



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**EVALUACION DE SOFTWARE DE SIMULACION
PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA
INDUSTRIAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL**

P R E S E N T A N :

JAIME ALATRISTE GALVAN
RICARDO CONDE ROBREDO
CARLOS CORTES CRUZ
OSCAR DOMINGUEZ GRAJEDA
JUAN RAUL NAVA DIAZ BARRIGA

DIRECTOR DE TESIS: M.ENI. JESUS MANUEL DORADOR GONZALEZ



MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



AGRADECIMIENTOS (JAG)

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la invaluable oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

A la Facultad de Ingeniería, por la educación que me dieron todos sus profesores durante la carrera.

Al Departamento de Ingeniería Industrial, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de la presente tesis.

A los maestros M. en C. Marcia González, Ing. Silvina Hernández, por su estupenda asesoría a través de la carrera.

Al Ing. José Manuel Dorador González, por todo su apoyo para la realización de la tesis.

A todas las compañías que colaboraron con nosotros para proporcionarnos la información contenida en la tesis.

Agradecimiento especial a todas las Mamas que nos soportaron hasta altas horas de la madrugada, para poder terminar la tesis, muy especialmente a la familia Oláez García, por su inapreciable apoyo y sus finas atenciones a todo el equipo de trabajo.



AGRADECIMIENTOS (CCC)

A la Universidad Nacional Autónoma de México quién me brindo la oportunidad de cursar una carrera profesional y que abrió para mí nuevas perspectivas y horizontes que me han ayudado y me ayudarán a plantearme nuevos retos.

A la Facultad de Ingeniería quién dio forma a un sueño a través de nuevos conocimientos y dio inicio una formación que permanecerá como el deseo permanente de superación personal y profesional.

A todos los profesores que participaron en mi formación y a todos aquellos que pertenecen y han pertenecido a la Facultad de Ingeniería, porque con su desempeño académico y profesional han engrandecido, dado nombre y prestigio a tan Noble Institución.

A todos los sinodales que participaron con su supervisión y conocimientos en el desarrollo de la presente Tesis.

En especial a los profesores del Departamento de Ingeniería Industrial y muy en especial a la Maestra Marcia González Osuna y Silvina Hernández García por ser pilares e Institución dentro de la DIMEL.

Al Ingeniero Jesús Manuel Dorador por dirigir, supervisar y apoyar la presente tesis.

A todos los compañeros que durante la carrera participaron y convivieron conmigo.

A mis amigos de la Universidad así como a los que lo son y han seguido siendo fuera de ella.

Especialmente y sin tener palabras como poder expresarlo agradezco a mi Madre a quién debo todo lo que soy y he logrado, porque por su espíritu de lucha y entereza he aprendido que no importa cuan difícil sea el camino o cuan adversa sea la situación, siempre se puede llegar a donde se quiere llegar y más allá.

Agradezco muchísimo a Martha Silvia Bravo Lara que con su amor, paciencia y comprensión me ayudó a seguir adelante y a terminar mi carrera. Gracias Martha.



AGRADECIMIENTOS (RCR)

A la Universidad Nacional y a la Facultad de Ingeniería por darme la oportunidad de realizar un sueño y poder haber estudiado una carrera universitaria.

A el Ing. Daniel S. Rodríguez Resendiz que gracias a sus invaluable conocimientos y amor por la ingeniería, me motivo a continuar con mis estudios. Gracias.

A la M. en C. Marcia González Osuna por su tiempo y apoyo durante la carrera y en la realización de esta tesis.

Al M en I. Jesús Manuel Dorador González por su dedicación, conocimientos y tiempo brindados en la dirección de esta tesis.

A mis profesores los cuales brindan sus conocimientos para formar futuros ingenieros.

A la Lic. Teresa Yebra e Ing. Corina Bernco por su amistad y apoyo que me proporcionaron en los momentos mas importantes de mi carrera.

A Carlos, Martha y sus familias por su amistad incondicional y cariño, quienes siempre fueron y son un apoyo invaluable. Muchas gracias.

A las familias de quienes participamos en esta tesis y nos tuvieron paciencia cariño para poder llevar a buen fin este ultimo trabajo.

A Enrique Olacz y su familia quienes nos apoyaron durante nuestros estudios y muy especialmente en la elaboración de esta tesis, Gracias.

A mis amigos, a los cuales no pude nombrar, pero, que saben que los aprecio y valoro especialmente.

Agradecimientos



A Carlos, Jaime, Raúl y Oscar por su amistad y el haber podido compartir un trabajo como este, con todas las peripecias que implicó, pero, que al final dio sus frutos. Gracias.

A mi Padre.

Al Historiador José Luis Trueba y su finísima esposa Leticia, por brindarme su apoyo y amistad y el poder disfrutar de su compañía.



AGRADECIMIENTOS (JRND8)

A mis padres, que con su apoyo, sus consejos, sus cuidados, su inmenso cariño y su enorme comprensión; me han enseñado los verdaderos valores de la vida, motivándome a salir adelante en los momentos difíciles y compartiendo mis logros y alegrías. Gracias Papá y mamá, por darme la oportunidad de ser un profesional, pero sobre todo, por ser lo que son, sin ustedes, no sería lo que soy.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería y a todos y cada uno de los Profesores que me transmitieron sus conocimientos y me tendieron la mano incondicionalmente. Gracias.

Al Ing. José Manuel Dorador González, por su asesoría, apoyo y todo el tiempo que dedicó para la realización de la tesis.

A mis hermanos, amigos, familiares y a todos los que de algún u otro modo, siempre han compartido conmigo momentos importantes.

A Blanca, por su alegría, por convivir conmigo y por ayudarme a dar el último paso.

Gracias a Dios, Por darme todo lo que tengo y permitirme disfrutar de momentos tan bellos.



DEDICATORIAS (JAG)

IN MEMORIAN

A MI PADRE †

A MI ABUE †

Gracias por el profundo amor con el que me educaron y el cariño que me dieron al enseñarme los verdaderos valores de la vida.

A MI MADRE:

Gracias por el infinito amor que me has dado, la enseñanza eterna que me das día a día, por tu apoyo durante toda mi vida, sin ti no sería la persona que soy hoy. TE AMO.

A MIS HERMANOS

Gracias por su apoyo y paciencia, por sus enseñanzas y su amor (Cristina, Pablo y Janitzio).

A MI FAMILIA

Gracias por todos sus valores, por todos los momentos felicidad y apoyo que me han dado a lo largo de mi vida (tía Paloma, tía Hortensia, tío Gume, a mis primos Fabiola, Rodrigo y Paula), a Alicia Estrada por tu cariño, amor y apoyo que me has dado, a Amparo por todo tu amor, comprensión y por darme el último empujón para terminar la carrera.

A MIS AMIGOS

Gracias por haberme apoyado, por compartir desvelos, proyectos y alegrías: Gabriela Jimenez, Fabiola Rodríguez, Enrique Oláez, Corina Bermeo, Tere Yebra, Humberto Basurto, Ruben Contreras, Carlos Dosamantes, Adriana González, Ruth Olivar, Alejandro Vázquez, Hector Mejia.



DEDICATORIAS (CCC)

A MI MADRE

Por siempre tener la decisión y confianza, por sus desvelos y apoyo, por su fe en mi y por permitirme ser y enseñarme a buscar el verdadero valor y belleza de las cosas, a encontrar el valor en la gente y en sus ideas y sobre todo por su ayuda a tener mis propias ideas y a creer en ellas.

A MARTHA

Por tener ese carácter que tantas veces nos causó conflictos y que a la vez me ayudo y me confirmo que creer en lo que pienso no es estéril y que no siempre esta bien lo que hace la mayoría. Por su apoyo, cariño y comprensión.

A LA FAMILIA DE MARTHA

Por su apoyo y aceptación agradezco infinitamente.

A MI ABUELA

Porque con su imagen, integridad y valores formo una gran familia y dio apoyo a mas de una generación.

A MI PADRE

A MI PRIMO ALEJANDRO

Por su ayuda y orientación así como por su cariño

A MIS TIOS Y PRIMOS

A MIS AMIGOS

A Regina Ricardez, Arturo López y su familia, Ricardo Conde y su familia, a Jaime Alatraste, Raúl Nava, Carlos Dosamantes, Oscar Domínguez, por que todos de alguna u otra forma significan han significado mucho en alguna etapa de mi vida y mi formación como persona y como profesional.



DEDICATORIAS (RCR)

Dedicatorias.

A MI MADRE

Dedico esta tesis a ti Mamá que con tu ejemplo y amor haz guiado mi camino, y siempre haz tenido una palabra de aliento para motivarme y que sin tu ayuda no habría llegado hasta este momento. Tu esfuerzo y tenacidad son un ejemplo a seguir. Te doy gracias con todo mi corazón.

A MI HERMANA

Clau, gracias por soportarme todos estos años y estar siempre a mi lado, recuerda que siempre te llevo en mi corazón.

A MI FAMILIA

A mis tíos, tías y primos que con su cariño y sabios consejos me han enseñado a crecer y enfrentarme a los obstáculos, muy especialmente a mi tío Sergio, Willy y Beto.

A mis abuelitos Nico y Amalia que se que me están viendo.

A LORENA

Por su amor y paciencia y el que pueda estar a mi lado en este momento.

A MIS AMIGOS

Martha Bravo, Carlos Cortes, Jaime Alariste, Raúl Nava, Oscar Dominguez, Enrique Olaz, Lic. Teresa Yebra, Ing. Corina Bermeo, Eduardo Gítemez y su familia. Con quienes he disfrutado momentos inolvidables.



DEDICATORIAS (JRND)

A mis abuelos, por su ejemplo y enseñanzas; por preocuparse y vigilar siempre mis pasos, por quererme y ser tan bondadosos e importantes. Los quiero y les dedico este logro.

A mis padres, por ser responsables de la obtención de este título y de todas las cosas importantes que he logrado en mi vida.



INDICE	I
INTRODUCCION	VI
CAPITULO I	1
PROBLEMATICA ACTUAL	1
ANTECEDENTES	2
LABORATORIO	2
SIMULACION	2
SISTEMA	4
CLASIFICACION DE SISTEMAS	4
ESTADO	5
ATRIBUTO	6
MODELO	6
TIPOS DE MODELOS	7
TIPOS DE MODELOS DE SIMULACION	8
TIPOS GENERALES DE SIMULACION	9
MODELO ANALOGO	9
MODELO CONTINUO	9
SIMULACION DISCRETA	9
METODOS DE SIMULACION	10
METODO DE JUEGOS OPERACIONALES	10
METODO DE MONTECARLO	10
METODO DE SIMULACION DE SISTEMAS	10
METODO SISTEMATICO DE COMPUTACION ENCAUSADO A LA SIMULACION	11
LABORATORIO DE SIMULACION	12
ANALISIS DE ASIGNATURAS PARA EL LABORATORIO DE SIMULACION	12
CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION DE LAS ASIGNATURAS PARA EL LABORATORIO	23
QUIMICA APLICADA	23
CALIDAD	23
DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	23
SISTEMAS DE PRODUCCION AVANZADOS	24
ASIGNATURAS ANTECEDENTES	24
INVESTIGACION DE OPERACIONES I	24
ESTADISTICA AVANZADA	25
ASIGNATURAS SELECCIONADAS	25



ESTUDIO DEL TRABAJO	26
DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	26
INVESTIGACION DE OPERACIONES II	27
PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION	27
SISTEMAS DE PRODUCCION AVANZADOS	27
CAPITULO II	28
HERRAMIENTAS	28
COMPUTADORA	28
HISTORIA	28
CLASES DE COMPUTADORAS	29
COMPUTADORAS ANALOGICAS	29
COMPUTADORAS DIGITALES	29
COMPUTADORAS HIBRIDAS	29
COMPUTADORAS DE APLICACION GENERAL Y DE APLICACION ESPECIAL	30
SUPERCOMPUTADORAS	30
MACROCOMPUTADORAS	31
MINICOMPUTADORAS	32
MICROCOMPUTADORAS	32
Pc's	33
PARTES DE UNA Pc	33
MICROPROCESADOR	33
LOS CHIPS DE SOPORTE	33
EL CONTROLADOR DMA (ACCESO DIRECTO A MEMORIA)	34
CONTROLADORES DE VIDEO	34
EL BUS	34
MEMORIA	35
REDES	36
VENTAJAS DE LAS REDES	37
CONEXIONES	37
TOPOLOGIAS Y METAS DE DISEÑO	37
TOPOLOGIA JERARQUICA	38
TOPOLOGIA HORIZONTAL	38
TOPOLOGIA EN ESTRELLA	39
TOPOLOGIA EN ANILLO	40
TOPOLOGIA EN MALLA	41
JUSTIFICACION DEL TIPO DE RED	41
SISTEMAS OPERATIVOS OBJETIVOS Y FUNCIONES	42
EL SISTEMA OPERATIVO COMO UNA INTERFASE	
USUARIO-COMPUTADORA	42
TIPOS DE SISTEMAS OPERATIVOS	44



MVS _____	44
OS/2 _____	45
UNIX SYSTEM V _____	45
MS-DOS _____	46
WINDOWS _____	47
NOVELL _____	49
JUSTIFICACION DEL SISTEMA OPERATIVO _____	50
CAPITULO III _____	52
MODELADO _____	52
AMPLITUD Y NIVEL DEL MODELO _____	52
MODELADO CONCEPTUAL _____	52
OBJETIVOS DEL PROYECTO _____	54
FACTORES A CONSIDERAR _____	54
DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS _____	55
MÉTODOS DE SIMPLIFICACION _____	55
MODELADO DE CAJAS NEGRAS _____	55
EXCLUSION DE CAMBIOS DE COMPORTAMIENTO _____	57
SUBMODELOS _____	57
CONSTRUCCION DEL MODELO DE SIMULACION _____	58
ESTUDIO DEL TRABAJO _____	58
ESTUDIO DE METODOS _____	58
ESTUDIO DE TIEMPOS _____	59
DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS _____	60
DISTRIBUCION DE PLANTA _____	60
MOVIMIENTO Y ALMACENAJE DE MATERIALES _____	60
INVESTIGACION DE OPERACIONES I _____	62
TEORIA DE COLAS _____	62
SISTEMAS DE FLUJO _____	62
ESPECIFICACIONES Y MEDIDAS DE LOS SISTEMAS DE COLAS _____	63
PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION _____	64
PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION _____	64



SISTEMAS DE MANUFACTURA AVANZADA _____	66
TECNOLOGIAS PARA LA PLANEACION Y EL CONTROL	
DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS _____	66
MRP II _____	67
JIT _____	67
OPT _____	67
CAPITULO IV _____	69
DESARROLLO DE LA EVALUACION _____	69
¿COMO DISEÑAR UN MODELO DE SIMULACION? _____	69
SOFTWARE DE SIMULACION _____	76
COMPARACION DE LENGUAJES DE SIMULACION CON	
LENGUAJES DE PROPOSITO GENERAL _____	77
LENGUAJES DE SIMULACION V.S. SIMULADORES. _____	78
UN LENGUAJE DE SIMULACION _____	78
UN SIMULADOR _____	78
SIMULACION FLEXIBLE _____	78
¿CUANDO ES APROPIADO UN MODELO DE SIMULACION FLEXIBLE ? _____	79
SELECCION DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN _____	79
TABLA DE PRESELECCION DEL SOFTWARE DE SIMULACION _____	80
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE DE LOS SOFTWARE	
PRESELECCIONADOS _____	85
EQUIPO REQUERIDO PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA	
INDUSTRIAL, BASADO EN LA PRESELECCION DE SOFTWARE _____	86
TERMINALES _____	86
SERVIDOR _____	87
ACCESORIOS _____	87
MODELO A SIMULAR _____	87
DISTRIBUCION DE PLANTA _____	89
CELULA 2 _____	91
CREACION DEL MODELO EN LOS SOFTWARE _____	92
WITNESS _____	93
PROMODEL _____	100
TAYLOR II _____	104



FACTORES A EVALUAR POR SOFTWARE	110
FACTORES CUANTITATIVOS	110
PROCESO	111
TAYLOR II	120
PRUEBAS CUANTITATIVAS PARA TAYLOR II	120
PROMODEL	123
PRUEBAS CUANTITATIVAS PARA PROMODEL	123
WITNESS	125
FACTORES CUALITATIVOS DE LOS TRES SOFTWARE	125
CAPITULO V	128
RESULTADOS	128
CAPITULO VI	130
CONCLUSIONES	130
APENDICE	132
COTIZACIONES	132
BIBLIOGRAFIA	137



INTRODUCCION

Dadas las condiciones actuales de competitividad se hace necesario que los ingenieros industriales egresados de esta facultad cuenten con herramientas que les brinden un mejor entendimiento de la realidad, para poder experimentar dentro de la carrera lo que se ve en teoría, y que estas mismas herramientas les sirvan como elemento competitivo en el campo laboral. Es por ello, que la presente tesis expone la necesidad de contar con un laboratorio de ingeniería industrial y muy especialmente con un laboratorio de simulación.

Pero, ¿por qué simulación?. Dado que alterar un sistema productivo en forma real representa un costo muy alto, tanto para realizar este tipo de modificaciones en la industria, como para experimentar para fines didácticos en las universidades, el tener un laboratorio que cuente con un software de simulación y el aprender a simular en él, representaría un avance significativo encaminado al éxito de los egresados de esta Facultad y de la Universidad misma.

Para poder decidir si era necesario este tipo de laboratorio se procedió a un análisis donde se expone la problemática actual y el plan de estudios de la carrera de ingeniero industrial (capítulo uno). De la misma manera se definen conceptos importantes como *modelo, sistema, modelo de simulación*, sin los cuales es prácticamente imposible desarrollar una simulación.

Una vez que se ha comprendido qué es una simulación y lo que esto implica se hace necesario determinar qué herramientas nos pueden ayudar a realizar la simulación de una manera rápida y confiable. Dado que la simulación por medio de modelos matemáticos estocásticos es sumamente difícil y tediosa de realizar con lápiz y papel, se buscó la manera de simplificar este hecho, por lo que, utilizando la computadora como herramienta rápida y poderosa para procesar cálculos matemáticos, solo se tuvo que dar un paso para conjuntar la simulación con la computadora (capítulo dos).

