.33	1.18	2.22	
2.20	2.16	0.57	2.57	1.41	2.42	2.09	
2.17	2.27	0.43	2.42	1.56	2.19	2.49	
2.20	2.03	0.55	2.52	1.44	2.25	2.49	
2.31	2.58	0.57	2.10	1.43	2.29	2.26	
2.43	2.34	0.43	2.16	1.25	2.06	2.56	
2.18	2.24	0.43	2.50	1.37	1.31	2.08	
2.49	2.30	0.39	2.31	1.47	1.43	2.51	
2.33	2.10	0.39	2.53	1.04	1.57	2.48	
2.21	2.25	0.52	2.46	1.55	1.53	2.26	
2.41	2.13	0.42	2.43	1.54	1.46	2.36	
2.32	2.34	0.56	2.26	1.35	1.14	2.56	
2.26	2.44	0.41	2.18	1.14	1.43	2.37	
2.40	2.31	0.41	2.17	1.51	1.50	2.14	
2.36	2.37	0.59	2.19	1.30	1.53	2.20	
2.46	2.12	0.47	2.30	1.43	2.44	2.11	
3.01	2.22	0.45	2.51	1.24	1.48	2.28	
2.30	2.46	0.44	2.34	1.56	1.52	2.24	
2.51	2.40	0.46	2.49	1.04	1.03	2.27	
2.10	2.20	0.46	2.32	1.32	1.49	2.36	
2.57	2.30	0.51	2.32	1.17	1.25	2.09	
2.16	2.46	0.40	2.32	1.50	2.31	2.18	
2.14	2.03	0.38	2.30	1.19	2.52	2.35	
2.51	2.35	0.48	2.54	1.40	1.54	2.10	
2.43	2.02	0.57	2.10	1.03	1.04	2.36	
2.00	2.57	0.31	2.35	1.26	1.18	2.22	
2.45	2.14	0.49	2.25	1.07	1.54	2.00	
2.27	2.37	0.35	2.31	1.04	1.50	2.24	
2.56	2.29	0.44	2.2	1.50	1.58	2.44	
2.28	2.54	0.30	2.26	1.02	1.33	2.46	

2.25	2.46	0.50	2.13	1.21	1.52	2.54
2.51	2.27	0.38	2.35	2.09	1.19	2.49
2.32	2.01	0.55	2.46	1.14	1.01	2.21
2.12	2.50	0.55	2.32	1.05	1.38	2.36
2.41	2.27	0.46	2.39	1.24	2.01	2.43
2.51	2.37	0.42	2.12	1.45	2.09	2.11
2.01	2.48	0.57	2.23	1.02	1.42	2.53
2.41	2.56	0.54	2.47	1.02	1.25	2.33
2.23	2.45	0.48	2.41	1.30	2.40	2.37
2.50	2.10	0.54	2.28	1.44	1.38	2.13
2.30	2.24	0.48	2.34	1.09	2.03	2.32
2.43	2.57	0.37	2.48	1.59	2.55	2.54
2.26	2.55	0.35	2.03	2.01	2.07	2.19
2.18	2.25	0.37	2.36	2.15	2.4	2.38
2.11	2.54	0.44	2.03	2.11	1.01	2.23
2.11	2.03	0.51	2.25	1.13	1.22	2.37
2.41	2.21	0.36	2.18	1.21	2.31	2.41
2.18	2.41	0.55	2.53	1.13	1.39	2.23
2.33	2.01	0.45	2.00	1.56	2.43	2.24
2.09	2.08	0.38	2.46	1.24	2.18	2.38
2.42	2.12	0.50	2.59	2.08	2.10	2.49
2.23	2.12	0.44	3.00	2.12	1.55	2.21
2.52	2.36	0.41	2.48	2.17	1.26	2.25
2.52	2.16	0.51	2.26	1.02	1.25	2.35
2.36	2.12	0.47	2.30	1.39	1.3	2.33
2.30	2.00	0.53	2.13	1.19	1.58	2.42
2.54	2.45	0.59	2.39	1.25	2.37	2.30
2.50	2.27	0.43	2.19	2.15	1.39	2.45
2.39	2.56	0.56	2.58	2.10	2.31	2.28
2.49	2.28	0.31	2.44	1.43	1.41	2.10
2.4	2.25	1.02	2.25	1.41	1.36	2.41
2.2	2.51	0.34	2.45	2.39	1.25	2.57
2.17	2.32	0.34	2.16	1.37	1.37	2.47
2.20	2.12	0.56	2.26	2.29	2.45	2.41
2.32	2.41	0.51	2.56	2.46	1.00	2.28
2.44	3.02	0.29	2.41	1.37	1.47	2.06
2.18	2.01	0.25	2.12	1.38	1.07	2.39
2.51	2.41	0.57	2.51	1.08	2.11	2.21
2.34	2.23	0.32	2.38	1.12	2.04	2.08
2.22	2.50	0.35	2.08	2.03	2.58	2.33
2.42	2.30	0.48	2.12	1.30	1.58	2.48
2.33	2.43	0.35	2.37	2.35	1.41	2.39
2.27	2.26	0.41	2.38	1.28	1.32	2.58
2.42	2.18	0.27	2.22	1.27	2.00	2.56
2.37	2.11	1.01	2.35	2.06	2.18	2.03