Teniendo ya una computadora y un algoritmo que permita simular en ella, es necesario contar con un modelo a simular. Este debió pasar por un proceso de depuración que permita resumir todos los pasos que este lleva en unos cuantos pasos indispensables que permitan llegar a un resultado muy cercano a la realidad (capítulo tres), en este capítulo también se determinan los temas de las asignaturas elegidas para la simulación.

Dado que es sumamente fácil perder la objetividad cuando se diseña un modelo de simulación es necesario contar con una metodología para este fin (capítulo 4), la cual ayuda a la construcción de un modelo factible de simular. Una vez que se tiene el modelo es importante plantearse la siguiente pregunta ¿Conviene un lenguaje de simulación o un paquete de simulación? Esto depende de las necesidades específicas de la persona que este simulando. Para las necesidades de la carrera se optó por la utilización de un software de simulación. En el mercado existe una cantidad importante de software que permiten simular, cada uno con características diferentes. Se realizó una selección de acuerdo a los atributos deseables.



También en éste capítulo se mencionan los requerimientos mínimos de los equipos de cómputo para poder hacer uso de estos software.

Para poder determinar el paquete adecuado a las necesidades es necesario un proceso real y conocido, sobre el cual se puedan hacer las comparaciones una vez que se simule el proceso. Es importante mencionar que un resultado obtenido mediante simulación cercano un 80% a la realidad, es bastante bueno. Se realizó la simulación en tres paquetes finalistas y se muestran los pasos seguidos en cada uno de ellos mediante explicaciones y gráficas. Así mismo, se realizó una evaluación cualitativa y cuantitativa (capítulo 4).

Una vez obtenidos los resultados de la simulación en cada uno de los software, se selecciono el que presento un mejor desempeño cuantitativo (exactitud y precisión) y que al mismo tiempo cumplió con las expectativas de precio, facilidad de uso, requerimiento de hardware, plataforma, compatibilidad, soporte técnico y actualización (capítulo 5).

CAPITULO I

Simulación





CAPITULO I

PROBLEMATICA ACTUAL

En la actualidad se presentan grandes cambios a nivel mundial dentro de las industrias, por ello, dirigen sus objetivos hacia una globalización tanto industrial como comercial, todos estos cambios han hecho que el Ingeniero Industrial sea un profesional que tenga que satisfacer más necesidades que en el pasado, de tal manera, que también sus conocimientos sean los adecuados a un nivel global (mundial).

Por esta razón y por la competencia que el egresado de la Facultad de Ingeniería enfrenta, tanto por la fuerza que han adquirido las universidades privadas en el mercado de trabajo con sus egresados, así como también, por la competencia que presentan profesionales de otros países (en el marco del TLC y la globalización mundial), se hizo necesario que la carrera de Ingeniero Industrial sufriera cambios significativos en su plan de estudios.

En este cambio se verán beneficiados los futuros ingenieros, ya que tendrán una formación más sólida desde las bases de la ingeniería, es decir, en las ciencias básicas (en sus áreas: física, química y matemáticas), además, el plan de estudios complementará la formación del Ingeniero Industrial con más asignaturas del área mecánica, para que este pueda hacer frente a una extensa gama de problemas y por supuesto, contempla las asignaturas propias de la carrera de Ingeniería Industrial.

Para lograr la total formación del Ingeniero Industrial aún queda un hueco por cubrir, el cual es la práctica de campo, por esto, el estar cerca de las líneas de producción y no solamente conocer de ellas a nivel conceptual, teórico o esquemático, es una necesidad cada vez más palpable.

Poder estar cerca de las líneas de producción es una práctica a la que muy pocos alumnos pueden tener acceso, debido a diferentes circunstancias, entre ellas, que la carrera demanda tiempo completo, por lo que tener prácticas en la Industria se hace difícil, además, de que una actividad laboral en el campo de la Ingeniería Industrial demanda la misma cantidad de tiempo.

Por lo anterior, es necesario llevar los conceptos y la teoría a un nivel lo más cercano posible a la realidad, sin incurrir en los costos y problemas que esto representaría, es decir, a un nivel intermedio. Esto es posible dentro de la misma escuela, a través de la implantación de laboratorios para algunas asignaturas, actividad que se ha venido realizando en la facultad, con buenos resultados.



ANTECEDENTES

LABORATORIO

Definiciones.

Laboratorio.- Lugar donde se hacen trabajos de índole técnica o investigaciones científicas¹.

Laboratorio.- Un laboratorio es un local dispuesto para realizar investigaciones científicas².

Laboratorio.- Oficina en que los químicos hacen sus experimentos y los farmacéuticos las medicinas. 2.- Por extensión, oficina o taller donde se hacen trabajos de índole técnica o investigaciones científicas³.

Como síntesis particular se definirá laboratorio como:

Laboratorio es el lugar donde se trabaja en o se simulan situaciones normales y muy cercanas a la realidad, en función del diseño y capacidades del mismo, es decir, se representan algunas situaciones predeterminadas con variables controladas, que pueden ser repetidas o modificadas, para observar las variaciones en el comportamiento y los resultados para diferentes condiciones de trabajo.

SIMULACION

La simulación es la utilización de un modelo de sistemas, que tiene las características deseadas de la realidad, a fin de reproducir la esencia de las operaciones reales. También se le ha definido como una representación de la realidad, mediante el empleo de un modelo u otro sistema, que reaccione de la misma manera, en un conjunto de condiciones dadas. Ninguna de estas definiciones incluye todos los requisitos fundamentales de ésta, como son el uso de los modelos matemáticos, las computadoras, los procesos estadísticos o estocásticos, los casos, las suposiciones y los cursos de acción alternativos. La definición más general y amplia de simulación es:

Técnica cuantitativa que utiliza un modelo matemático computarizado, para representar la toma real de decisiones bajo condiciones de incertidumbre, con objeto de evaluar los cursos alternativos de acción, con base en hechos y suposiciones.

La simulación es útil en la resolución de problemas de negocios, cuando no se conocen o se conocen parcialmente las variables con anticipación y no existe una manera fácil de encontrar estos valores. El problema se parece al de la secuencia, para la cual, no se conoce una fórmula para encontrar el *n*-ésimo término. El único hecho conocido, es una regla que permite encontrar el siguiente término a partir de los anteriores.

¹ *Diccionario Enciclopédico Salvat Universal, Tomo 14, Salvat Editores, S.A., 1976.*

² *Larousse Diccionario Usual, diccionario enciclopédico, Ediciones Larousse, 1985.*

³ *Diccionario de la Lengua Española. Vigésima primera edición. Madrid España 1992.*



Básicamente, la única manera de descubrir el enésimo término, es aplicando la misma regla una y otra vez, hasta llegar a dicho término. La simulación utiliza un método para encontrar éstos estados sucesivos en un problema, aplicando repetidamente las reglas bajo las que opera el sistema. Este eslabonamiento sucesivo de un estado particular con otros anteriores, es una característica importante de las simulación.

Generalmente, la simulación implica la construcción de un modelo matemático, que describa el funcionamiento del sistema en cuanto a eventos y componentes individuales se refiere. Además, el sistema se divide en los elementos y las interrelaciones de aquellos elementos de comportamientos previsibles, para cada uno de los diversos estados posibles del sistema y sus insumos.

La simulación es un medio para dividir un proceso de elaboración de modelos, en componentes más pequeñas y combinarlas en el orden natural o lógico, lo que permite el análisis en computadora de los efectos de las interacciones mutuas entre éstas. Debido al error estadístico es imposible garantizar que se encontrará la respuesta óptima, no obstante, la respuesta estará próxima a la "óptima," si el problema se modela correctamente.

En esencia, el modelo de simulación realiza experimentos sobre los datos de una muestra, sin considerar el universo entero (estadísticamente hablando), ya que esto sería demasiado tardado, inconveniente y costoso.

En sentido general, la simulación realiza estudios dinámicos en el tiempo. Inventarios, líneas de espera, planeación y pronósticos, son buenos ejemplos. Los modelos de simulación son diseñados para mostrar las características del sistema que representan, por medio de la "observación" del sistema en el tiempo y subsecuentemente recogiendo la información pertinente.

Básicamente, esto se acercaría a observar un sistema real, pero con la ventaja de que el analista está controlando el sistema simulado, en lugar de ser controlado por el mismo. Esto significa que el analista puede experimentar con el sistema y estudiar su desempeño mientras se cambian sus parámetros y reglas de decisión.

La simulación es posiblemente la herramienta más versátil para tratar con sistemas complejos. Posee la flexibilidad, que proviene de la sencillez de construir un modelo de simulación. Esta versatilidad es particularmente mejorada por el poder de las computadoras, las cuales, son el medio principal para ejecutar un modelo de simulación, en realidad, sin la presencia de las computadoras, la simulación dejaría de ser una herramienta de verdadero valor práctico.

Sin embargo, se debe hacer notar que la simulación no es una técnica de optimización. Se utiliza con más frecuencia para analizar preguntas tipo "¿qué sucede si...?". Pero es importante mencionar, que es posible optimizar utilizando la simulación.



A continuación se presentan algunos términos usados en la simulación.

En todos de los estudios de simulación, nos ocupamos de la simulación de algún sistema, por esto, para poder modelar un sistema, es necesario comprender primero el concepto del mismo.

SISTEMA

Un sistema es un conjunto de entidades que actúan e interactúan para la realización de un fin lógico.



Figura 1.1

Los sistemas tienden en general a ser dinámicos; es decir, su estado varía en el tiempo.

Para describir este caso, usamos el concepto de estado de un sistema.

CLASIFICACION DE SISTEMAS

Los sistemas se pueden clasificar en discretos o continuos.

Un sistema discreto es aquel en el cual las variables de estado cambian solo en puntos discretos o contables en el tiempo.

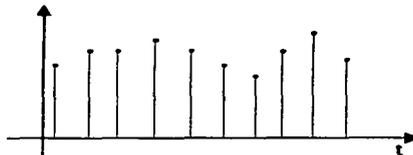


Figura 1.2



Un sistema continuo es aquel en que las variables de estado cambian en forma continua a través del tiempo.

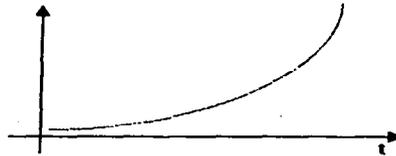


Figura 1.3

ESTADO

El estado de un sistema es el conjunto de variables necesarias, para describir la condición del sistema en un momento determinado.

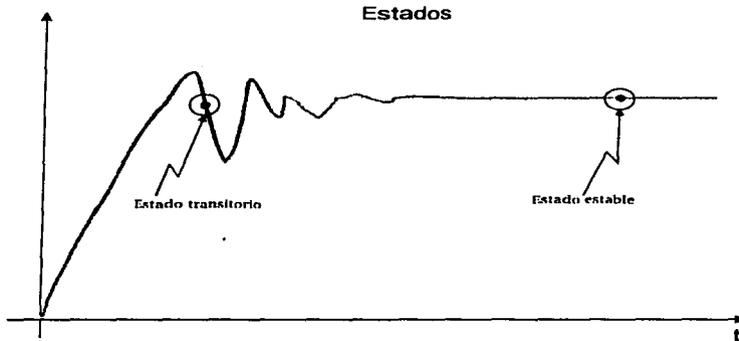


Figura 1.4



ATRIBUTO

En un sistema un objeto de interés se llama entidad y cualquier propiedad de una entidad se llama atributo.

Entidad (Cliente)

Atributo (Nivel Económico)

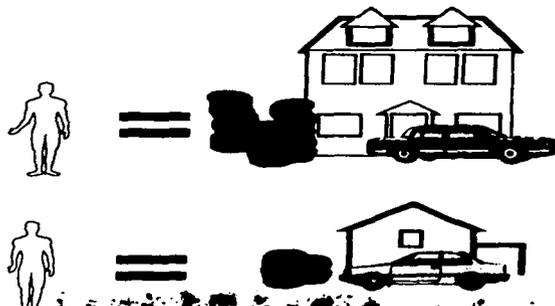


Figura 1.5

MODELO

Representación o abstracción de un objeto real o una situación real, muestra las relaciones directas e indirectas y las interrelaciones de acción y reacción, desde el punto de vista de causa y efecto. Ya que un modelo es una abstracción de la realidad, puede parecer menos complejo que la realidad misma. El modelo para estar completo, debe ser representativo de los aspectos de la realidad que se estén investigando.

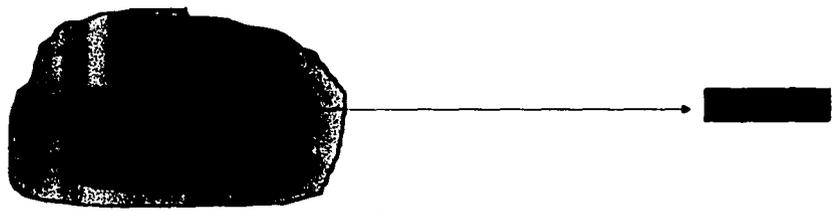


Figura 1.6



Un modelo se define como una representación idealizada (simplificada), de un sistema de la vida real. Este sistema puede estar aun en existencia o puede ser una idea esperando ser ejecutada.

Un modelo es una descripción de un sistema que contiene rasgos sobresalientes de él. Al formular un modelo, se desea asociar tanto las variables de decisión, como las incontrolables. Para poder desarrollar este modelo es posible que se tengan que hacer suposiciones de simplificación, para poder optimizar la medida de efectividad por medio de un método analítico puro. Cuando se violan las suposiciones, el modelo puede convertirse en la mayoría de los casos, en una mala representación del sistema.

Objetivo del modelo de simulación (en computadora).- Consiste en generar eficientemente estadísticas de salida. Estos son los parámetros que se deben conocer para ajustar el modelo de la aplicación.

TIPOS DE MODELOS

- Modelos de Equilibrio
- Modelos de Inventario
- Modelos de Teoría de Decisiones
- Modelos de Secuenciación
- Modelos de Distribución
- Modelos de Asignación
- Modelos de Programación Dinámica
- Modelos de Competencia
- Modelos de Líneas de Espera
- Modelos de Simulación



TIPOS DE MODELOS DE SIMULACION

Hay dos tipos de modelos de simulación: estático y dinámico.

Un modelo estático de simulación es una representación de un sistema en determinado punto en el tiempo.



Figura 1.7

Una simulación dinámica es una representación de como evoluciona un sistema a través del tiempo.



Figura 1.8

Dentro de estas dos clasificaciones, una simulación puede ser determinista o estocástica. Un modelo determinista de simulación es aquel que no contiene variables aleatorias; un modelo estocástico de simulación contiene una o más variables aleatorias.

Los modelos estocásticos discretos son conocidos como modelos de simulación de evento discreto. La simulación de eventos discretos se relaciona con el modelado de un sistema estocástico.

Como se observa hasta ahora, la simulación se basa en un modelo o modelado del sistema en estudio, por lo que es necesario formalizar la definición de modelo.



TIPOS GENERALES DE SIMULACION

MODELO ANALOGO.

Este modelo reemplaza al sistema original (físico) por una analogía que es más fácil de manipular. Un ejemplo típico es la representación de un sistema mecánico por un sistema equivalente eléctrico, donde los elementos son más sencillos de modificar. De forma contraria al modelo análogo, los modelos continuo y el discreto son básicamente modelos matemáticos.

MODELO CONTINUO.

El modelo continuo representa al sistema, experimentando cambios sutiles en sus características a través del tiempo, el objetivo del modelo, es graficar variaciones simultáneas (continuas) de diferentes características que toma en el tiempo. Por ejemplo, en un sistema de inventarios, la salida podría incluir los cambios en el tiempo, de los niveles de inventario, ventas, demanda insatisfecha y devoluciones. En los modelos discretos un sistema es simulado observándolo solamente en ciertos puntos determinados a través del tiempo. Estos puntos coinciden con la ocurrencia de ciertos eventos que son cruciales para efectuar cambios en el desempeño del sistema.

SIMULACION DISCRETA.

El corazón del modelo discreto, es la identificación de los eventos que describen completamente el comportamiento del sistema. Cada evento define un punto en el tiempo, el cual significa la terminación de una o más actividades y/o el inicio de otras. Quizá este concepto puede ser mejor ilustrado por un ejemplo.

Los clientes llegan a una ventanilla de un banco para ser servidos. Se requiere analizar el sistema para evaluar la calidad del servicio, así como la factibilidad económica de ofrecerlo. La calidad de servicio puede ser medida por el promedio de tiempo de espera de cada cliente y el porcentaje de tiempo que el servicio está disponible. En la construcción del modelo para ese sistema, nos podremos percatar que para el análisis del sistema puede ocurrir solamente una llegada de un cliente al banco o su salida al ser atendido. Una llegada indica que un cliente deberá esperar si la ventanilla esta ocupada. Esta información es importante. Por otro lado un cliente atendido significa que la ventanilla está disponible en espera de clientes si es que existen.

Lo anterior revela que es suficiente representar el sistema con dos eventos: una llegada y una salida. Esto indica que mientras la simulación progresa en el tiempo, uno debería poner atención al sistema solamente cuando un evento (llegada o salida) ocurra. En otras palabras, el sistema es observado solamente en puntos discretos en el tiempo (de ahí el nombre de simulación discreta).



Para poder resolver problemas de simulación, es necesario utilizar ciertas técnicas que nos lleven a obtener los estados sucesivos en un problema, aplicando repetidamente las reglas bajo las que opera el sistema. Este eslabonamiento sucesivo de un estado particular con otros anteriores es una característica importante de la simulación.

MÉTODOS DE SIMULACION

METODO DE JUEGOS OPERACIONALES

El método de juegos operacionales se refiere a aquellas situaciones en las que un conflicto de intereses interviene entre los jugadores o en los encargados de tomar las decisiones en la estructura de un ambiente simulado.

Las dos formas de mayor uso del juego operacional son: juegos militares y juegos de administración de empresas. El juego militar es en esencia un sistema de adiestramiento para los dirigentes militares que les permite probar estrategias alternativas en condiciones bélicas simuladas. Por otra parte, los participantes en los juegos de negocios toman decisiones basándose en información histórica. Estas decisiones tienen entonces influencias y crean el medio en el cual han de tomarse las decisiones subsecuentes. Sus características son las decisiones en secuencia, rápida retroalimentación y nuevas respuestas.

METODO DE MONTECARLO

El segundo método de simulación, llamado método de Montecarlo, puede resolver problemas dependientes de la probabilidad, en los que la experimentación física es impracticable y la creación de una fórmula exacta es imposible.

El método de Montecarlo es una simulación con técnicas de muestreo, es decir, en vez de sacar muestras de una población real, se obtienen de duplicados teóricos de la misma. El método de Montecarlo implica la determinación de la distribución de la probabilidad de las variables de estudio y después el muestreo tomado de esta distribución, por medio de números aleatorios para obtener datos.

METODO DE SIMULACION DE SISTEMAS

El tercer método de simulación es el llamado método de simulación de sistemas, este método extrae generalmente muestras de una población real, en vez de hacerlo de una tabla de números aleatorios (o de algún modelo especial). En la simulación de sistemas no se usa ningún duplicado teórico de la población real. Otra diferencia, es que el método de simulación



hace uso de un modelo matemático y/o lógico, que puede resolverse analíticamente para ayudar a un individuo a tomar una decisión.

METODO SISTEMATICO DE COMPUTACION ENCAUSADO A LA SIMULACION

Tras el primer paso, la fase de observación que conduce a la formación real en estudio, se continua con la recolección y el procesamiento de datos. (Segundo paso). Es importante mencionar que debido, a que antes de definir el problema real, deben haberse recolectado y procesado los datos, el medio en el que estos se registran durante el primer paso del método planeado, puede no ser el más adecuado para ser utilizado en las etapas posteriores al procesamiento en computadora. La conversión de los datos de un medio a otro puede desempeñar una función importante en la determinación de la eficiencia del procesamiento de datos.

El tercer paso del método planeado, cuando se aplica la simulación, es la formulación del modelo de computadora, mediante la determinación del número de variables a incluir en dicho modelo. No es muy difícil definir las variables de salida, puesto que éstas se determinan al final. La verdadera dificultad surge con la elección de las variables de entrada, ya que, si se tienen muy pocas variables de entrada puede llegarse a modelos erróneos o incompletos, o si se tienen muchas, se puede llegar a la condición de que no se logre simulación alguna en la computadora. Además, el tener demasiadas variables de entrada puede dar lugar a métodos de cálculo innecesariamente complicados.

Una vez que se formula un conjunto de modelos que describen el comportamiento del sistema en estudio y que se establecieron los parámetros con las características de operación de dichos modelos, se puede hacer un juicio inicial en relación a la utilidad del modelo. Esta fase de prueba es el cuarto paso del método planeado.

Antes de hacer las corridas en computadora, se prueban los insumos y suposiciones de los modelos de simulación, para determinar qué también se ajustan al sistema en estudio. Estas pruebas se toman básicamente de la estadística.

Un aspecto importante del programa de computadora, es el desarrollo de técnicas para generar datos. Se les puede generar internamente por subrutinas especiales, por ejemplo: un generador de números aleatorios en el cual se desarrollan estos a medida que el programa de computadora los requiera. Tras formular y corregir el programa para el "modelo óptimo," se tiene que validar. Esta es la tarea más difícil por que implica muchas complejidades prácticas, teóricas, estadísticas y filosóficas. En general, dos pruebas pueden hacer válido un modelo de simulación: ¿que próximos están los modelos simulados con respecto a las variables de salida de los datos históricos de que se dispone? y ¿qué tan confiables son los pronósticos del modelo de simulación respecto al comportamiento del sistema real en el futuro?.



El sexto paso (final) del método planeado, requiere el establecimiento de controles adecuados para detectar cómo pueden afectar los cambios al modelo actual de simulación. El que hoy puede ser el mejor modelo de simulación, mañana puede no serlo.

LABORATORIO DE SIMULACION

Después de haber definido lo que es un laboratorio y lo que es simulación, definimos, que es un Laboratorio de Simulación:

Un Laboratorio de Simulación es el lugar donde se busca extraer las características más representativas de un sistema, (obteniéndose así un modelo) para poder analizar su comportamiento a través del tiempo en diferentes condiciones de operación, muy cercanas a la realidad, en función del diseño y capacidades del Laboratorio de Simulación, con el fin de predecir con la mayor exactitud posible el comportamiento del sistema real.

La implantación del laboratorio de simulación tendrá un fin didáctico, con un impacto directo en la formación de los futuros Ingenieros Industriales, los cuales incrementarán la comprensión de los sistemas productivos, a través de prácticas desarrolladas con los temas estudiados en las aulas.

ANALISIS DE ASIGNATURAS PARA EL LABORATORIO DE SIMULACION

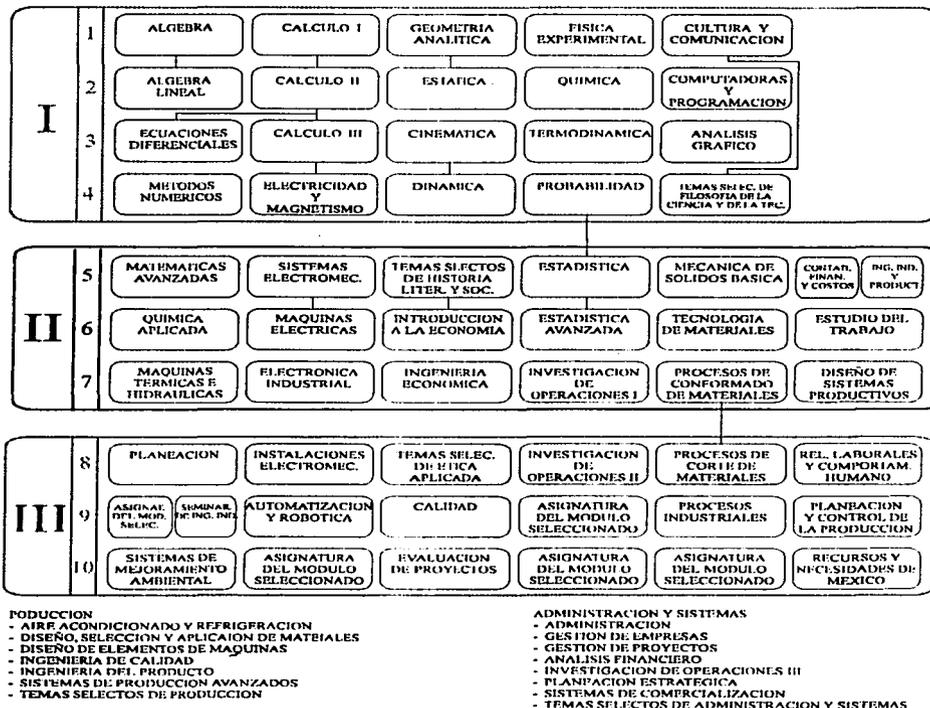
Inicialmente se presenta el plan de estudios para la carrera de Ingeniería Industrial, donde a través de un análisis deductivo, se realiza una selección de las asignaturas que por su contenido temático, son factibles para desarrollar prácticas de simulación.

En el esquema 1.1 se muestra el plan de estudios, el cual se divide en tres niveles.



FACULTAD DE INGENIERIA PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADO POR EL II. CONSEJO TÉCNICO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA 24-XI-94, 1-IV-95, 4-V-95
APROBADO POR EL CONSEJO ACADÉMICO DE AREA DE LAS CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS Y DE LAS INGENIERIAS: 30-I-96



Esquema 1.1



El primer nivel corresponde a las asignaturas de ciencias básicas, se deben cursar 20 asignaturas en 4 semestres (a razón de 5 asignaturas por semestre); algunas de las cuales están condicionadas por una precedencia obligatoria (misma que se muestra en el esquema 1.2 por medio de líneas).



Esquema 1.2

El segundo nivel está compuesto principalmente por asignaturas de ciencias de la ingeniería, esquema 1.3, debiéndose cursar 19 asignaturas en 3 semestres, a razón de 6 asignaturas por semestre exceptuando el 5º, el cual está compuesto de 7.



Esquema 1.3



El tercer nivel está constituido principalmente por asignaturas de ingeniería aplicada, esquema 1.4, debiéndose cursar 19 asignaturas en 3 semestres, a razón de 6 asignaturas por semestre exceptuando el 9º, el cual compuesto de 7.

III	8	PLANEACION	INSTALACIONES ELECTROMEC.	TEMAS SELEC. DE ETICA APLICADA	INVESTIGACION DE OPERACIONES II	PROCESOS DE CORTE DE MATERIALES	REL. LABORALES Y COMPORTAM. HUMANO	
	9	ASIGNAL. DEL MODULO SIMULAC.	SEMINAR. METOD. DID.	AUTOMATIZACION Y ROBOTICA	CALIDAD	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	PROCESOS INDUSTRIALES	PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION
	10	SISTEMAS DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	EVALUACION DE PROYECTOS	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	RECURSOS Y NECESIDADES DE MEXICO	

Esquema 1.4



La Facultad de Ingeniería esta organizada en divisiones, en las que se administran las asignaturas y recursos correspondientes (profesores, salones y equipo).

Hay tres divisiones que dan servicio a la carrera de Ingeniería Industrial, a continuación se enlistan y se muestran las materias a su cargo:

1. DCB (División de Ciencias Básicas).
2. DIMEI (División de Ingeniería Mecánica e Industrial).
3. DCSyH (División de Ciencias Sociales y Humanidades).

En el esquema 1.5 se muestran las asignaturas correspondientes a cada división.



Esquema 1.5

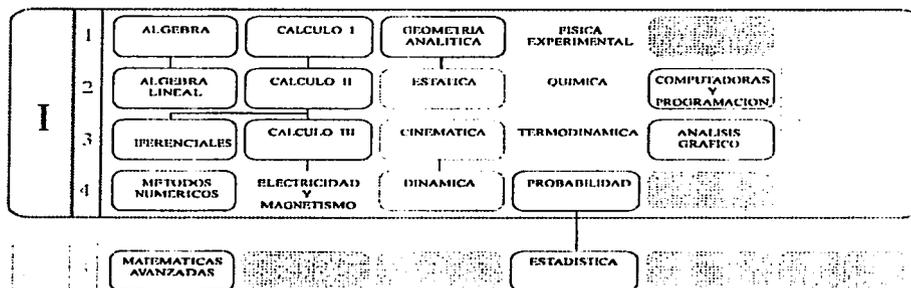
Cada División está integrada por Departamentos, estos son los encargados de administrar asignaturas y recursos correspondientes a su área.



A continuación se desglosan los Departamentos que integran a cada División.

DCB

- Departamento de Álgebra y Geometría Analítica
- Departamento de Cálculo.
- Departamento de Mecánica .
- Departamento de Física .
- Departamento de Matemáticas Aplicadas.



Esquema 1.6



DIMEI (Esquema 1.7)

- Departamento de Ingeniería Industrial .
- Departamento de Ingeniería Mecánica .
- Departamento de Mecatrónica .
- Departamento de Termoenergía y Mejoramiento Ambiental.



Esquema 1.7

Las materias que aparecen en amarillo

- PRODUCCION
- AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION
 - DISEÑO, SELECCION Y APLICACION DE MATERIALES
 - DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS
 - INGENIERIA DE CALIDAD
 - INGENIERIA DEL PRODUCTO
 - SISTEMAS DE PRODUCCION AVANZADOS
 - TEMAS SELECTIVOS DE PRODUCCION

son optativas, a continuación se listan

- ADMINISTRACION Y SISTEMAS
- ADMINISTRACION
 - GESTION DE EMPRESAS
 - GESTION DE PROYECTOS
 - ANALISIS FINANCIERO
 - INVESTIGACION DE OPERACIONES III
 - PLANEACION ESTRATEGICA
 - SISTEMAS DE COMERCIALIZACION
 - TEMAS SELECTIVOS DE ADMINISTRACION Y SISTEMAS

DCSyH (Esquema 1.8)

- Departamento de Asignaturas Socio Humanística .
- Departamento de Extensión.
- Departamento de Actividades Extra Curriculares.

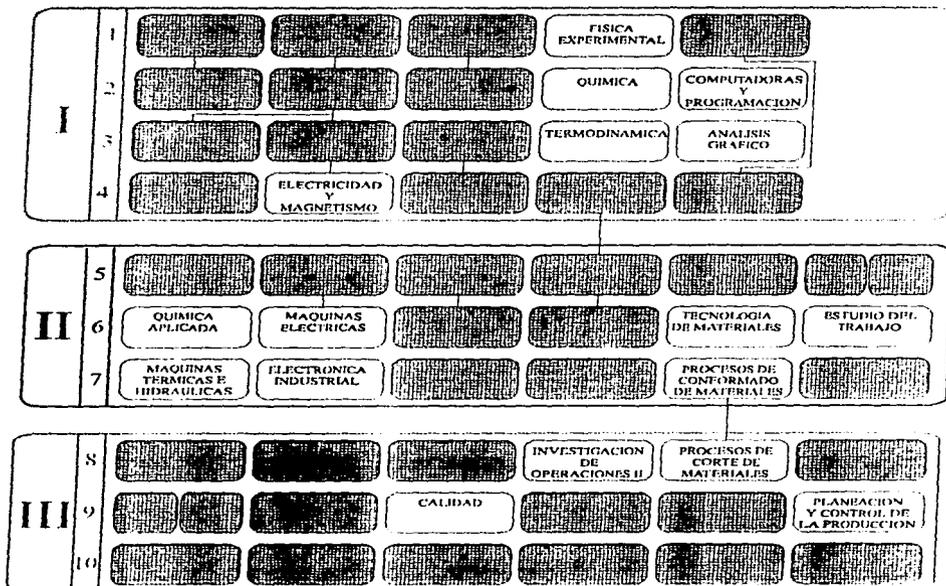


Esquema 1.8



ASIGNATURAS QUE ACTUALMENTE CUENTAN CON LABORATORIO

Una vez desglosado el Plan de Estudios se presentan a continuación las asignaturas que requieren de un laboratorio para complementar su formación académica, esquema 1.9.



Esquema 1.9



• Asignaturas del Depto. de Ingeniería Industrial

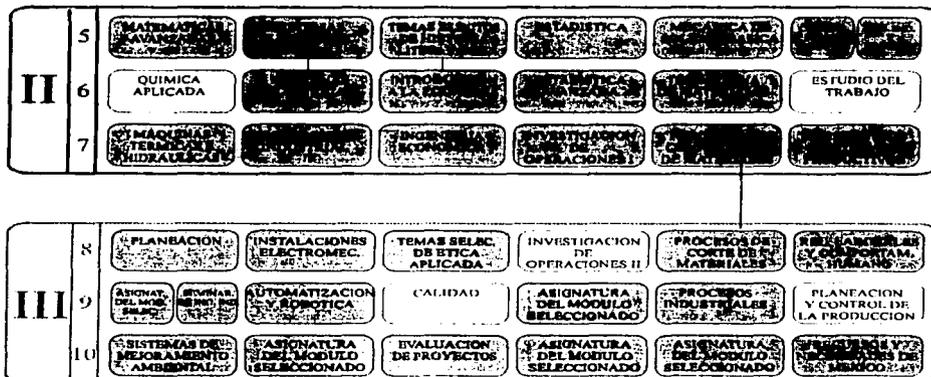
II	5	MATEMÁTICAS AVANZADAS	SISTEMAS ELECTROMEC.	TEMAS SELEC. DE HISTORIA LITER. Y SOC.	ESTADÍSTICA	MECÁNICA DE SÓLIDOS BÁSICA	CONSTR. TRAN. Y COSTOS	ING. (IND) Y PRODUCT.
	6	QUÍMICA APLICADA	MAQUINAS ELÉCTRICAS	INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA	ESTADÍSTICA AVANZADA	TECNOLOGÍA DE MATERIALES	ESTUDIO DEL TRABAJO	
	7	MAQUINAS TÉRMICAS E HIDRAULICAS	ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	INGENIERÍA ECONÓMICA	INVESTIGACION DE OPERACIONES I	PROCESOS DE CONFORMADO DE MATERIALES	DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS	
III	8	PLANEACION	INSTALACIONES ELECTROMEC.	TEMAS SELEC. DE ETICA APLICADA	INVESTIGACION DE OPERACIONES II	PROCESOS DE CORTE DE MATERIALES	REL. LAHORALES Y COMPORTAM. HUMANO	
	9	ANALIS. DEL MCM. E RELEC.	RENDIM. DEL MCM. E RELEC.	AUTOMATIZACION Y ROBOTICA	CALIDAD	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	PROCESOS INDUSTRIALES	PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION
	10	SISTEMAS DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	EVALUACION DE PROYECTOS	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	ASIGNATURA DEL MODULO SELECCIONADO	RECURSOS Y NECESIDADES DE MEXICO	

Esquema 1.10

El departamento de Ingeniería Industrial administra las asignaturas dedicadas a impartir los conocimientos necesarios, esquema 1.10, para desarrollar la capacidad en los alumnos para que estos adquieran la habilidad de diseñar, crear y mejorar sistemas productivos, utilizando las herramientas propias de la misma carrera.



- Asignaturas del Departamento de Ingeniería Industrial que requieren laboratorio físico, esquema 1.11



Esquema 1.11

Para algunas de estas asignaturas será particularmente útil la utilización de software de simulación.

La selección de las asignaturas está basada en su contenido académico y en la necesidad de complementarse con un laboratorio. Tabla 1.1

Asignaturas
Investigación de Operaciones II
Estudio del Trabajo
Química Aplicada
Planeación y Control de la Producción
Calidad

Tabla 1.1

Debido a que el objetivo de la presente tesis es evaluar software diseñado para simular diversas fases de los sistemas productivos, las asignatura de Química Aplicada y Calidad quedan excluidas del presente estudio.



CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION DE LAS ASIGNATURAS PARA EL LABORATORIO

QUIMICA APLICADA

La asignatura de Química Aplicada nos da una introducción a la química industrial, empezando por la química orgánica (llamada también química del carbón), y continuando con la química inorgánica, con sus procesos de hidrogenación, oxidación, sulfuración, cloración, etc. por citar algunos.