8

9

10

11

12

Cuello

Bolsillos

Afinar capes volver	y	Pespte pie alrededor	Marcar recorrido y dar aplomo a los hombros	Coser boca	Planchar bolsillo
0.45		1.25	1.45	1.28	0.49
0.40		1.42	1.47	1.26	0.18
0.50		1.46	1.57	1.48	0.23
0.47		1.00	1.38	1.44	0.32
0.46		1.11	1.55	1.24	0.27
0.47		1.31	1.32	1.41	0.49
0.57		1.16	1.31	1.41	0.29
0.43		1.05	1.36	1.44	0.43
0.44		1.04	1.57	1.23	0.59
0.42		1.28	1.31	1.43	0.37
0.44		1.39	1.37	1.22	0.57
0.41		1.26	1.58	1.38	0.52
0.44		1.50	1.36	1.42	0.56
0.47		1.44	1.44	1.45	0.20
0.52		1.35	1.38	1.44	0.51
0.42		1.54	1.49	1.53	0.55
0.37		1.15	1.57	1.15	0.22
0.45		1.48	1.52	1.28	0.20
0.46		1.19	1.49	1.49	0.49
0.35		1.40	1.30	1.28	0.47
0.50		1.56	1.32	1.55	0.44
0.52		1.00	1.32	1.44	0.48
0.41		1.29	1.38	1.18	0.44
0.41		1.11	1.53	1.18	0.54
1.02		1.52	1.58	1.15	0.27
0.53		1.30	1.30	1.24	0.33
0.58		0.59	1.53	1.37	0.24
0.46		1.04	1.48	1.35	0.16
0.56		1.24	1.46	1.45	0.18
0.45		1.55	1.37	1.40	0.53
0.54		1.21	1.53	1.37	0.30
0.50	0.98879	1.54037		1.34597	0.382794
0.38	1.29412	1.55255		1.35795	0.206221
0.55	1.60042	1.50975		1.41485	0.301137
0.55	1.50691	1.28092		1.33229	0.33282
0.46	1.30445	1.49783		1.46991	0.539447
0.42	1.12914	1.59894		1.36125	0.512634
0.57	1.36357	1.44439		1.33439	0.450806
0.31	1.27764	1.41414		1.51666	0.164704
0.49	1.66915	1.59887		1.20435	0.398759
0.35	0.9673	1.41301		1.3932	0.343324
0.44	1.06275	1.52175		1.33043	0.255655
0.30	1.50325	1.5911		1.40513	0.59388
0.54	1.41449	1.44477		1.37739	0.429609
0.37	1.45075	1.47456		1.19649	0.097404

0.44	1.15609	1.47649	1.38913	0.456968
0.51	1.45939	1.60126	1.41939	0.269751
0.36	1.07207	1.4807	1.48346	0.685824
0.55	1.55431	1.46955	1.51117	0.505133
0.45	1.49541	1.53427	1.28253	0.283335
0.38	1.16232	1.49481	1.28472	0.514722
0.50	1.19286	1.40413	1.37651	0.28427
0.48	1.31701	1.3391	1.05628	0.449375
0.54	1.12558	1.42584	1.40125	0.475986
0.48	1.20159	1.49444	1.60433	0.168035
0.37	1.47002	1.29773	1.40979	0.620903
0.35	1.4117	1.28531	1.20532	0.286522
0.44	1.67417	1.31189	1.55539	0.439845
0.41	1.25831	1.33781	1.31024	0.257802
0.51	0.82152	1.48425	1.44191	0.70126
0.55	1.3572	1.45554	1.39641	0.28112
0.22	0.83718	1.32547	1.20918	0.316222
0.20	1.41985	1.50118	1.33576	0.439552
0.49	1.15856	1.4786	1.42552	0.520021
0.47	1.36946	1.29966	1.23536	0.475232
0.44	1.66164	1.39386	1.34141	0.082089
0.48	1.40734	1.37042	1.41474	0.395882
0.44	1.02849	1.32682	1.32856	0.289208
0.54	1.17074	1.41736	1.44858	0.425212
0.51	1.15595	1.4414	1.46199	0.378157
0.53	1.4122	1.48902	1.59226	0.453949
0.47	1.30537	1.48651	1.39008	0.304549
0.45	0.8649	1.46427	1.28881	0.284664
0.56	1.29053	1.49798	1.577	0.255023
0.52	1.18809	1.57096	1.16638	0.261522
0.47	1.02102	1.4925	1.0053	0.559024
0.56	0.75769	1.44203	1.61315	0.301841
0.31	1.38244	1.44213	1.4393	0.380021
1.02	0.74558	1.37034	1.55343	0.396926
0.34	1.48999	1.31962	1.4778	0.049544
0.34	0.93186	1.42807	1.27304	0.479879

**Delantero**

Planchar el lado izquierdo	Planchar el lado derecho	Pespunte de derecho	Pespunte borde vista	Coser bolsillo
1.02	0.54	2.54	1.58	1.05
1.06	0.48	2.06	1.55	1.56
1.15	0.50	2.09	1.54	1.13
0.4	0.45	2.24	1.39	1.35
1.09	0.57	2.24	1.55	1.28
1.23	0.57	2.03	1.43	1.52

1.13	0.48	2.55	1.46	1.44
1.08	0.52	2.08	1.47	1.26
1.24	0.47	2.22	1.48	1.01
0.56	0.53	2.18	1.47	1.48
1.14	0.49	2.09	1.49	1.26
0.59	0.54	2.52	1.44	1.36
1.2	0.57	2.19	1.51	1.46
1.01	0.52	2.43	1.44	1.54
1.26	0.58	2.24	1.47	1.43
1.29	0.56	2.23	1.58	1.10
1.2	0.47	2.29	1.53	1.23
1.36	0.56	2.09	1.39	1.55
1.27	0.47	2.30	1.47	1.54
1	0.53	2.37	1.33	1.24
1.21	0.54	2.00	1.37	1.52
1.17	0.55	2.49	1.53	1.03
1.1	0.50	2.49	1.49	1.20
1.24	0.51	2.41	1.30	1.47
1.35	0.51	2.27	1.46	1.00
1.36	0.53	2.04	1.43	1.08
1.24	0.47	2.48	1.56	1.11
0.4257	0.45	2.11	1.38	1.11
1.1773	0.56	2.26	1.31	1.35
0.3009	0.52	2.00	1.43	1.16
0.7238	0.47	2.18	1.58	1.11
1.64066	0.483771	2.30364	1.45964	1.34004
0.82226	0.488563	2.50655	1.38968	1.1264
0.93151	0.522872	2.17617	1.40952	1.17213
0.8614	0.534986	2.27673	1.44163	1.13198
0.58466	0.527578	2.02696	1.52197	1.35966
1.37325	0.59604	2.04993	1.5278	1.18334
1.12551	0.559282	2.44352	1.3637	1.19065
0.79619	0.560492	2.29586	1.50785	1.13644
1.06458	0.537077	2.39537	1.45092	1.22851
0.8673	0.539827	2.18668	1.48744	1.17217
1.29878	0.437118	2.39707	1.33057	1.39668
1.41126	0.47435	2.26452	1.48058	1.5796
1.53903	0.527083	2.34984	1.40174	1.23922
0.65025	0.490135	2.20258	1.58149	1.48297
1.17876	0.528249	2.33012	1.45114	1.29441
0.88047	0.566772	2.45528	1.41447	1.38762
1.31333	0.537753	2.27162	1.25304	1.57896
0.95758	0.459999	2.206	1.47051	1.18921
1.39701	0.483703	2.27632	1.44708	1.65618
1.16563	0.450773	2.07166	1.37715	1.1608
0.88112	0.529893	1.87758	1.49374	1.18494
0.73717	0.479006	1.98226	1.54495	1.31711
1.38416	0.582499	2.25985	1.50005	1.4094
1.0756	0.503912	2.35765	1.48607	0.93593
1.17442	0.460698	2.22935	1.59464	1.37795
1.11	0.496119	2.12669	1.4858	1.58421

1.05318	0.513992	2.15389	1.59077	1.24864
1.09821	0.487107	2.41581	1.37898	1.51698
1.0467	0.55211	2.26583	1.58231	1.25067
0.15057	0.522479	1.99963	1.60152	1.27471
1.12655	0.499542	1.76188	1.33394	1.31147
0.89949	0.565525	2.35112	1.3518	1.33075
1.86479	0.597441	2.13637	1.48804	1.42503
1.41272	0.562365	1.78488	1.46291	1.24146
0.9613	0.518454	2.28335	1.39505	1.4585
0.72918	0.518831	2.12974	1.30055	1.21775
1.29264	0.521656	1.77892	1.44567	1.16212
1.52486	0.482418	2.30991	1.5176	1.33906
1.2571	0.469558	2.2812	1.60955	1.48301
0.84952	0.436875	2.12579	1.49619	1.43595
1.02202	0.526728	2.3291	1.5173	1.0878
0.73002	0.545289	2.07485	1.34969	1.45267
0.9201	0.471882	1.9205	1.43534	1.48238
0.81314	0.610286	2.08454	1.45925	0.98989
1.46661	0.536323	2.07843	1.34586	1.60462
1.1736	0.562761	2.00712	1.58718	1.10027
1.22428	0.513199	2.11687	1.58738	1.23387
1.03779	0.593091	1.81701	1.45192	1.27667
1.03904	0.558337	2.01704	1.40478	1.09989
0.99949	0.544724	1.98505	1.50784	1.31425