En esta asignatura, se aprende cómo suceden y en dónde ocurren éstos procesos, además, se aprende como utilizarlos para el beneficio humano y como prevenir algunos procesos perjudiciales, como por ejemplo la oxidación de los materiales y la corrosión.

Existe software que ayuda a visualizar macro y micrométricamente, como por ejemplo el acomodamiento de las moléculas en los cuerpos y las interacciones entre ellas. Con este software es posible hacer simulación de los posibles comportamientos de las moléculas (es en parte que gracias a este tipo de investigaciones, que en la actualidad existen miles de compuestos), pero esta simulación no es de gran utilidad para los sistemas productivos, debido a que los sistemas productivos no se enfocan a esa parte micrométrica de los procesos, por esta razón la asignatura de Química Aplicada queda excluida para el análisis de software de simulación de esta tesis. (A pesar de requerir laboratorio).

CALIDAD

La asignatura de Calidad también quedó excluida del análisis, ya que analizando el temario de la asignatura, se observó que el tema de Control Estadístico de Procesos es el único tema viable para la simulación, debido a que el resto de los temas son de carácter teórico. En lo que se refiere a éste tema, podemos decir que se encuentra implícito en el contenido temático de la asignatura de Planeación y Control de la Producción, en la cual se simulará dicho tema, por esta razón se considera innecesario incluir la asignatura de Calidad.

DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

A pesar de que la asignatura de Diseño de Sistemas Productivos no requiere laboratorio, se incluye al presente análisis, debido a que su contenido temático está basado en sistemas reales, susceptibles de ser modelados para su estudio y a su vez, por la complejidad del modelado deberán ser simulados, además de que es precedido por la asignatura de Estudio del Trabajo, en la cual se diseñan y/o mejoran estaciones de trabajo (sistemas más simples) que son distribuidos dentro de una planta, posteriormente éstos diseños y/o mejoras serán agrupados y optimizados utilizando las técnicas de la asignatura de Diseño de Sistemas Productivos, pero aún siguen siendo sistemas relativamente simples con un comportamiento considerado ideal.



Diseño de Sistemas Productivos es sucedida por la asignatura de Investigación de Operaciones II, en este momento, es cuando a los diseños y/o mejoras se les asignan distribuciones probabilísticas, creando con esto sistemas de mayor complejidad, que en muchos de los casos debido a esto, es difícil resolverlos analíticamente, por lo que la simulación se convierte en una útil y valiosa herramienta.

Por lo anterior el laboratorio de simulación de Ingeniería Industrial tendrá acceso a simulaciones de plantas productivas. Ayudará a poder entender problemas que se puedan presentar dentro de una empresa (cualquiera que sea su giro, o sector), y será una herramienta útil para el estudio de los mismos, ya que permite hacer cambios e introducir nuevos diseños sin que esto represente un problema al sistema productivo real, ni en su operación, ni en sus costos, contestando las interrogantes de ¿Que pasaría si.... ?

SISTEMAS DE PRODUCCION AVANZADOS

Es importante mencionar que aunque la asignatura de Sistemas de Producción Avanzados, no pertenece al Departamento de Ingeniería Industrial, se incluirá en el análisis, debido a que requiere laboratorio y su contenido temático es de gran utilidad para poder simular una gran variedad de sistemas de manufactura flexibles. Además, de que se debe considerar que el concepto CIM (Manufactura Integrada por Computadora), es una de las medidas que en la actualidad las empresas han adoptado para incrementar su productividad e imprimir flexibilidad en sus ciclos de producción. Por esta razón, dicha asignatura es de gran importancia en la formación del Ingeniero Industrial.

ASIGNATURAS ANTECEDENTES

Se debe resaltar que hay asignaturas que proporcionan las herramientas básicas, para poder crear los modelos e interpretar los datos obtenidos, como resultado de una simulación.

INVESTIGACION DE OPERACIONES I

Esta asignatura nos provee de herramientas, que nos permiten analizar sistemas que podrán ser modelados. El modelo obtenido del sistema, será un modelo determinístico, dicho modelo será posible resolverlo por diferentes métodos analíticos, como por ejemplo: Simplex, Dual, etc., por citar algunos.

La asignatura proporciona la habilidad necesaria para ser capaces de formular modelos determinísticos, como se mencionó anteriormente; además, con la ayuda de la asignatura de Estadística Aplicada, es posible formular modelos estocásticos.

Para resolver los modelos creados en la asignatura de Investigación de Operaciones I, es posible auxiliarse de algunos software que facilitan llegar a la solución "óptima", algunos de



estos software son: Lindo, QS, etc. Pero es importante mencionar que estos software no son de simulación.

ESTADISTICA AVANZADA

La asignatura proporciona los conocimientos necesarios para realizar pruebas de hipótesis y diseños de experimentos, los cuales se aplican a muestras para inferir el comportamiento de una población, así como también, para distinguir la diferencia entre tratamientos.

Las pruebas de hipótesis tales como T-student, Anova, etc. Son pruebas paramétricas que solo sirven para distinguir diferencias entre las medias de muestras diferentes, sometidas a tratamientos diferentes, por lo cual no se pueden simular.

El proceso más cercano a una simulación en la asignatura de Estadística Avanzada, es la generación de números aleatorios, acercándose estos a una distribución de probabilidad.

Las pruebas no paramétricas como Chi-Cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y diferencias de rangos, por ejemplo. Se utilizan igualmente para pruebas de hipótesis, con datos no numéricos (paramétricos).

Para esta asignatura existe software que nos permite la manipulación de los datos con gran flexibilidad y rapidez y a su vez, nos permite generar gráficas y resolver problemas. Por ejemplo. Excel, Lotus, Works, etc.

ASIGNATURAS SELECCIONADAS

Por lo anterior, se seleccionan solo aquellas asignaturas que son las más adecuadas para simular procesos productivos.

Se listan las asignaturas en la tabla 1.2 que son útiles para nuestra investigación, y como antes se mencionó, son las que tienen un contacto inmediato con la realidad, es decir, que son las que de alguna manera son el nexo entre la teoría y el sistema productivo, ya que, básicamente son esas asignaturas las que nos permiten hacer cambios reales y manipular las diferentes condiciones del sistema, y modificar su operación apoyados por supuesto en la teoría y los modelos desarrollados para ella.

Asignaturas
Estudio del trabajo
Diseño de sistemas productivos
Investigación de operaciones II
Planeación y Control de la Producción
Sistemas de Producción Avanzados

Tabla 1. 2



Esquema 1.12

Se lleva una precedencia lógica (observada en el plan de estudios, esquema 1.12), en la que a través de los contenidos de estas 5 asignaturas, se hacen modelos de sistemas productivos, iniciando desde sus elementos básicos, hasta conformar todo el sistema.

ESTUDIO DEL TRABAJO

Utilizaremos la metodología del estudio de métodos, para diseñar una área de trabajo y analizar y controlar las variables que intervienen en él.

Uno de los propósitos fundamentales del estudio del trabajo, es reducir tiempos y movimientos, a través de la economía de movimientos, así como también, lograr que el área de trabajo, este dentro de las especificaciones antropométricas determinadas por la Ergonomía.

DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

Para esta asignatura se integrarán diferentes áreas de trabajo, se intercambiarán posiciones para simular diferentes distribuciones de planta y se observaran los resultados obtenidos en cada una de ellas (balanceo de líneas).



INVESTIGACION DE OPERACIONES II

En esta asignatura se atribuyen a las áreas de trabajo distribuciones probabilísticas, para especificar los comportamientos de los sistemas representados por los modelos, así como también, la interrelación de los mismos.

PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

En esta asignatura se diseñarán e implantarán procedimientos o sistemas, para determinar los volúmenes óptimos de producción e inventarios, mediante el uso de modelos, métodos y reglas en cualquier sistema de producción.

SISTEMAS DE PRODUCCION AVANZADOS

En esta asignatura nos apoyaremos en el concepto CIM (manufactura integrada por computadora), para crear un modelo ideal que permita describir todas las funciones, así como las interfaces correspondientes y su encañamiento con los más diversos ciclos de fabricación y variantes de flujo de materiales. A partir de las circunstancias y necesidades funcionales, se deducirán las estructuras básicas de tratamiento de datos, para mejorar la rentabilidad, mediante el manejo continuo de la información.

CAPITULO II





CAPITULO II

HERRAMIENTAS

La herramienta principal que utilizaremos para nuestro estudio será la computadora, por esta razón es necesario familiarizarse con cada una de las partes que la forman, conocer como funciona y las ventajas que proporciona al hombre.

A continuación se describe brevemente la historia de la computación, cada una de sus partes y cual es su función.

COMPUTADORA

Es una máquina capaz de almacenar y procesar cantidades muy grandes de información, realizar cálculos, establecer comparaciones, simular hechos y controlar operaciones científicas e industriales que están ocurriendo en la realidad.

HISTORIA

La historia de las computadoras la podemos dividir hasta la fecha en cuatro generaciones:

1ª generación. Las primeras computadoras aparecen en los años cuarenta. La primera computadora fue la Mark 1. En esta generación los datos y las instrucciones se introducían en la máquina por medio de tarjetas perforadas y proporcionaban los resultados del cálculo perforándolos sobre tarjetas o imprimiéndolos por medio de dos máquinas de escribir. El elemento principal fue el relé.

2ª generación. Se caracterizó por poseer bulbos, derivando con esto la disminución el tamaño físico de las máquinas, aumento en la velocidad y en la seguridad del funcionamiento.

3ª generación. En esta generación se construye el transistor, se desarrollan lenguajes y paquetes computacionales y el tiempo de operación se mide en nanosegundos. Aparecen las terminales.

4ª generación. Se logra aumentar la capacidad de entrada y salida de datos, debido a la construcción de circuitos de alta integración (paquete de varias decenas hasta miles de transistores), se crean nuevos y potentes lenguajes de programación, se cambia al proceso en línea, surgen los procesadores de texto.



CLASES DE COMPUTADORAS

Los fabricantes ofrecen muchas formas y tamaños de sistemas de cómputo, pero todos estos modelos pueden clasificarse a grandes rasgos como sigue:

COMPUTADORAS ANALÓGICAS

Las computadoras analógicas representan los números por medio de una magnitud física; es decir, asignan valores numéricos midiendo físicamente alguna propiedad real como la longitud de un objeto, el ángulo creado por dos líneas o la corriente eléctrica que pasa a través de un punto en un circuito eléctrico. Las computadoras analógicas derivan toda su información de alguna forma de medición.

Aunque son efectivas para algunas aplicaciones, su método de representación de números limita a la computadora analógica. La exactitud de la información utilizada por las computadoras analógicas está directamente relacionada con la precisión de sus mediciones.

COMPUTADORAS DIGITALES

Las computadoras digitales representan la información como números o unidades discretas. Contar con los dedos es la forma más simple de una computadora digital. Cada dedo representa una unidad de la cosa que se está contando. A diferencia de la computadora analógica, que está limitada por la precisión de las mediciones efectuadas, la computadora digital puede representar la información con exactitud utilizando tantas posiciones y números como sea necesario. Las sumadoras y calculadoras de bolsillo son ejemplos comunes de dispositivos contruidos según los principios de la computadora digital.

COMPUTADORAS HÍBRIDAS

Las computadoras híbridas combinan las características más favorables de las computadoras digitales y analógicas. Tienen la velocidad de las analógicas y la precisión de las digitales. Generalmente se usan en problemas especiales en los que los datos de entrada provienen de mediciones convertidas a dígitos y son procesados por computadora, por ejemplo, las computadoras híbridas controlan el radar de las torres de control de los aeropuertos. Otro ejemplo, sería la computadora híbrida utilizada para controlar la producción del granulado de mineral ferroso que se usa para fabricar acero. Esta computadora dirige el sistema de control de fabricación en línea, que automatiza y supervisa el proceso de producción; recibe información de sensores en todos los puntos del proceso de producción y de terminales en línea controladas por los especialistas que supervisan la producción.

La información generada durante el proceso de producción, se analiza repetidamente para asegurarse de que no ha habido algún error. Así los Ingenieros Industriales reciben la información que necesitan para establecer los patrones de producción, mantener el control de la calidad y supervisar los programas de producción y los niveles de los inventarios.



Las computadoras híbridas son ideales también para apoyar las operaciones CAD/CAM. La capacidad de la computadora híbrida para manejar información de sensores calibrados y de terminales en línea, se adapta particularmente al CAD/CAM. Las especificaciones de diseño introducidas durante el diseño asistido por computadora, se implantan durante la fase de fabricación asistida por computadora. Los sensores supervisan las instalaciones de CAM, para poder responder a modificaciones de cualquier tipo.

Los cambios que hacen los Ingenieros de supervisión se introducen por medio de terminales en línea. La computadora híbrida puede así responder eficientemente a las demandas de la producción.

COMPUTADORAS DE APLICACION GENERAL Y DE APLICACION ESPECIAL

Las computadoras digitales trabajan en situaciones muy especializadas y también realizan una amplia gama de tareas generales de procesamiento. Las computadoras de aplicación general pueden procesar información de negocios con la misma facilidad que procesan fórmulas matemáticas complejas. Pueden almacenar grandes cantidades de información y los programas necesarios para procesarla. Debido a que las computadoras de aplicación general son tan versátiles, la mayor parte de las empresas actuales las utilizan.

Las computadoras de uso especial tienen muchas de las características de las computadoras de uso general, pero se dedican a tareas de procesamiento muy especializadas. Se diseñan para manejar problemas específicos, y no se aplican a otras actividades computarizadas. Por ejemplo, las computadoras de aplicación especial pueden diseñarse para procesar exclusivamente datos numéricos o para controlar completamente procesos automatizados de fabricación.

Las computadoras de aplicación especial se utilizan muchas veces como simuladores para entrenamiento. Un simulador es un aparato controlado por computadora que sirve para adiestrar a la persona en condiciones artificiales o simuladas. La computadora crea las condiciones de prueba a las que debe responder la persona que está siendo adiestrada. A continuación registra y evalúa las respuestas proporcionando estos resultados tanto al supervisor, como al adiestrado.

SUPERCOMPUTADORAS

Las mainframes o supercomputadoras son las computadoras más poderosas y costosas que se fabrican. Sólo se producen unas cuantas cada año, porque son muy pocas las organizaciones que necesitan (y pueden pagar) su capacidad de procesamiento. Las supercomputadoras son más importantes para una nación, de lo que indica su número. Son un recurso nacional, sin las supercomputadoras los cálculos que se necesitan en algunas áreas de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, serían sencillamente imposibles. Un ejemplo de esto, es que los científicos de la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation), opinaban que la primera nación que construyera una supercomputadora capaz de simular el flujo de aire alrededor de un avión, completo, sería el país que desarrollara aeronaves de un rendimiento superior.



Conjuntamente con universidades e instituciones privadas, algunas agencias gubernamentales de los Estados Unidos, como la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa (DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency), la Fundación Nacional de Ciencias y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), han renovado su interés por los proyectos de supercómputo. También se ha convocado a conferencias que permitan el intercambio de ideas entre los fabricantes de computadoras y sus usuarios.

Las supercomputadoras tienen varias unidades de procesamiento que trabajan en conjunto a fin de efectuar más de mil millones de operaciones aritméticas científicas por segundo. Sin embargo, esta velocidad es insuficiente en muchos casos, por lo que los científicos trabajan febrilmente en diseños que integran cientos, miles y hasta millones de procesadores en paralelo. DARPA ha financiado una buena parte de estas investigaciones a través de su programa de Iniciativa Estratégica de Computo.

Dado que las supercomputadoras se construyen para procesar aplicaciones científicas complejas, la velocidad de cálculo del sistema es de primordial importancia. Para elevar al máximo la velocidad de los cálculos, cada una de las direcciones de memoria contiene 64 bits de información⁴.

MACROCOMPUTADORAS

Actualmente se llama macrocomputadoras a las máquinas que en general son más poderosas que las minis ordinarias. Los modelos a los que se designa como macrocomputadoras varían en cuanto a costo y rendimiento.

Los fabricantes de computadoras casi siempre agrupan toda una serie de modelos de macrocomputadoras, desde las pequeñas hasta las muy grandes, bajo una designación de familia. La capacidad de almacenamiento primario y secundario en línea aumenta cuando más grande es el sistema. Además, en los modelos más grandes es probable que sustituya el concepto de procesador único de las máquinas más pequeñas, por una arquitectura de sistema de cómputo diferente. Es posible, por ejemplo, que se empleen varias unidades de aritmética lógica y control en una macrocomputadora de multiprocesador grande, para procesar varias tareas al mismo tiempo. De hecho, un sistema de multiprocesador crea un sistema con dos o más unidades de proceso. También es común que se utilicen secciones de almacenamiento caché de alta velocidad y gran capacidad en las máquinas más poderosas. Naturalmente, el resultado de éstas y otras características es que las macrocomputadoras más grandes pueden procesar las aplicaciones con mayor rapidez que las computadoras más pequeñas.

Otra característica que mejora su rendimiento es el hecho de que la mayor parte de las macrocomputadoras más pequeñas, son básicamente máquinas de 32 bits y pueden manipular palabras de cuatro bytes en un solo ciclo de máquina. En las macrocomputadoras más grandes, la longitud de la palabra de datos que se puede manipular en un instante dado

⁴ "Las computadoras y la Información" Lawrence S. Orillie, Mc Graw Hill, Tercera Edición 1987 México.



aumenta a 48, 60 o 64 bytes, según el modelo. La mayor parte de la macrocomputadoras cuenta, además, con conjuntos de instrucciones muy completos que les confieren la flexibilidad que se necesita para operar automáticamente sobre dos y hasta ocho bytes en la misma unidad de tiempo.

Los proveedores de macrocomputadoras cuentan con bibliotecas mucho más grandes de programas de aplicación, una gran cantidad de paquetes de aplicación (compiladores de todos los lenguajes de programación de alto nivel más populares) y sistemas operativos muy avanzados. Los proveedores de macrocomputadoras también pueden proporcionar a sus clientes un alto nivel de apoyo, tanto para el diseño de aplicaciones, como para el servicio de mantenimiento.

MINICOMPUTADORAS

Al comenzar la década de 1960 surgió un nuevo tipo de computadora desarrollado y fabricado inicialmente por la Digital Equipment Corporation. La minicomputadora o mini como se le llama ocasionalmente, era una versión más pequeña de la macrocomputadora, se le consideraba una computadora orientada a tareas específicas. La minicomputadora se diseñó para proporcionar ciertos servicios escogidos al usuario en vez de la amplia gama de actividades que normalmente realizan las computadoras de aplicación general.

Aunque muchas organizaciones aprovecharon en forma efectiva sistemas grandes, otras se dieron cuenta de que tales sistemas eran innecesarios, lo que realmente necesitaban eran computadoras pequeñas orientadas a tareas específicas. Así, adquirieron minicomputadoras que eran físicamente más pequeñas, pero lo bastante poderosas para satisfacer las necesidades de esas compañías.

Las minicomputadoras podían realizar tareas específicas y no necesitaban un ejército de dispositivos periféricos o de almacenamiento ni un CPU muy grande. La reducción en el tamaño y el número de dispositivos necesarios para apoyar a un sistema de este tipo produjo ahorros considerables en sus costos.

Las que actualmente se consideran dentro de esta categoría son las workstations y los servidores.

MICROCOMPUTADORAS

Las microcomputadoras son computadoras pequeñas y baratas, a veces llamadas "computadoras de un chip". Esto se debe a que los componentes utilizados para construir las microcomputadoras son chips como los que utilizan la memoria ROM. Estos chips son circuitos integrados miniaturizados, llamados microprocesadores que pueden operar como un sistema de cómputo.



Las microcomputadoras son esencialmente sistemas de cómputo pequeños que ofrecen una amplia gama de aplicaciones. Cada microcomputadora puede recibir, procesar y producir información. Las microcomputadoras utilizan chips especializados que permiten al usuario equipar la microcomputadora con una capacidad que no tenía al comprarse. La capacidad se amplia agrupando los chips en configuraciones llamadas tabletas o módulos. El potencial de procesamiento de una microcomputadora puede incrementarse sorprendentemente agregando estos módulos preprogramados. El término microcomputadora incluye a los sistemas más pequeños y baratos, las microcomputadoras se han popularizado en el hogar y la oficina donde proporcionan apoyo personal de cómputo PC.

PC's

La computadora personal se está convirtiendo en una herramienta indispensable para las personas de negocios tanto en la oficina como en el hogar, maneja la información de negocios y personal. Además, los científicos y maestros en campos como la medicina, la ingeniería, la música y la educación están usando la computadora personal, o PC, para la investigación.

Las computadoras personales no se diseñaron para sustituir al equipo de cómputo de mayor capacidad sino que son una alternativa de bajo costo a los sistemas grandes y complejos⁵.

PARTES DE UNA PC

MICROPROCESADOR

En todas las computadoras personales el microprocesador es el chip que procesa la información y realiza los cálculos. El microprocesador, o unidad de proceso central (CPU), transfiere datos procesados, comparaciones numéricas y transfiere datos en respuesta a instrucciones de programas residentes en memoria.

El CPU controla las operaciones básicas de la computadora mandando y recibiendo señales de control, direcciones de memoria e información de una parte de la computadora a otra a lo largo de un grupo de direccionadores electrónicos interconectados llamados BUS. Localizados a lo largo del BUS están los puertos de entrada y salida que conectan las diferentes memorias y los Chips de soporte al BUS.

La información pasa a través de estos puertos de entrada y salida mientras esta información viaja hacia y desde el CPU y a las otras partes de la computadora.

LOS CHIPS DE SOPORTE

El microprocesador no puede controlar a toda la computadora sin ayuda alguna, debe delegar ciertas funciones de control a otros chips, el CPU está disponible para atender su propio trabajo. Estos chips de soporte son responsables para procesos como controlar el flujo de

⁵ *Informática Presente y Futuro*, Donald H. Sanders, Mc Graw Hill, Tercera Edición, 1990 México.



información a través de circuitos internos (como son el controlador de interrupción y el controlador de acceso directo a memoria) y controlando el flujo de información hacia o desde un dispositivo particular (monitor o el drive del disco) anexo a la computadora.

EL CONTROLADOR DMA (ACCESO DIRECTO A MEMORIA)

Algunas partes de la computadora son capaces de transferir información hacia y desde la memoria de la computadora sin pasar a través del CPU. Esta operación es llamada acceso a memoria directa y es manejado por un chip conocido como el control DMA.

El propósito principal de este controlador es permitir la lectura de los drives de los discos o escribir información sin involucrar al microprocesador porque el disco de entrada y salida es relativamente lento comparado con la velocidad del CPU, el DMA acelera considerablemente el funcionamiento de la computadora.

CONTROLADORES DE VIDEO

Los diversos subsistemas de video disponibles con las PCs presentan una variedad de interfaces de control programables al hardware de video.

Todos los subsistemas de video de una PC tienen un circuito controlador de un tubo de rayos catódicos (CRT) para coordinar las señales de tiempo que controlan el desplegado de video. Aunque los circuitos de control de video pueden ser programados en software de aplicación, todos los subsistemas de video tienen diferentes interfaces de programación.

Afortunadamente, todas las PCs están equipadas con rutinas básicas de control de video en el ROM BIOS.

CONTROLADORES DE ENTRADA Y SALIDA

Las PCs tienen varios subsistemas de entrada y salida con circuitos de control especializados que proveen una interface entre el CPU y el actual hardware de entrada y salida. Por ejemplo, el teclado tiene un chip controlador aplicado que transforma las señales eléctricas generadas por los golpes en las teclas en códigos de 8-bit que representa a las teclas individuales. Todos los drives de disco tienen circuitos controladores separados que directamente controlan el drive; el CPU se comunica con los controladores a través de una interface consistente. Los puertos de comunicaciones serial y paralelo también tienen controladores de entrada y salida aplicados.

EL BUS

Las familias PC de computadoras eslabonan todos los circuitos de control interno por medio de un circuito conocido como bus.

Un bus es simplemente una trayectoria compartida en el tablero de circuito principal al cual todas las partes controladas de la computadora son conectadas.



Cuando la información es pasada de un componente a otro, esta viaja a lo largo del camino común para alcanzar su destino.

Todo microprocesador, todo chip de control y todo byte de memoria en la computadora es conectado directa o indirectamente al bus. Cuando un nuevo adaptador es conectado a uno de los canales de expansión, es conectado directamente a el bus, haciéndolo un socio en la operación de toda la unidad.

MEMORIA

Los chips de memoria no controlan o dirigen el flujo de información a través del sistema de la computadora, solamente almacenan información hasta que esta es necesitada.

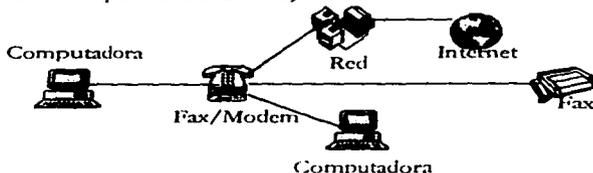
La capacidad de almacenaje y número de chips de memoria que existen dentro de la computadora determina la cantidad de memoria que nosotros podemos usar para programas e información. Aunque esto puede variar de una computadora a otra, todas las PCs vienen con al menos 40 KB de memoria de lectura (ROM) y 8 MB de memoria de acceso random (RAM). Las capacidades de ROM y RAM pueden aumentar instalando chips de memoria adicionales en ranuras vacías en la tarjeta madre, así como instalando un adaptador de memoria en uno de los canales de expansión del sistema.

MODEMS

En la actualidad se ha convertido en una necesidad creciente el hecho de que la computadora deje de ser un ente aislado y pase a formar parte de un sistema de comunicaciones o información.

A continuación se mencionan y describen brevemente los dispositivos que permiten a la computadora satisfacer esta necesidad.

Los modems son dispositivos periféricos de enlace que se utilizan para comunicar una computadora a otro dispositivo receptor transmisor como por ejemplo otro modem (que comunique otra computadora o una red) o fax.



Los modems pueden ser internos o externos, los modems internos se colocan en una de las ranuras de expansión de la computadora (slots), y los externos se conectan a través del puerto serial de comunicaciones.



La velocidad de transmisión de los modems se mide en baudios por segundo (bps) y en datos transmitidos bits por segundo (bps), estas velocidades varían desde 300 bps hasta 2 Mbps. Con los nuevos modems ISDN. La mayoría de las comunicaciones actuales se realiza a velocidades de 9600 a 57800 bps.

Para poder conectarse a un servidor por medio del módem se necesita :

1. Una cuenta de PPP, SLIP o ISP (Proveedor de Servicios de Internet).
2. Información del servidor.
 - User Name
 - Password
 - Número telefónico de acceso
 - Nombre de dominio del servidor
 - DNS del servidor y dirección IP
 - Técnica de autenticidad.

Domain Name Service (DNS)

Es un nombre de servicio estático y jerárquico para los servidores TCP/IP que permite a los usuarios estar en la cola del servidor con nombres específicos en lugar de direcciones IP.

Point-to Point Protocol (PPP)

Un estándar de la industria que asegura la interoperabilidad con software de acceso remoto de otros fabricantes; permite usar los protocolos IPX, TCP/IP y NetBEUI.

SLIP es un software basado en el protocolo "Serial Line Internet Protocol" que permite tener acceso a todos los servicios de Internet desde cualquier computadora personal utilizando un módem y una línea telefónica. De esta manera su computadora se convierte en un nodo virtual de la red, esto es, simula una conexión directa. Así puede tener acceso a los servicios de Internet como sesiones remotas, transferencia de archivos, correo electrónico, gopher, world wide web, etc.

REDES

Debido al tremendo impacto de las computadoras y de las redes de computadoras en la sociedad, la última década de este período histórico ha sido llamada "la era de las computadoras" la productividad y los beneficios de las sociedades y los individuos han mejorado significativamente debido a esta notable herramienta.

Esta tendencia se está acelerando conforme se descubre el poder de las computadoras en los negocios y el hogar. Día con día las transacciones en las tiendas departamentales, bancos, reservaciones y otros negocios son todos dependientes de las redes de computadoras.

Por lo anterior es necesario saber que es una red de computadoras: Muchas definiciones son aceptadas en la industria, posiblemente la más simple sea: un número de computadoras (y usualmente terminales) interconectadas por una o más vías de transmisión. Las vías de transmisión son comúnmente líneas de teléfono debido a su



convencionalidad y universalidad. Las redes existen para lograr un objetivo, la transferencia e intercambio de datos entre computadoras y terminales.

VENTAJAS DE LAS REDES

Las redes proveen importantes ventajas para los negocios e individuos. Las organizaciones de hoy están ampliamente dispersas con oficinas localizadas en diversas partes del país y/o el mundo.

Muchas computadoras están localizadas donde la necesidad de transferencia de información y datos son la base, una red provee los medios para el intercambio de datos entre computadoras y provee los programas y datos disponibles, a las personas en la organización.

CONEXIONES

Los servidores y terminales se pueden conectar de dos maneras, o se conectan en una configuración punto a punto en la cual solo dos terminales están en la línea o canal, o se conectan en multiconexión, en esta más de dos terminales están conectadas al mismo canal. El flujo de datos se realiza por medio de alguna de estas tres maneras :

1. Simplex, transmisión en una sola dirección.
2. Half-Duplex, transmisión en ambas direcciones pero en una sola dirección a la vez.
3. Full-Duplex o Duplex, transmisión simultánea en ambos sentidos.

TOPOLOGIAS Y METAS DE DISEÑO

Una configuración de redes es llamada también topología de red, una topología es la forma (o conectividad física) de la red. El término topología es tomado de la geometría para describir la forma de algo.

El diseñador de red tiene tres metas primarias cuando establece la topología de red.

1. Proveer la máxima confiabilidad posible para asegurar la recepción adecuada para todo el tráfico.
2. Rutear el tráfico a través del camino de menor costo, a menos que el menor costo no sea escogido si otros factores como confiabilidad sean más importantes.
3. Dar al usuario final la mejor respuesta posible en tiempo y rendimiento. La confiabilidad en la red se refiere a la habilidad de entregar datos correctamente (sin errores) de terminal a terminal. Esto ocasiona la habilidad de recuperar datos perdidos en la red, incluyendo fallas del servidor y canal. La confiabilidad también se refiere al mantenimiento del sistema, el cual incluye revisión diaria, mantenimiento preventivo y aislamiento de fallas. Las topologías más comunes en la red son:

TOPOLOGIA JERARQUICA

La topología jerárquica es una de las redes más comúnmente usadas hoy en día. El software para controlar la red es relativamente simple y la topología provee un punto de concentración para el control y resolución de errores. En la mayoría de los casos, el servidor es el orden más alto en la jerarquía. Figura 2.1

Mientras la topología jerárquica es atractiva desde la simplicidad de control, presenta problemas significativos de posibles cuellos de botella. En algunos casos el servidor típicamente es un mainframe que controla todo el tráfico entre terminales. No solo se pueden crear cuellos de botella sino también presenta problemas de confiabilidad. Un ejemplo de este tipo de problemas de confiabilidad sería el caso de que el servidor falle y la red se pierda completamente, sin embargo, las topologías jerárquicas han sido ampliamente usadas en el pasado.

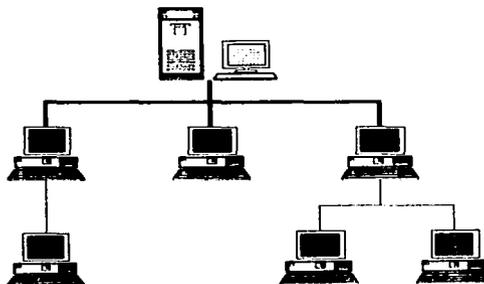


Figura 2.1

TOPOLOGIA HORIZONTAL

La topología horizontal o de bus es muy popular en redes LAN, el flujo de tráfico entre y a través de terminales es relativamente fácil de controlar por que el BUS permite a todas las estaciones recibir cada transmisión. Una sola estación transmite a múltiples estaciones, la principal contraparte de las topologías horizontales radica en el hecho de que usualmente solo existe un canal de comunicación para servir a todos los dispositivos en la red. Consecuentemente en la eventualidad de una falla en el canal de comunicación la totalidad de la red falla. Otro problema con esta configuración particular es la dificultad de aislar fallas en algún componente enlazado en el bus. La ausencia de puntos de concentración hacen que la resolución del problema sea difícil. Figura 2.2



Figura 2.2

TOPOLOGIA EN ESTRELLA

La topología de estrella es una de las estructuras más ampliamente usadas para los sistemas de comunicación de datos. Una de las principales razones por su uso continuo es su precedencia histórica. La red en estrella fue usada en los 60's y principios de los 70's por que era fácil de controlar (el software no es complejo y el flujo de tráfico es simple).

Todo el tráfico emana del centro de la estrella que es típicamente una computadora, esta tiene completamente el control de las terminales unidas a ella, en consecuencia es muy similar a la topología jerárquica excepto que la topología en estrella tiene capacidades de procesamiento distribuido limitadas.

El centro tiene la responsabilidad de rutear tráfico a través de otros componentes, es responsable del aislamiento de fallas. El aislamiento de fallas es relativamente sencillo por que las líneas pueden ser aisladas para identificar el problema. Sin embargo como en la estructura jerárquica, la estrella está sujeta a potenciales cuellos de botella y fallas del centro. Arreglos en estrella construidos en los 70 experimentaron serios problemas de confiabilidad debido al aspecto centralizado de la red. Figura 2.3

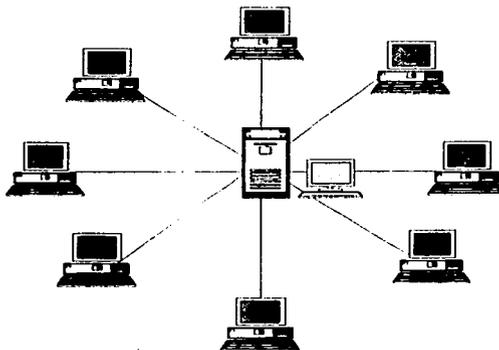


Figura 2.3

TOPOLOGIA EN ANILLO

Es otra configuración popular de red y es llamada así por el aspecto circular del flujo de datos.

En la mayoría de los casos el flujo de datos es en una sola dirección con una sola estación recibiendo la señal y relevándola a la siguiente estación en el anillo. La topología en anillo es atractiva por que los cuellos de botella encontrados en las jerárquicas y en las de estrella son muy inusuales. Más aún, la lógica para implantar una red en anillo es relativamente simple. Cada componente es ordenado con un trabajo hacia adelante para aceptar los datos, mandándolos a la terminal unida a ella, o mandándolos fuera del anillo al siguiente componente intermedio, sin embargo, como todas las redes el anillo tiene sus deficiencias. El problema principal es el de un solo canal enlazando a todos los componentes del anillo. Si el canal entre dos nodos falla, entonces la totalidad de la red se pierde. Figura 2.4

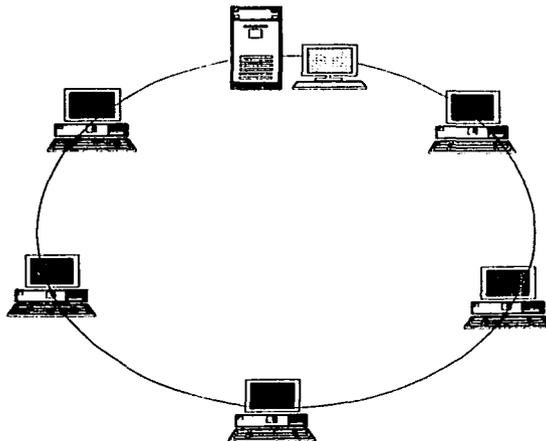


Figura 2.4

TOPOLOGIA EN MALLA

La topología de malla ha sido usada en los últimos años, su atractivo es la relativa inmunidad hacia fallas producido por cuellos de botella. Aunado a la multiplicidad de caminos del servidor y terminales, el tráfico puede ser ruteado alrededor de los componentes descompuestos o nodos ocupados. Aun así este avance es complejo y caro⁶. Figura 2.5

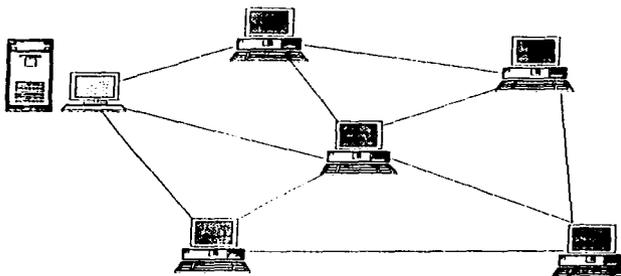


Figura 2.5

JUSTIFICACION DEL TIPO DE RED

Para el laboratorio de Ingeniería Industrial se utilizará una topología muy similar a una estrella, ya que después de haber analizado las características de cada una de las diferentes topologías antes mencionadas, es la que más se adecua a las necesidades del laboratorio, debido a que en esta, todo el tráfico parte del centro, el cual es casi siempre una computadora, la que tiene todo el control de las terminales unidas a ella y aunque esta no es inmune a un número mayor de fallas que algunas otras topologías de avance más complejo y caro, es lo suficientemente versátil para poder satisfacer las diferentes situaciones que puedan presentarse en el laboratorio. Por otra parte es muy económica, y la facilidad de manejo de su software, será de mayor utilidad para que todos los alumnos puedan conocer y entender claramente su funcionamiento.