Puño					
Coser bastilla	Coser puño alrededor	Afinar y volver	Planchar y cantear	Coser ojal	Poner botón
1.01	1.25	1.32	1.32	2.54	0.34
1.00	1.34	1.25	1.27	2.24	0.56
1.21	1.46	1.18	1.02	2.38	0.33
1.12	1.43	1.53	1.01	2.49	0.30
1.27	1.38	1.00	1.19	2.56	0.54
1.13	1.43	1.46	1.00	2.31	0.33
1.12	1.39	1.59	1.23	2.30	0.46
1.24	1.29	2.00	1.41	2.55	0.57
1.15	1.28	1.48	1.05	2.29	0.47
1.05	1.29	1.26	1.02	2.53	0.54
1.19	1.35	1.30	1.37	2.57	0.25
1.24	1.41	1.13	1.37	2.29	0.29
1.00	1.28	1.39	1.00	2.29	0.52
1.19	1.44	1.19	1.00	2.22	0.39
1.11	1.36	1.58	1.11	2.23	0.55
1.24	1.30	1.44	1.35	2.46	0.49
1.14	1.40	1.25	1.03	2.27	0.48

1.20	1.35	1.45	1.22	2.54	0.36
1.12	1.32	1.16	1.38	2.27	0.30
1.08	1.40	1.26	1.43	2.27	0.30
1.05	1.38	1.56	1.42	3.00	0.31
1.05	1.43 *	1.41	1.05	2.38	0.39
1.19	1.47	1.12	1.27	2.33	0.54
1.08	1.35	1.51	1.26	2.32	0.41
1.15	1.45	1.38	1.21	2.34	0.52
1.04	1.25	1.08	1.09	2.36	0.40
1.20	1.48	1.12	1.41	2.44	0.40
1.10	1.27	1.37	1.42	2.24	0.40
1.24	1.27	1.38	1.44	2.21	0.39
1.24	1.45	1.22	1.29	2.38	0.55
1.17	1.41	1.35	1.33	2.55	0.25
1.15384	1.30177	1.72491	1.37328	2.2993	0.522556
1.11591	1.39454	1.30186	0.8538	2.06177	0.221024
1.15151	1.30182	1.4638	0.94809	2.64905	0.467659
1.16543	1.36263	1.6684	1.37886	2.49777	0.483624
1.20234	1.48217	1.28532	1.30372	2.65343	0.460449
1.16677	1.46391	1.37109	1.06627	2.37994	0.457423
1.11877	1.33244	1.15089	1.17252	2.5191	0.567414
1.22898	1.35493	1.40099	1.23944	2.44173	0.406828
1.06244	1.45663	1.05393	1.14391	2.52823	0.48848
1.04688	1.29612	1.28042	1.14278	2.19389	0.63831
1.11711	1.26454	1.51221	1.07441	2.38774	0.32593
1.14363	1.35695	1.44798	1.08416	2.25732	0.499445
1.04654	1.38084	1.44899	1.12406	2.27114	0.341938
1.28138	1.3056	1.32456	1.32108	2.23922	0.36606
1.12285	1.31391	1.44456	1.18606	2.21115	0.31767
1.31567	1.44696	1.20347	1.07282	2.36033	0.319706
1.16967	1.41328	1.17202	1.18051	2.17972	0.233202
1.05584	1.44402	1.12997	1.05042	2.35189	0.523564
1.15323	1.39423	1.18403	1.24138	2.45114	0.371855
1.13302	1.47594	1.56137	1.06646	2.40911	0.64017
1.03669	1.28419	1.36478	1.18014	2.56167	0.505295
1.2099	1.33644	1.05151	0.77527	2.59878	0.495118
1.05856	1.41892	1.62802	1.32018	2.33448	0.434467
1.12699	1.21831	1.09148	1.25673	2.58187	0.385004
1.00337	1.51573	1.66316	1.3937	2.24694	0.39203
1.09601	1.49149	1.19849	1.23852	2.36808	0.344494
1.16183	1.35058	1.50383	1.44659	2.38215	0.654112
1.17889	1.3908	1.31479	1.13136	2.45696	0.353644
1.13213	1.3137	1.25475	1.18348	2.70541	0.257404
1.19881	1.27921	1.37558	1.34893	2.36142	0.53845
0.93432	1.29353	1.21164	1.52384	2.18171	0.429621
1.26677	1.31025	1.29814	1.49859	2.24929	0.510853
1.08131	1.41441	1.29902	1.01032	2.41413	0.323591
1.20257	1.30157	1.07536	1.07691	2.67028	0.54066
1.23981	1.38921	1.44118	1.23297	2.2199	0.609342
1.01248	1.44977	1.38641	1.24133	2.30533	0.281577
1.15812	1.36746	1.49725	1.00254	2.27375	0.440523