En esta topología se tiene un servidor que se encarga de la administración del sistema operativo y de los programas que soliciten recursos de este. La administración de las comunicaciones se delegan a un dispositivo llamado "IUUB" que es el encargado de realizar las comunicaciones entre las terminales con el fin de relevar a el servidor de esta tarea para que

⁶ Bibl. "Computer Networks", Ulyess Black, Prentice Hall 1987 N.J. U.S.A.



concentre sus recursos en atender las necesidades y no en administrar las comunicaciones, por ello se conectarán las computadoras a este y a su vez este al servidor. Como se muestra en la figura 2.6.

El HUB tiene un ancho de banda de 10 MHz. Dividido entre el número de computadoras conectadas a el, lo cual da un margen bastante amplio para el tráfico de información.

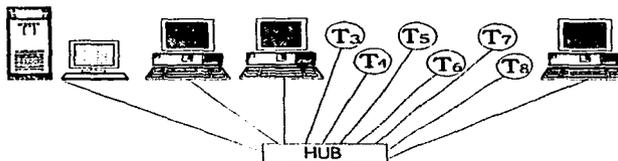


Figura 2.6

SISTEMAS OPERATIVOS OBJETIVOS Y FUNCIONES

Un sistema operativo es un programa que controla la ejecución de los programas de aplicación y actúa como una interfase entre el usuario de la computadora y el hardware. Tres características fundamentales de un sistema operativo son:

- **conveniencia** un sistema operativo hace a una computadora más conveniente de usarse.
- **eficiencia** un sistema operativo permite a la computadora usar de forma eficiente sus recursos.
- **capacidad de evolucionar** un sistema operativo debe estar programado de tal manera que permita un desarrollo efectivo, pruebas e introducción de nuevas funciones del sistema sin interferir con su servicio al mismo tiempo.

EL SISTEMA OPERATIVO COMO UNA INTERFASE USUARIO-COMPUTADORA

El hardware y el software son utilizados para proveer aplicaciones, el usuario de esas aplicaciones es llamado usuario final, éste usuario final visualiza un sistema de computadora en términos de una aplicación. Esa aplicación puede ser expresada en un lenguaje de programación y es desarrollada por un programador de aplicaciones.

Algunos programas son conocidos como utilerías, e implantan funciones usadas frecuentemente para auxiliar en la creación de programas, el manejo de archivos y el control de dispositivos de entrada y/o salida (I/O).



El programa más importante del sistema de computación es el sistema operativo. El sistema operativo esconde los detalles del hardware del programador y provee al programador con una interfase conveniente para usar el sistema. Este actúa como mediador, haciendo más fácil el acceso y uso de éstas facilidades y servicios tanto al programador como a programas de aplicación.

A manera de informe, el sistema operativo típicamente provee servicios en las siguientes áreas:

- *Creación de programa:* El sistema operativo provee una serie de servicios y facilidades, tales como editores, depuradores para asistir al programador en la creación de programas. Estos servicios están en forma de programas de utilerías que no son actualmente parte del sistema operativo pero son accesibles a través del sistema operativo.
- *Ejecución del programa:* Un cierto número de tareas necesitan ser desarrolladas para ejecutar un programa. Instrucciones e información deben ser cargadas en la memoria principal, dispositivos de entrada y salida (I/O), y archivos deben ser inicializados, y otros recursos deben ser preparados. El sistema operativo maneja todas estas tareas para el usuario.
- *Acceso a los dispositivos de entrada y salida:* Cada dispositivo de entrada y salida requiere su propia serie de instrucciones particulares, o signos de control para su operación. El sistema operativo se encarga de los detalles para que el programador pueda pensar en términos de lecturas y escrituras simples.
- *Acceso controlado a archivos:* En el caso de archivos, el control puede incluir un entendimiento no solo del tipo de los dispositivos de entrada /salida (unidad de disco, unidad de cinta), sino también el formato del archivo en el almacenamiento medio. Además, en el caso de un sistema con usuarios múltiples, el sistema operativo puede proveer mecanismos de protección para controlar el acceso a los archivos.
- *Acceso al sistema:* En el caso de un sistema compartido o público, el sistema operativo controla el acceso al sistema como un todo, y a recursos específicos. La función de acceso debe proveer protección de recursos e información de usuarios no autorizados y debe resolver conflictos en la disputa de recursos.
- *Detección y respuesta de error:* Una variedad de errores puede ocurrir mientras un sistema de la computadora está corriendo. Esto incluye errores de hardware internos y externos, tales como errores de memoria, o un mal funcionamiento o falla de un dispositivo; y una variedad de errores del software, tales como sobre-flujo aritmético, intento de acceso a locación de memoria prohibida.
En cada caso el sistema operativo debe tomar la respuesta que limpie la condición de error con el menor impacto en las aplicaciones corridas. La respuesta puede venir del final del programa que causó el error, a reiniciar la operación, o simplemente reportar el error a la aplicación.
- *Contador:* Un buen sistema operativo colecta estadísticas usadas para varios recursos y parámetros desarrollados de monitores, tal como tiempo de respuesta. En cualquier sistema esta información es útil en anticipar la necesidad para futuras mejoras y en localizar las mejoras del desempeño del sistema. En un sistema de multiusuarios, la información puede ser usada para sistemas de facturación.



TIPOS DE SISTEMAS OPERATIVOS

MVS

Es probablemente el sistema operativo más largo y complejo que se ha desarrollado. Los cuatro factores que han determinado el diseño del MVS son los siguientes :

- Soporte de lotes y trabajo interactivo.
- Almacenaje virtual arriba de 32 Gigabytes por trabajo o usuario.
- Multiprocesamiento de paridad cerrada; esta arquitectura consiste en un número de procesadores que comparten la misma memoria principal.
- Localidad sofisticada de recursos y facilidad de monitoreo para lograr un uso eficiente de la memoria larga del sistema, procesadores múltiples y estructura compleja de canales de entrada y salida.

La necesidad de tratar con procesadores múltiples es un requerimiento no encontrado en OS/2 y en el sistema UNIX. Cuando hay múltiples procesadores, cada uno de los cuales puede ejecutar cualquier proceso, y cuando la comunicación entre procesos se lleva a cabo entre los diferentes procesadores, la complejidad del sistema operativo puede incrementarse significativamente, a diferencia de uno de una máquina con un solo procesador.

La figura 2.7 da una vista simplificada de la construcción de bloques.

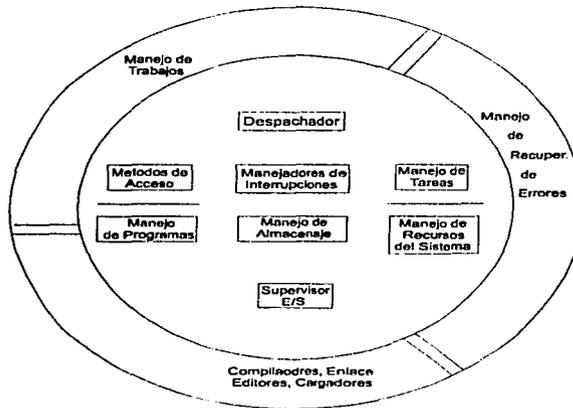


Figura 2.7



Una celda exterior contiene servicios en interfase visibles a usuarios y operadores del sistema responsables de administrar el sistema. Además a una colección de programas necesitados para la creación y compilación del programa, hay un subsistema de manejo de trabajo con las siguientes funciones:

- Comandos de interpretación del operador y mensajes apropiados de ruta.
- Lectura de información de entrada de trabajo, de dispositivos periféricos y escritura de datos del sistema de trabajo a dispositivos periféricos.
- Localidad de dispositivos de entrada y salida a un trabajo y notificar al operador de cualquier unidad física de datos que han de ser montados antes de la ejecución de un trabajo.
- Convertir el trabajo en tareas que puedan ser procesadas por la administración de tareas.

OS/2

El OS/2 es el más importante ejemplo de las nuevas tendencias en sistemas operativos de computadoras personales.

El desarrollo del OS/2 fue creado por la necesidad de explotar el tremendo poder del microprocesador de 32 bits, el cual rivaliza con las macrocomputadoras y minicomputadoras de hace unos años, sofisticación del hardware y en capacidad de memoria.

El rasgo más significativo de estos nuevos sistemas operativos, es que aunque todavía son experimentales para soporte de un usuario interactivo, son sistemas operativos multitareas. Dos principales desarrollos han disparado la necesidad para multitareas en computadoras personales. Primero el aumento de velocidad y la capacidad de memoria de los microprocesadores, segundo el soporte para memoria virtual, las aplicaciones se han hecho más complejas e interrelacionadas.

Como los servicios y las capacidades disponibles a los usuarios llegan a ser más poderosos y variadas, el ambiente de una sola tarea, llega a ser más torpe y menos amigable. En un ambiente de multitarea el usuario abre cada aplicación cada vez que la necesita, y puede "dejarla abierta". La información puede ser fácilmente movida entre las aplicaciones. Cada aplicación tiene una o más ventanas abiertas y una interfase gráfica con un dispositivo apuntador como el mouse que permite al usuario la navegación rápida en el ambiente.

UNIX SYSTEM V

La figura 2.8 muestra una descripción general de la arquitectura del UNIX.

El hardware fundamental es rodeado por el software del sistema operativo. El sistema operativo es comunmente llamado "el kernel del sistema", o simplemente kernel, para enfatizar el aislamiento del usuario y aplicaciones. Sin embargo, UNIX viene equipado con un número de servicios de usuario e interfaces que son considerados parte del sistema. Estos



pueden ser agrupados dentro del shell, otro software de interfase, y los componentes del compilador de C, (compilador, ensamblador, cargador). La capa exterior consiste en las aplicaciones de usuario y la interfaz de usuario y la interfaz de usuario para el compilador de C

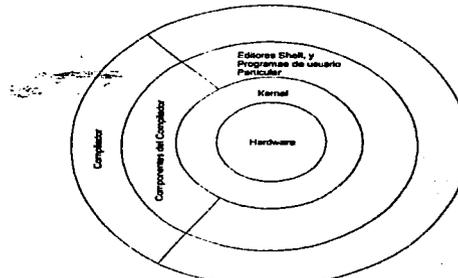


Figura 2.8

Los programas del usuario pueden invocar servicios del sistema operativo directamente o a través de librerías. La interfase de llamada al sistema es la frontera con el usuario y permite que el software de alto nivel tenga acceso a funciones específicas del kernel. Por otro lado, el sistema operativo contiene rutinas primitivas que interactúan directamente con el hardware.

Entre estas dos interfases, el sistema es dividido en 2 partes principales, una concerniente al proceso de control y la otra al manejo de archivos y entradas/salidas (I/O). El subsistema de control de proceso es responsable del manejo de memoria, la planeación y despacho de procesos, y la sincronización e intercomunicación de procesos. El sistema de archivos intercambia datos entre memoria y dispositivos externos, tanto en cadena de caracteres o en bloques para lograr esto una variedad de manejadores de dispositivos son usados. Para transferencias orientadas a bloques, un cache de disco es usado: un buffer de sistema en la memoria principal es interpuesto entre el espacio de direcciones del usuario y el dispositivo externo⁷.

MS-DOS

El MS-DOS es un sistema operativo de un solo procesador que se puede ejecutar en máquinas con procesadores Intel 8088 y los sucesivos 286, 386, 486 y Pentium 586 y procesadores con arquitecturas similares como son los de Cyrix, AMD y Texas Instruments.

⁷ *Operating Systems, William Stallings, Mcmillan Publishing Co. 1992*



El DOS tiene tres funciones: maneja los recursos del sistema (como la memoria y los discos), le sirve de interfaz para que pueda comunicarse con su computadora y le permite manejar el sistema.

Con el DOS se efectúa la mayor parte de la interacción entre el usuario y el hardware. La mayoría de las aplicaciones no tienen acceso directo al teclado, monitor, o impresora, sino que solicita al DOS que lo haga.

El DOS interactúa con el hardware mediante los controladores de dispositivos, es decir, programas que controlan los dispositivos. Por ejemplo, si en un programa se desea imprimir una línea, el controlador de la impresora incluye en los códigos la posición de la cabeza de impresión, selecciona la fuente, imprime los datos, etc. Los controladores dan mayor flexibilidad al DOS en lo que se refiere a los tipos de hardware con los que puede trabajar. Cuando el administrador de hardware ya está incorporado en el DOS, el sistema operativo sólo puede controlar las impresoras, monitores y teclados que ya están incorporados al sistema operativo. Por el contrario, cuando se utilizan controladores de dispositivos, el DOS puede conectarse con cualquier pieza de hardware para la que exista un controlador.

La memoria es otra de las partes donde DOS trabaja de forma transparente para el usuario, al controlar el acceso a la parte inferior de la memoria llamada memoria convencional, que es donde se ejecutan los programas. El DOS también controla otras áreas de la memoria. Como ejemplo el DOS 6 cuenta con comandos y funciones que permiten realizar lo siguiente:

- Administrar el área de memoria más allá del área de la memoria convencional.
- Cargar el software en aquellas partes de la memoria que originalmente eran para uso de del sistema. Esta práctica permite disponer de mucho mas espacio en el área de memoria convencional para ejecutar los programas de aplicación
- Presentar informes sobre el uso y disponibilidad de memoria en cualquier momento.
- Configurar su sistema a fin de obtener el máximo rendimiento en el uso del espacio de memoria del que se dispone.

WINDOWS

Windows es el estándar en el ámbito de los entornos gráficos de usuario, GUI (Graphic User Interface) y SAA (Standard Application Architecture) son las palabras claves en el mundo de la PC. La meta de éstos estándares es la unificación tanto en manejo como en la programación, así como en el intercambio de datos entre diferentes aplicaciones. Multitasking es uno de los conceptos que se nombra conjuntamente con Windows: La ejecución de varios programas simultáneamente. Las ventajas están claras: Ahorro de tiempo y una carga adecuada de las capacidades del ordenador. El usuario ya no necesita aprender de memoria comandos, sino que simplemente ha de activar la funciones y los programas representados en forma de iconos con el ratón.



Un entorno de usuario o interfaz, es el elemento de conexión entre la persona y la computadora en lo que se refiere al aspecto visual el manejo de un sistema operativo o programa.

El manejo del sistema operativo ha sido siempre, para los principiantes, y también para los iniciados, una cuestión bastante complicada. Mucho antes de que saliera al mercado el primer Shell de DOS, la empresa Apple presentó una familia de ordenadores cuyo sistema operativo estaba provisto de un entorno gráfico. En este caso, entorno gráfico significaba el uso de íconos y otros elementos gráficos para la representación de comandos y funciones. La representación gráfica permitía al principiante un acceso mucho más fácil a la informática, y al usuario iniciado un manejo intuitivo de cualquier programa, aunque fuera desconocido.

A partir de entonces los íconos y elementos dejaron de ser únicamente activados a través del teclado, pues ahora se les podía seleccionar a través de un dispositivo llamado ratón, con el cual era posible desplazar y posicionar en la pantalla una pequeña flecha; apretando uno de los botones del ratón se llevaba a cabo la acción simbolizada por el correspondiente elemento gráfico.

El gran paso adelante para el uso del ratón ha venido de la mano de desarrollo de entornos gráficos para PC. Esto ha hecho de las PCs máquinas más asequibles al usuario, gracias a los entornos gráficos manejados con ratón.

La empresa Microsoft, creadora del sistema operativo MS-DOS y del entorno gráfico Windows, ha aplicado en éste una idea basada no solo en un manejo homogéneo de del entorno gráfico en sí mismo, sino también en la inclusión de programas destinados a las tareas más diversas. Estos programas que se denominan aplicaciones Windows están provistos de los mismos elementos que Windows. También todas las funciones tienen el mismo carácter. Los comandos que llevan a cabo la misma función (por ejemplo *Archivo Guardar*) tiene la misma denominación y se ejecutan de manera idéntica, sea cual sea la aplicación Windows con la que se trabaje. Sin embargo el concepto de SAA (System Application Architecture = Arquitectura de Aplicaciones de Sistema) implica más que un simple sistema de manejo. La aplicación de este concepto no se limita a las aplicaciones basadas en entornos gráficos, sino también a otras basadas en entornos de caracteres.

Windows establece una conexión entre el sistema operativo y las aplicaciones. Windows se encarga del control de la pantalla, ratón e impresora para todos los programas que funcionen en él. De este modo, se garantiza un diseño unitario de todos los programas.

El concepto SAA se extiende hasta el terreno de la programación, o, mejor dicho, empieza propiamente en él. Como ya están, por así decirlo, prefabricados todos los elementos que componen el entorno, existe una amplísima biblioteca de programación al servicio del desarrollo de aplicaciones. Este procedimiento facilita a los programadores la creación de nuevas aplicaciones Windows.



Windows hace las veces de intermediario entre las aplicaciones y el sistema operativo, o los elementos de hardware de un sistema informático. Además Windows funciona en su calidad de entorno gráfico, como intermediario entre este sistema y el usuario, por ello Windows se refiere a dos cosas, por un lado a la gestión de los recursos del sistema y por otro, al manejo de las aplicaciones⁸.

NOVELL

El sistema operativo del Netware viene instalado dentro del servidor de archivos que dirige la red. Dicho sistema es completamente diferente del DOS. Es preciso que se cargue un programa especial en la PC (lo cual permitirá que la estación de trabajo y el servidor de archivos se comuniquen entre sí) por que el DOS y el Novell son incompatibles. A esta programación se le da el nombre de armazón del Novell y se encuentra dividida en dos partes: el archivo IPX y el NET2 (o archivos NET3 o NET4). Mientras no haya cargado en el RAM de la PC los archivos que acabamos de mencionar no se podrá tener acceso al servidor de la red.

El archivo NET2 hace la diferencia entre las instrucciones o peticiones enviadas a la estación de trabajo la cual usa el DOS, y aquellas enviadas al servidor de archivos que utiliza el sistema operativo del Novell. Por ejemplo si se escribe una petición de copiar o visualizar en la PC un archivo de un directorio de la estación local, NET2 dirige la petición al DOS. Si se decide ejecutar una tarea sobre la cual la red tiene prioridad como, por ejemplo, imprimir en la impresora de la red la petición se dirige a la sección IPX del armazón del Novell. Entonces el IPX dirige dicha petición al sistema operativo del Novell situado en el servidor de archivos.

En efecto, las secciones de IPX y NET2 del armazón actúan al unísono como guardias de tráfico, coordinando y dirigiendo las peticiones hechas desde las estaciones de trabajo al sistema operativo apropiado.

El sistema operativo Novell configura electrónicamente el servidor de archivos de modo que se puedan ejecutar las aplicaciones de la red y manipular los archivos de datos de la red. Este también permite la organización de los archivos personales de aplicaciones y de datos en un gabinete electrónico. Para facilitar las operaciones de la red, Novell ha diseñado el sistema para que trabaje a la par de DOS. El usuario puede utilizar el sistema operativo Novell para organizar la información almacenada en un servidor de archivos con el mismo tipo de estructura de directorios que puedan crear en las unidades de disco locales empleando el DOS.

Igual que en DOS, un directorio puede dividirse en subdirectorios para obtener una organización más detallada de ciertos archivos⁹.

⁸ *Sistemas Operativos Modernos, Andrew S. Tanenbaum, Prentice Hall, 1993 1ª Edición en español*

⁹ *El ABC del Novell Netware, Jeff Woodward, 1991, México. Ventura Ediciones, S.A. de C.V.*



JUSTIFICACION DEL SISTEMA OPERATIVO

Se podrían usar dos plataformas de red, una basada en el Sistema Operativo Windows NT y la otra en Novell.

Si se instalara en el Windows NT, la plataforma de Novell no correría en el NT ya que no son compatibles y no existe comunicación alguna entre ellos. Figura 2.9.

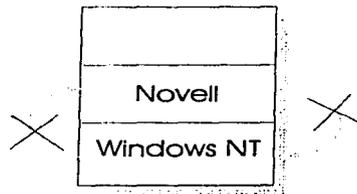


Figura 2.9

Si se instalará Windows NT con Novell, el acceso sería lento ya que Windows NT se comunica con DOS pero no con Novell y Novell no se comunica con el Windows NT, pero sí con DOS, debido a que no existe una comunicación directa entre Novell y Windows NT el acceso y la comunicación se triangularía. Figura 2.10.

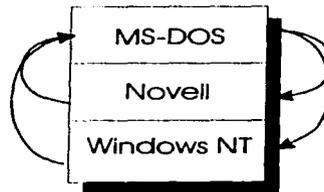


Figura 2.10



La plataforma más adecuada es la basada en Novell MS-DOS y Windows 3.11, ya que permite la ejecución del DOS y aplicaciones multitareas basadas en Windows 3.11 de manera ágil y a su vez ambos se comunican con Novell (por medio de utilerías de éste último como IPX y NET2) como se observa en la figura 2.11.

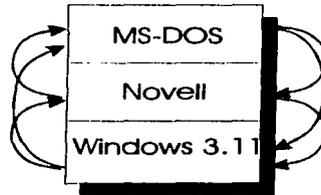


Figura 2.11

Se muestra el sistema operativo base, con la plataforma base que se encarga de las comunicaciones, el sistema operativo se comunica directamente con Novell y Windows 3.11, a la vez que Novell y Windows se comunican entre sí, permitiendo un desempeño rápido y confiable.

Dado que la mayoría de los programas se desarrollan para DOS y para Windows, se demuestra que es necesaria la plataforma de Novell por lo anteriormente mencionado.

CAPITULO III

Simulación





CAPITULO III

MODELADO

Para iniciar el modelado de un sistema es necesario determinar qué es lo que se va a incluir en el modelo del sistema, es decir, qué características se van a incluir en el modelo y cuáles no. En los modelos de simulación existe una fuerte tendencia a querer modelar todo sin detenerse a considerar qué es exactamente lo necesario.

Para que un proyecto sea exitoso es importante desarrollar el modelo conceptual correcto. Por lo tanto decidir la amplitud (o alcance) y el nivel de detalle es básico.

AMPLITUD Y NIVEL DEL MODELO

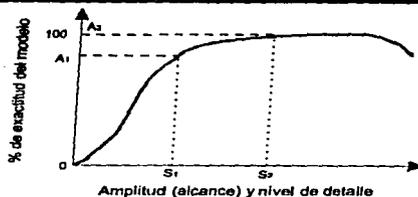
Amplitud: ¿Qué modelar? - La amplitud es el rango o extensión del modelo. En otras palabras, lo que debe incluirse en el modelo. En un caso extremo puede modelarse toda la compañía, en el otro, una operación individual.

Nivel: ¿Cómo modelar? El nivel es la cantidad de detalles a ser modelados o la profundidad del modelo. Para cada elemento se debe responder una pregunta: ¿con qué detalle debería modelarse? El modelo puede requerir cantidad de detalles o una simple representación. Por ejemplo: cuando se modela una máquina de manera individual puede considerarse únicamente el tiempo de ciclo de operación, o incluir: los operadores, las descomposturas, los tiempos de preparación, el tiempo de reparación, patrones de cambio y programaciones de producción.

MODELADO CONCEPTUAL

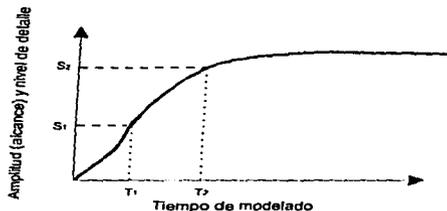
Cuando se considera lo que se debe incluir en un modelo, la regla básica es: modelar la menor cantidad de detalles requeridos para alcanzar los objetivos del proyecto. La cantidad de detalles depende del criterio de el o los modeladores, partiendo de un análisis realizado al sistema en estudio

La gráfica 3.1 representa la exactitud de un modelo de simulación en relación con su alcance y nivel. Inicialmente, incrementar la amplitud y el nivel se traduce en aumentos significativos en exactitud, pero se alcanza un punto en el cual realizar mayores incrementos en amplitud y nivel de detalle ya no significa grandes mejoras en exactitud, es decir hay disminuciones en los beneficios marginales. Básicamente se cumple la regla de Pareto, el 80 por ciento de la exactitud se obtiene del 20 por ciento del nivel de detalle del modelo. Una vez que son añadidos demasiados detalles, es poco probable que haya suficientes datos confiables para soportar la simulación y la exactitud de los modelos puede reducirse, de ahí la tendencia de la curva.



Gráfica 3.1

La gráfica 3.2 muestra el tiempo requerido para construir un modelo, incrementar la amplitud y el nivel hacen al modelo más complicado, por lo que se requiere un incremento en el tiempo para lograr un mayor detalle. Como consecuencia de invertir más tiempo en la construcción del modelo se tiene una disminución en los beneficios marginales.



Gráfica 3.2

Las gráficas 3.1 y 3.2 muestran que un incremento pequeño en la exactitud del modelo de A_1 a A_2 , requiere un incremento en la amplitud y el nivel de detalle de S_1 a S_2 . Esto significa que el tiempo requerido para construir el modelo es aproximadamente el doble de T_1 a T_2 . El principio es que si el modelo es demasiado amplio o muy detallado se gasta tiempo valioso.

Por otra parte, si un modelo es muy limitado y no hay suficiente detalle la exactitud se pone en duda. Entonces ¿cómo puede determinarse la amplitud y el nivel de detalle exactos ?

La identificación de la amplitud correcta y nivel de detalle es muy similar a un arte, el cual se facilita con la experiencia, por lo tanto, el emplear un experto es probablemente más útil en esta fase que en cualquier otra. De cualquier manera, ya que esto no siempre es posible, es conveniente cuidar los siguientes puntos al decidir el alcance y nivel de detalle¹⁰ :

¹⁰ Revista Solutions, Edit. Institute of Industrial Engineer, Mayo 1996



- Los objetivos del proyecto.
- La escala de tiempo del proyecto.
- La velocidad de ejecución y los requerimientos visuales.
- Los factores experimentales y reportes.
- La disponibilidad de los datos.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Cuando se construye un modelo, solamente el nivel de detalle y la amplitud mínimos deben incluirse, pero bajo la premisa de que con ellos pueden alcanzarse los objetivos del proyecto. Algunos objetivos requieren un modelado muy detallado mientras que otros requieren un modelado muy simple. Empezando con un modelo conceptual básico y gradualmente incrementando la amplitud y nivel de detalle, en cada fase debe preguntarse qué impacto es probable que tenga en las características del modelo para direccionar los objetivos. Una vez que es determinado, ese incremento gradual en alcance y nivel de detalle tiene poco impacto en los objetivos. Alternativamente, una exclusión sucesiva puede usarse gradualmente removiendo los detalles de un modelo complejo hasta que se reconoce que se ha causado un impacto importante en el modelo.

Sea cual sea el método que se utilice, se requiere una gran cantidad de juicio. Como regla general, es mejor tener un modelo conceptual con pocos detalles. El tiempo requerido para construir una simulación muy compleja no puede ser recuperado, por otro lado es posible añadir más detalles a un modelo.

FACTORES A CONSIDERAR

Algunas consideraciones deben hacerse de tal manera que la amplitud y el nivel de detalle puedan lograrse dentro de la escala de tiempo del proyecto. Si no puede construirse un modelo a la medida del sistema, también es necesario cambiar la escala de tiempo o los objetivos.

También cabe recordar que modelos más detallados corren más lentamente que los que tienen menor detalle. El alcance y nivel de detalle deben adaptarse para que el modelo corra a una velocidad adecuada.

Un desplegado visual complejo normalmente requiere un modelo complejo que lo soporte. Si el objetivo es tener una herramienta de comunicación, es justificable incluir detalles que no son estrictamente necesarios sin otro fin que para el desplegado.

El modelo conceptual debe ser capaz de proveer los reportes correctos. Si los tiempos de espera son un resultado vital, los almacenes deben modelarse con detalle. Si los tiempos muertos deben ser reportados, entonces las descomposturas deben ser incluidas.



DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Si los datos no están disponibles, la amplitud deseada y nivel de detalle del modelo deberán cambiar, esto podría impactar los objetivos que el proyecto es capaz de cumplir. En verdad, el proceso de creación del modelo conceptual es importante para revisar la aproximación que se tiene con el proyecto. Esto asegura que sea realista. También se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Pueden alcanzarse los objetivos dentro de l tiempo establecido?
- ¿Son los requerimientos visuales reales?
- ¿Es fácil representar un factor experimental?
- ¿Requiere un reporte en particular una gran cantidad de esfuerzo de modelado?
- ¿Es realista obtener los datos requeridos?

Es importante ser flexible, para discutir aproximaciones alternativas y posibles cambios en algunos de los requerimientos. Mediante una confrontación de la aproximación del modelado y los requerimientos del proyecto se tiene una mayor probabilidad de éxito.

METODOS DE SIMPLIFICACION

Un método sugerido es construir dos modelos, el primero debe ser un modelo detallado, el segundo debe incorporar un alcance más reducido y nivel de detalle menor. Por medio de la corrida de los dos modelos y la comparación de los resultados se obtiene un indicador de exactitud.

MODELADO DE CAJAS NEGRAS

Las cajas negras son usadas para modelar desde un grupo de máquinas del sistema hasta la planta completa. Los elementos que representan (partes, clientes, trabajos, etc.) entran en una caja negra y posteriormente salen. En una caja negra una sección del sistema se representa como una demora y no hay más detalles incluidos. Lo anterior se muestra en la figura 3.1.

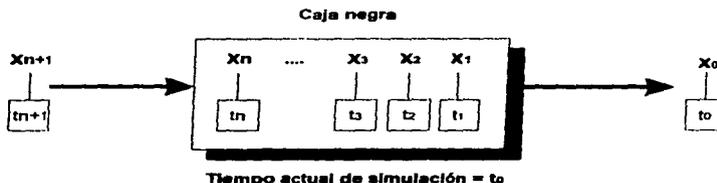


Figura 3.1



Los elementos X entran a la caja negra, el tiempo (t) en que deben salir es calculado (Figura 3.1). Una vez que la simulación alcanza el tiempo los elementos salen de la caja. El número de elementos en la caja en cualquier momento se muestra en el desplegado de la simulación. El proceso puede extenderse a una nueva secuencia del modelo tal como rectificaciones, paradas y cambios de comportamiento mediante la manipulación del tiempo, es decir, el valor de (t) en el que se espera que salgan los elementos.

Las ventajas son la habilidad de construir y correr un modelo rápidamente. De cualquier manera, la simplificación inevitablemente se traduce en pérdida de exactitud y el nivel de desplegado gráfico es básico, de cualquier manera en un gran número de situaciones estas desventajas no son importantes.

En lugar de modelar un artículo individual, un elemento puede hacerse para representar un grupo de artículos. Es una práctica común en modelos con grandes volúmenes en manufactura tal como confección. Por ejemplo, en un modelo de línea de envoltura, 10 barras de chocolate son representadas con un elemento y las acciones de la máquina son multiplicadas por 10 en cada corrida.

El principal beneficio de esta aproximación es que se reduce el número de eventos que el modelo tiene que manejar, lo cual mejora la velocidad de ejecución de la simulación. También provee una forma de usar menos memoria de la computadora, especialmente si el modelo está sujeto a limitaciones en el software o hardware. La principal desventaja es que características tales como color y tamaño no pueden atribuirse a artículos individuales.

La representación del trabajo, el recurso más comúnmente modelado, puede simplificarse de dos maneras:

- Asumir que el trabajo está siempre presente y por lo tanto excluirlo del modelo
- Representar el elemento trabajo como tiempo adicional al tiempo requerido para realizar una operación.

Por ejemplo, hay una diferencia significativa entre el tiempo de reparación y tiempo de espera para una operación. El tiempo de reparación es únicamente el tiempo requerido para una reparación una vez que el trabajo ha empezado. El tiempo de espera es el tiempo total que se utiliza en reparar la falla e incluye el tiempo en espera para el trabajo. Así que si está disponible el tiempo de espera, el segundo método de simplificación se ha alcanzado.

Estos métodos son útiles cuando hay una escasez de datos confiables, que hacen imposible modelar correctamente. También pueden usarse éstas técnicas cuando el incluir el trabajo tiene un efecto negativo en el desempeño. El inconveniente es que el detalle de la interacción entre el trabajo y el elemento del sistema se pierde¹¹.

¹¹ Revista Solutions, Edit. Industrial Engineering Institute Mayo 1996



EXCLUSIÓN DE CAMBIOS DE COMPORTAMIENTO

Incluir los cambios de comportamiento en una simulación no siempre da validación del modelo. En general los cambios de modelo deberían modelarse solamente cuando:

- Diferentes áreas de trabajo trabajan con diferentes cambios.
- La cantidad de trabajo varía entre los cambios.
- Algunas operaciones continúan sin cambio, por ejemplo, reparación de máquinas fuera de servicio.

Los cambios son requeridos para reflejar la realidad en modelo.

SUBMODELOS

Algunas veces un modelo puede dividirse en dos o más submodelos, siendo la salida de un submodelo la entrada del siguiente (Figura 3.2). Los modelos se pueden enlazar escribiendo la salida a un archivo de datos y leyendo dicho archivo como entrada en el siguiente submodelo. El archivo de datos contiene datos de cada elemento en la simulación y el momento en que fueron generados.

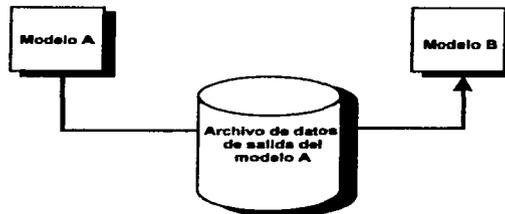


Figura 3.2

La ventaja de partir los modelos es que los submodelos corren más rápido y es probable que el tiempo tomado por cada submodelo para correr una serie sea menor que una corrida equivalente que con un solo modelo. También, si las limitaciones del hardware o software hacen imposible detallar un elemento en el modelo, entonces partir el modelo es una solución potencial. Un beneficio final es que los modelos pueden ser construidos en paralelo, reduciendo el tiempo de construcción del modelo.

El inconveniente de la aproximación anterior es que la interferencia entre los dos modelos no puede predecirse fácilmente, en otras palabras, si hay un bloqueo en el segundo modelo, su efecto en el primero no puede ser representado. Por esta razón, siempre es conveniente partir un modelo donde hay un gran monto de almacenamiento, lo cual minimiza la necesidad de predecir los efectos de la interferencia.



Una vez que el modelo conceptual está terminado y que la amplitud y el nivel de detalle están determinados se debe realizar una lista de elementos y detalles requeridos para cada uno, esto también provee una lista de datos requeridos. Cualquier cosa asumida debe estar anotada así como las bases para hacerla. Cualquier modelo debe ser validado a fin de asegurar que esté correcto. Medios útiles para realizar lo anterior son proveer especificaciones escritas del modelo y obtener retroalimentación de todos aquellos involucrados en el proyecto de simulación¹².

CONSTRUCCION DEL MODELO DE SIMULACION

Para construir el modelo que se utiliza en la evaluación del software de simulación, es necesario auxiliarse de las asignaturas que han sido seleccionadas para el laboratorio de simulación, por lo que a continuación se presentan los temas de cada asignatura, que se incluyen en el modelo.