0.984	1.31189	1.65475	1.20962	2.46186	0.327529
1.05966	1.24762	1.50901	1.11442	2.3417	0.360239
1.22623	1.31319	1.49352	1.15482	2.38997	0.365382
1.21482	1.32088	1.39464	1.31789	2.20597	0.202399
1.15801	1.30544 *	1.76341	1.00485	2.25121	0.315785
1.11701	1.34081	1.10531	1.1026	2.17438	0.175122
1.13939	1.41633	1.37343	1.23791	2.15893	0.738806
1.11084	1.26627	1.2466	1.3969	2.2461	0.40965
1.13486	1.4353	1.37231	1.00225	2.41742	0.673331
1.16803	1.36225	1.33713	1.24079	2.22184	0.554296
1.28818	1.31633	1.61954	1.26004	2.42162	0.251751
1.18611	1.43205	1.29107	1.15404	2.38561	0.514053
1.16741	1.32352	1.09976	1.3628	2.33723	0.473833

Espalda			Final
Sujetar pala	Coser canesú y espalda	Pespuntear canesú	Juntar Cuello, Puño, Espalda y Delantero
1.20	3.45	2.14	4.31
1.17	3.38	2.21	4.01
1.02	3.42	2.33	4.54
1.40	3.24	2.15	4.07
1.38	3.25	2.36	4.49
1.58	3.39	2.03	4.51
1.32	3.51	2.34	4.34
1.23	3.22	2.42	4.52
1.11	3.25	3.01	4.55
1.36	3.36	2.45	4.04
1.43	3.34	2.45	4.18
1.22	3.43	2.26	4.13
1.00	3.31	2.38	4.31
1.24	3.47	2.48	4.41
1.44	3.29	2.05	4.57
1.46	3.11	2.57	4.48
1.54	3.42	2.55	4.56
1.49	4.01	2.36	4.53
1.21	3.49	2.15	4.53
1.36	3.42	2.53	4.46
1.43	3.29	2.31	4.33
1.11	3.06	2.44	4.06
1.53	3.42	2.25	4.58
1.33	3.22	2.58	4.29
1.37	2.58	2.04	4.45
1.13	3.34	2.33	4.39
1.32	3.51	2.17	4.36
1.54	3.41	2.52	4.31

1.19	4.03	2.20	4.29
1.38	3.58	2.41	4.34
1.23	3.03	2.03	4.56
1.26004	3.23526	2.60067	4.53
1.51449	3.38197	2.37782	4.47
1.48624	3.40565	2.40855	4.46
1.09488	3.3899	2.01076	4.45
1.38287	3.62682	2.77699	4.39
1.22661	3.47838	2.49381	4.54
1.56507	3.47589	2.00102	4.58
1.35892	3.35438	2.3732	4.39
1.44121	3.50288	2.11342	4.25
1.09123	3.4035	2.47195	4.46
1.40844	3.37897	2.43335	4.54
1.2947	3.57212	2.10392	4.41
0.87739	3.90385	2.23534	4.54
1.36041	3.46198	2.23962	4.35
1.34887	3.42989	2.59448	4.41
1.20804	3.42785	2.18974	4.35
1.32351	2.9889	2.31142	4.33
1.38746	3.50541	2.22148	4.49
1.213	3.33968	2.85499	4.46
1.55071	3.32085	2.3626	4.39
1.28699	3.36741	2.09861	4.31
1.11202	3.53588	2.77075	4.42
1.23895	3.04048	1.82393	4.41
1.05579	3.41276	2.02056	4.51
1.05406	2.99154	2.24937	4.46
1.37973	3.50834	2.57216	4.41
1.28496	3.85655	2.5988	4.17
1.4417	3.60395	2.19074	4.38
1.21122	3.34672	2.47294	4.49
1.15533	3.51958	2.25775	4.33
1.40496	3.18454	2.47415	4.32
1.26742	3.41646	2.3961	4.45
1.38416	3.24821	2.64741	4.54
1.38922	3.42552	2.60249	4.48
1.52073	3.03179	2.31763	4.59
1.42233	3.69594	2.07169	4.45
1.05928	3.27697	2.11067	4.36
1.39622	3.40319	2.27203	4.22
1.38328	3.11774	2.59351	4.42
1.52384	3.42874	2.02384	4.43
1.45974	3.29156	2.12736	4.31
1.27016	3.44373	2.11356	4.49
1.28232	3.25554	2.33472	4.49
1.44139	3.35323	2.03438	4.57
1.54747	3.53687	2.18564	4.06
1.42547	3.18434	1.97966	4.16
1.53753	3.1444	2.39889	4.43
1.46754	3.45081	2.31	4.32

1.3303	3.49056	2.14392	4.27
1.25017	3.39478	2.28272	4.26

Anexo 2 procesos y su distribución ajustada

Cuello								
Coser cuello alrededor	Afinar volver cuello	y	Planchar el cuello	Pespuntear el cuello	Simetrías y pique entero	Hacer bastilla pie	Coser cuellos pie y	Afinar capes volver y
weibull	weibull		log logistic	weibull	log logistic	log logistic	beta	log logistic

Cuello	
Pespte pie alrededor	Marcar recorrido y dar aplomo a los hombros
weibull	weibull

Bolsillos	
Coser boca	Planchar bolsillo
weibull	Beta

Delantero				
Planchar el lado izquierdo	Planchar el lado derecho	Pespunte de derecho	Pespunte borde vista	Coser bolsillo
weibull	weibull	weibull	weibull	inverce gaussian

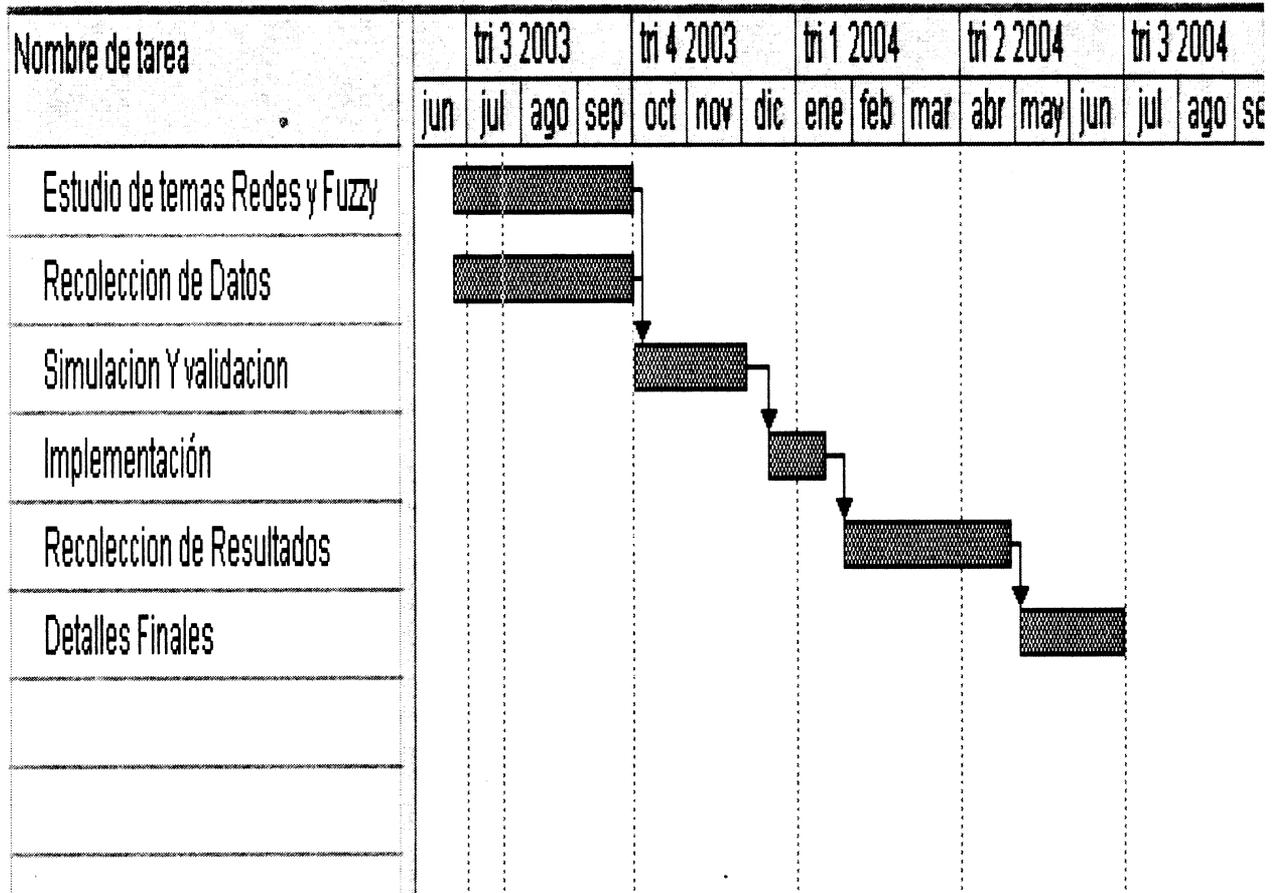
Puño

Coser bastilla	Coser puño alrededor	Afinar y volver	Planchar y cantar	Coser ojal	Poner botón
weibull	earlang	weibull	weibull	log normal	weibull

Espalda		
Sujetar pala	Coser canesú y espalda	Pespuntear canesú
weibull	log normal	pearsons

Final
Juntar Cuello, Puño, Espalda y Delantero
weibull

Metodología a Seguir



**Figura 21**

Actividades tercer cuatrimestre

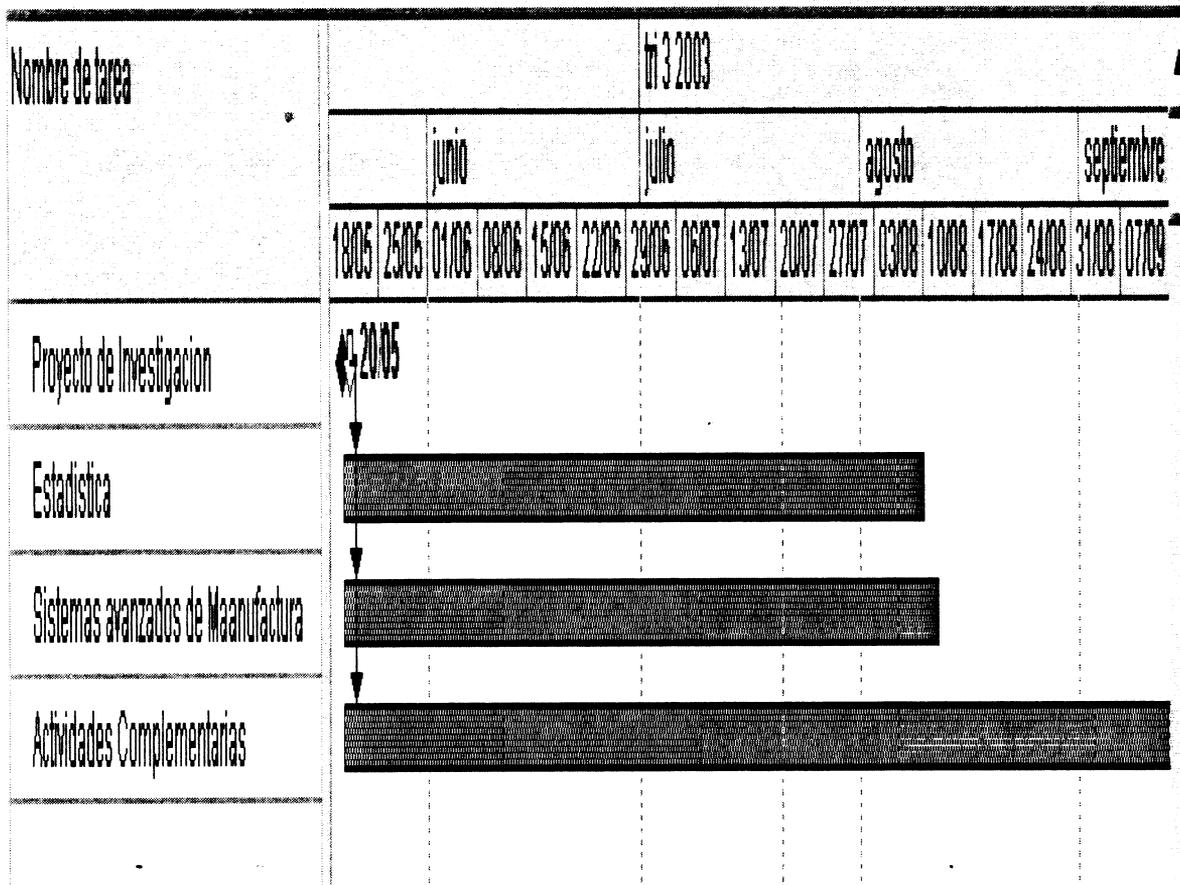


Figura 22

Seminarios

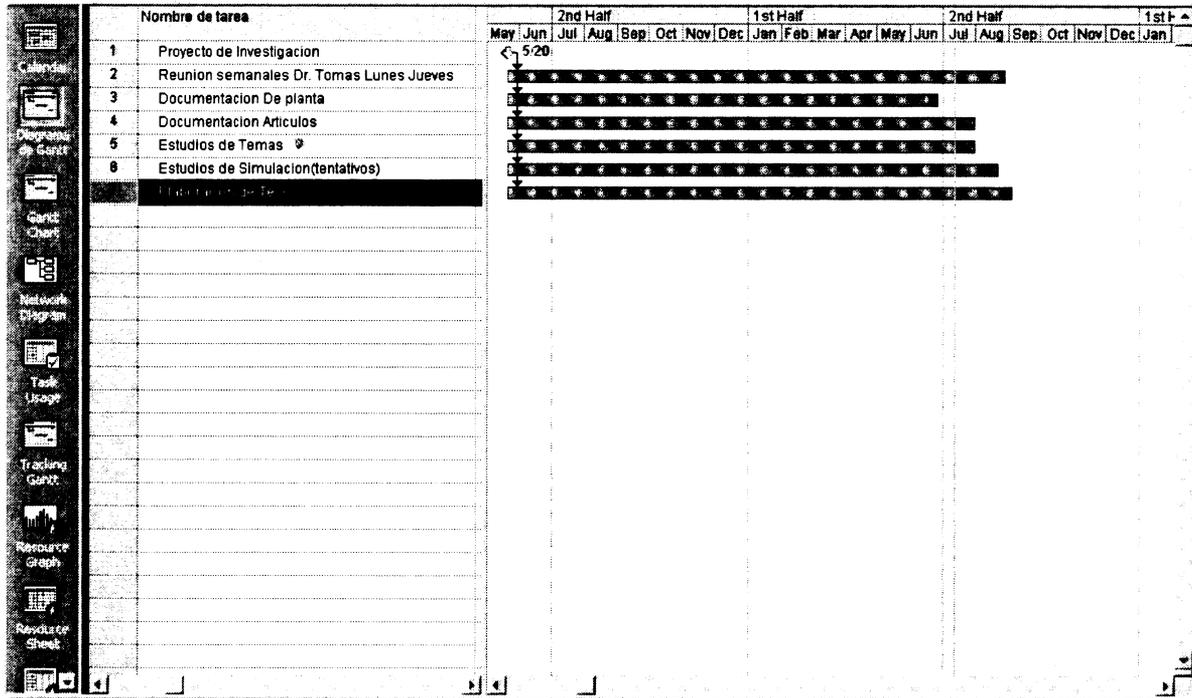


Figura 1

% programa de demo para grupos

%elias carrum

```

function [media,elias]=elias3(f)

clear all

clear

clc

('Este programa es para formar grupos tecnologicos')

maquinas=input('El numero de maquinas es ');

operaciones=input('El numero de operaciones es ');

hold on

xlabel('Maquinas')

ylabel('Operaciones')

grid on

xgrid=(maquinas);

ygrid=(operaciones);

axis([1 maquinas 1 operaciones])

plot(maquinas,operaciones)

[x,y]=ginput(operaciones);

X=round(x);

Y=round(y);

plot(X,Y,'o')

entrada=zeros(maquinas,operaciones);

for i=1:operaciones

    p(i,:)=X(i),Y(i);

end

for j=1:operaciones

    entrada1=p(j,:);

    for k=1:2

        entrada2=(entrada1(1));

        entrada3=(entrada1(2));

```

```

end

entrada(entrada3,entrada2)=1;

end

P=entrada;

%rho=.5;

L=.5;

[M N]=size(P);

s1=M;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% se inicializan los pesos

for i=1:M

    for j=1:N

        w12(i,j)=(1/(M+1));

        w21(j,i)=1;

    end

end

%w21=[w21;ones(1,27);ones(1,27)];

%w12=[w12;ones(1,27);ones(1,27)];

%P=[P;zeros(1,27);zeros(1,27)];

[s2 s3]=size(w21);

for rho=0:.1:1

    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

    %% paso 1

    for k=1:M

        res=1;

        nn=0;

```

```
while res==1
```

```
    a1=P(k,:);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% paso 2 se multiplica w12 con a1
```

```
    paso2=w12*a1';
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% se checa la neurona ganadora
```

```
    paso21=compet(paso2);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% se realiza la expectacion de la competencia
```

```
    for e=1:s1
```

```
        if paso21(e,:)==0
```

```
            else E=e+nn;
```

```
        end
```

```
    end
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% paso3 se realiza la expectacion
```

```
    paso3=w21(:,E);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% paso 4 se realiza la expectacion entre capas
```

```
    paso4=paso3&a1';
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%% paso 5 se determina el grado de similitu
```

```

a12=sum(paso4);

p12=sum(a1);

paso5=p12/a12;

    if paso5<rho

        res=1;

        nn=nn+1;

        if nn==s3

            w12=[w12 (1/(M+1)+zeros(M,1))];

            w21=[w21 ones(M,1)];

        end

    else

        res=0;

        w=(paso4)/(L+(sum(paso4)));

        w12(E,:)=w';

        w21(:,E)=a1';

        contador(k,:)= [k,E,];

    end

end

end

disp=contador

maximos=max(contador)

disp=rho

pause

end

plot (cont

```