ESTUDIO DEL TRABAJO

ESTUDIO DE METODOS

Los términos análisis de operaciones, simplificación del trabajo e ingeniería de métodos se utilizan con frecuencia como sinónimos. En la mayor parte de los casos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia, reducir el costo por unidad. Sin embargo, la ingeniería de métodos implica trabajo de análisis en dos etapas de la historia de un producto. Inicialmente, el ingeniero de métodos está encargado de idear y preparar los centros de trabajo donde se fabricará el producto. En segundo lugar, continuamente estudiará una y otra vez cada centro de trabajo para hallar una mejor manera de elaborar el producto. Cuanto más completo sea el estudio de los métodos efectuado durante las etapas de planeación, tanto menor será la necesidad de estudios de métodos adicionales durante la vida del producto.

La ingeniería de métodos se puede definir como el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un concienzudo escrutinio, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y que permitan que éste sea hecho en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida. Por lo tanto, el objetivo final de la ingeniería de métodos es el incremento en las utilidades de la empresa.

La ingeniería de métodos implica la utilización de la capacidad tecnológica. En primer lugar porque debido a la ingeniería de métodos, el mejoramiento de la productividad es un procedimiento sin fin. La diferencia de productividad resultante de la innovación tecnológica puede ser de tal magnitud que los países desarrollados siempre están en posibilidad de mantener competitividad con los países en desarrollo con salarios bajos. La investigación y el desarrollo que conducen a una nueva tecnología es esencial para la ingeniería de métodos. Los diez países con los gastos por investigación y desarrollo (I/D) más altos por trabajador,

¹² Revista Solutions, Edit. Industrial Engineering Institute Abril



reportados por United Nations Industrial Development Organization son : Estados Unidos, Suiza, Suecia, Holanda, Alemania, Noruega, Francia, Israel, Bélgica y Japón. Por cierto, estos países se cuentan entre los líderes en productividad. En tanto se continúe enfatizando la investigación y el desarrollo, la ingeniería de métodos, a través de la innovación tecnológica, será un instrumento de gran potencial para producir bienes y servicios a un alto nivel.

Para desarrollar un centro de trabajo, el ingeniero de métodos debe seguir un procedimiento sistemático, el cual comprenderá las siguientes operaciones¹³ :

1. *Obtención de los hechos.*
2. *Presentación de los hechos.*
3. *Efectuar un análisis.*
4. *Desarrollo del método ideal.*
5. *Presentación del método.*
6. *Implantación del método.*
7. *Desarrollo de un análisis de trabajo.*
8. *Establecimientos de estándares de tiempo.*
9. *Seguimiento del método.*

ESTUDIO DE TIEMPOS

Esta actividad de establece un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. El análisis de estudio de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio cronométrico de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos. Cada una de estas técnicas tiene una aplicación en ciertas condiciones. El analista de tiempos debe saber cuándo es mejor utilizar una cierta técnica y llevar a cabo su utilización juiciosa y correctamente.

Existe una estrecha asociación entre las funciones del analista de tiempos y las del ingeniero de métodos. Aunque difieren los objetivos de los dos, un buen analista del estudio de tiempos es un buen ingeniero de métodos, puesto que su preparación tiene a la ingeniería de métodos como componente básico.

Para cerciorarse de que el método que se prescribe es el mejor, el ingeniero especialista en estudio de tiempos con frecuencia asume el papel de un ingeniero de métodos. En industrias pequeñas estas dos actividades suelen ser desempeñadas por la misma persona¹⁴.

¹³ *Ingeniería industrial métodos, tiempos y movimientos, Benjamin W. Niebel, Tercera edición México D.F., Edit. Alfaomega.*

¹⁴ *Producción, Conceptos, Análisis y control, Hopeman J. Richard Segunda edición México D.F., Cía editorial continental, S.A. de C.V. México*



DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

DISTRIBUCION DE PLANTA

El principal objetivo del arreglo de la planta es optimizar la distribución de máquinas, hombres, materiales y servicios auxiliares, de manera que el sistema de producción sea elevado al máximo. Después de estos objetivos generales, varios objetivos específicos son incluidos en el desarrollo de una buena distribución.

Minimización del manejo de materiales. Un buen arreglo de la planta debe minimizar tanto los costos como el tiempo requerido para mover los materiales a través de los procesos de producción.

Reducción de los peligros que afectan a los empleados. El análisis de arreglos de planta se esfuerza por reducir al mínimo los peligros para la salud y la seguridad de los empleados.

Equilibrio en el proceso de producción. Distribuyendo el número de máquinas adecuado en la posición correcta en una planta, el analista del arreglo puede lograr el equilibrio en el proceso de producción y evitar cuellos de botella.

Minimización de interferencias de las máquinas. Las interferencias de las máquinas asumen muchas formas en las operaciones de producción. Incluyen ruido excesivo, polvo, vibración, emanaciones y calor. Estas interferencias afectan adversamente al desempeño de los trabajadores. Por lo tanto, el analista del arreglo trata de minimizarlas, aún cuando esto no es posible, puede aislar a unas máquinas de otras y de los trabajadores de la planta.

Incremento de la moral de los empleados. Un buen arreglo de la planta debe crear un ambiente favorable para la formación de una moral elevada.

Utilización del espacio disponible. Los edificios de la planta representan una gran inversión. Así pues, debe usarse en su totalidad el espacio disponible para elevar al máximo el rendimiento sobre esa inversión.

Utilización efectiva de la mano de obra. Un buen arreglo de la planta debe proporcionar una efectiva utilización de la mano de obra.

Flexibilidad. Existen varias razones para revisar un arreglo. Como estas revisiones son virtualmente inevitables a la larga, pueden disminuirse los costos de una redistribución si se diseña el arreglo teniendo en mente la flexibilidad.

MOVIMIENTO Y ALMACENAJE DE MATERIALES

El primer principio es que el material debe ser movido por la distancia más corta posible. Existen muchas excepciones debido a una pluralidad de circunstancias, los traslados cortos requieren menos tiempo y cuestan menos dinero que los traslados largos. Esto se aplica al



transporte de materiales a varios kilómetros entre plantas, al transporte de materiales dentro de la planta o a trasladar materiales de una posición a otra en una máquina.

El objetivo del manejo de materiales es mover materiales. En consecuencia, no es conveniente demorar en las terminales el equipo para el manejo de materiales para propósitos de recoger y entregar.

Las cargas útiles deben transportarse en ambos sentidos en los viajes de manejo de materiales siempre que sea posible. En otras palabras, no se debe hacer un viaje en vacío, aunque con frecuencia esto no es posible, por ejemplo si debe enviarse un camión a un punto distante para recoger algo, el viaje a ese punto no lleva una carga útil, en tanto que en el viaje de regreso es aproximadamente el mismo, pueden lograrse ahorros sustanciales si se pueden diseñar sistemas para el manejo de materiales que solucionen el problema de ir o regresar sin una carga útil.

Un principio estrechamente relacionado se refiere al desperdicio. Cuando tienen que moverse los desperdicios pueden emplearse muchos métodos baratos. Como el producto que se va a mover es de un valor limitado, puede arrojarse, manejarse con palas, aplastarse y maltratarse en otras formas en bien de la economía. El manejo cuidadoso cuesta dinero.

La gravedad es la fuente más barata de fuerza que se conoce. Debe usarse para mover los materiales siempre que sea posible.

En el manejo de materiales se emplea la gravedad mediante el uso de tolvas, tubos, transportadoras de rodillos, rampas, ductos, y muchos otros dispositivos. No solo es el medio más barato para mover los materiales, también es uno de los más rápidos.

Otro principio es usar líneas rectas cuando sea posible. Existen muchas excepciones a este principio debido al diseño de máquinas y el diseño de edificios. Sin embargo, el manejo de materiales en trayectorias rectas es generalmente más barato que manejarlo en trayectorias curvas o en zigzag.

El principio de unidad de carga es útil en el diseño de un sistema de manejo de materiales eficaz. La idea es que los productos que se van a mover se agrupen en lotes grandes y consistentes, para hacer el mismo trabajo en una fracción del tiempo, con una fracción de energía y viajar solo una fracción de la distancia.

Este principio no solo es útil en lo que respecta al movimiento de materiales, también lo es para su almacenamiento. Con lotes de cargas consistentes, pueden apilarse y desapilarse rápidamente las plataformas de materiales. Pueden moverse en la bodega y emplearse intercambiándolos con otras unidades de carga.

Un último principio es que los materiales deberán estar marcados con claridad o etiquetados. Sin esto, es fácil colocar mal o perder los artículos. En un almacén grande es posible descuidar algunos artículos si no están marcados con claridad. En las producciones de operación es fácil colocar mal los materiales en lugares equivocados por no estar bien identificados. Toma algún



tiempo y esfuerzo etiquetar los materiales que se mueven, pero suele convenir en términos de evitar pérdidas y confusión en las comunicaciones en la producción¹⁵.

INVESTIGACION DE OPERACIONES I

TEORIA DE COLAS

Cualquier sistema en el cual las llegadas toman lugar sobre una fuente de capacidad limitada, debe de ser llamado como un sistema de colas. En particular, si los tiempos de llegadas de estas demandas son impredecibles, o el tamaño de esta demanda es impredecible, los conflictos para el uso de la fuente se incrementará y se formarán colas de espera. La longitud de estas colas depende de dos aspectos del patrón de flujo:

Primero, dependen de la tasa promedio en el cual los demandantes toman lugar sobre la fuente de recursos y segundo, dependen de las fluctuaciones estadísticas de esta tasa. Ciertamente, cuando la tasa promedio de llegadas excede la capacidad de servicio, entonces el sistema cae y se formarán colas interminables; este es el efecto por el cual el promedio de sobrecarga domina el crecimiento de las colas. Sin embargo, aun si la tasa promedio de llegadas es menor que la capacidad del sistema, entonces aquí también tendremos la formación de colas de acuerdo a las fluctuaciones estadísticas de acuerdo a las llegadas que pueden ocurrir; el efecto de estas variaciones aumenta cuando la carga promedio se acerca (pero no necesariamente excede) a la capacidad del sistema.

La simplicidad de esta estructura de colas es engañoso, afortunadamente una ley fundamental nos ayuda, esta ley es la conservación del flujo, la cual dice que la tasa a la que el flujo se incrementa dentro del sistema, es igual a la diferencia entre la tasa de flujo que entra al sistema y la que sale de este. Esta observación permite escribir las ecuaciones básicas del sistema.

SISTEMAS DE FLUJO

Un sistema de flujo es aquel en el cual algunos *productos* fluyen, se mueven, o son transferidos a través de uno o más *canales* de capacidad limitada para ir de un punto a otro. Por ejemplo, considerando el flujo de tráfico de automóviles a través de una red de carreteras, o la transferencia de bienes en un sistema de ferrocarriles, o la transmisión de mensajes a través del teléfono o telégrafo, o el paso de clientes por una caja del supermercado. En estos ejemplos, los *productos* son los automóviles, los bienes, los mensajes y los clientes; el canal o los canales son la red de carreteras, la red de ferrocarriles, la red de teléfonos y telégrafos y la caja del supermercado. La "capacidad limitada" se refiere al hecho de que el canal puede satisfacer la demanda a una tasa limitada solamente.

Cuando se analiza un sistema de flujo se divide en dos clases: en flujo estable y en flujo inestable. El primer tipo, consiste en aquellos sistemas en los cuales el flujo se puede predecir de cierta manera. Esto es, la cantidad de flujo es conocida y constante en el intervalo que nos

¹⁵ *Producción, Conceptos, Análisis y Control*, Hopperman J. Richard, Segunda edición 1982, Edit. Continental.



interesa; el tiempo en el cual el flujo aparece a través del canal, y cuanto de la demanda de flujo toma lugar en el canal es conocida y constante. Estos sistemas son triviales de analizar en el caso de un solo canal. Por ejemplo, considere una fábrica enlatadora de piñas en la cual las latas son transportadas por medio de una banda transportadora a un punto en el cual deben de ser llenadas con rebanadas de piña y deben de ser procesadas más adelante mediante operaciones adicionales. En este caso se asume que las latas llegan a una velocidad constante de 1 lata/seg. y que la operación de llenado toma 9 décimas de segundo por lata, estos números son constantes para todas las latas y para todas las operaciones de llenado. Claramente se ve que este sistema funcionará de una manera confiable y tranquila mientras las suposiciones anteriores se mantengan. Podemos decir que la *velocidad de llegada* R de las latas es una lata por segundo y la máxima capacidad de servicio C es $1/0.9 = 1.1111\dots$ operaciones de llenado por segundo.

El ejemplo anterior es para el caso $R < C$. Sin embargo, si se tiene la condición $R > C$, sabremos lo que pasará: las latas y/o rebanadas de piña inundarán la fábrica. De este modo vemos que *la capacidad promedio del sistema debe exceder al flujo promedio de requerimientos si se quiere evitar una congestión caótica*. Esto es una ley para todos los sistemas de flujo.

La segunda clase en que puede ser dividido un sistema de flujo es el de flujo estocástico. Esto significa que los *tiempos* en los que las demandas de servicio se presentan son impredecibles, y así mismo los tamaños de las demandas son impredecibles.

Lo aleatorio de estos flujos reviste demasiada complejidad para el entendimiento y resolución de estos problemas. Más aun, es claro que la mayoría de los problemas reales caen dentro de esta categoría. Una vez mas, el caso más simple es el de un flujo aleatorio a través de un solo canal.

Una variedad de preguntas inherentes se presentan, por ejemplo, ¿cuánto tiempo un trabajo puede esperar en la cola antes de ser atendido?, ¿cuántos trabajos serán servidos en un periodo de tiempo?, etc. Las herramientas necesarias para resolver los problemas de flujo aleatorio están contenidas en la teoría de colas. Esto requiere un conocimiento previo de teoría de probabilidades.

ESPECIFICACIONES Y MEDIDAS DE LOS SISTEMAS DE COLAS

En orden para definir un sistema de colas se deben identificar los procesos estocásticos que definen la cadena de llegadas así como la estructura de servicio. Generalmente el proceso de llegadas es definido en forma de distribuciones de probabilísticas de los *tiempos entre llegadas* de los clientes. La segunda cantidad estadística que se debe definir es el monto de estas demandas a través del canal, esto es definido usualmente como el *tiempo de servicio*, aquí el tiempo de servicio se refiere al tiempo que el cliente tarda en ser servido.



PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

En cualquier actividad de producción, la primera preocupación del encargado de la producción es la de proporcionar insumo. Esto incluye: materias primas, máquinas, suministros de operación, productos semiterminados, edificios, energía y hombres. Una vez que los insumos han sido conjuntados, ocurre la creación del valor.

Entre lo que debe cuidarse en tanto se fabrican los productos y servicios, están la programación cronológica de los trabajos en las máquinas, la asignación de los hombres para los distintos trabajos, el control de calidad en la producción, el mejoramiento de los métodos para ejecutar los trabajos y el manejo de los materiales dentro de la compañía. La etapa final del proceso de producción es la terminación de los productos o de los servicios. Estos servicios y artículos terminados quedan entonces disponibles para que pueda utilizarse la función de la mercadotecnia para su promoción, venta y distribución.

El objetivo del gerente de producción y de las actividades de la producción es maximizar el valor creado, la diferencia entre el valor de lo que entra y el valor de lo que sale representa el valor creado mediante las actividades de la producción. A la larga debe haber utilidades para la empresa, por lo que las actividades de la producción deben maximizar la creación del valor dentro de los límites creados por precios de venta competitivos y el costo de la producción, esto es, sueldos y salarios, costo de los materiales y la fuerza, y así sucesivamente.

Se puede considerar a un sistema de producción como el armazón o esqueleto de las actividades dentro del cual puede ocurrir la creación del valor. En un extremo del sistema se encuentran los insumos o entradas, en el otro están los productos o salidas. Conectando las entradas y las salidas existe una serie de operaciones o procesos, almacenamientos e inspecciones.

Aunque los sistemas de producción varían con las diferentes industrias y empresas, puede aplicarse el concepto de un sistema de producción a cualquier actividad cuyos resultados sean productos o servicios.

La mayoría de los sistemas completos, como los sistemas de producción, están formados por subsistemas y pueden incluir sistemas paralelos. Si el sistema de producción de insumos, almacenamientos, operaciones, inspecciones y productos se considera como esqueleto de la operación de la producción, en forma analógica puede considerarse el sistema de información como el sistema nervioso. Incluye los procedimientos, información, papeleo y dispositivos empleados para transmitir la información.

Los subsistemas son sistemas más pequeños que forman parte de los sistemas totales de producción. Por ejemplo, en muchas firmas existen subsistemas cuidadosamente diseñados, tales como los sistemas para control de calidad. El desarrollo y mejoramiento de subsistemas como los anteriores dieron origen a un campo de actividad industrial conocido como trabajo de sistemas y procedimientos.



Aún cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen diferentes tipos básicos de sistemas de producción. Uno de ellos está basado en la producción por lotes, otro en la producción continua y el último en la tecnología de grupos.

En términos del costo unitario del producto o servicio, el sistema continuo por lo general rinde costos por unidad más bajos que el sistema intermitente. Esto se debe a la economía de escala en la cual pueden aprovecharse los descuentos por compras en cantidad, la especialización de la mano de obra que puede utilizarse y a que se pueden emplear máquinas especializadas.

Los costos de almacenamiento por unidad por lo común son más bajos que el sistema de producción continua, debido a que la materia prima se almacena durante un tiempo más corto y los inventarios de artículos en proceso se mueven por la planta con mucha rapidez.

El tiempo requerido para la producción generalmente es menor en los sistemas de producción por lotes.

En la mayoría de los sistemas de producción continua se utiliza un equipo de trayectoria fija para el manejo de materiales. Como un sistema de producción continua está basado en uno o en algunos productos estándar que se fabrican en una secuencia predeterminada de operaciones, pueden usarse con efectividad dispositivos relativamente rígidos para el manejo de materiales; prevalece el equipo de trayectoria variable para el manejo de materiales. Como se fabrican varios productos y debe existir mucha flexibilidad en el sistema, es esencial el equipo móvil para el manejo de materiales.

En términos generales, el sistema de producción continua utiliza equipo para propósitos especiales, en tanto que el sistema de producción intermitente usa maquinaria de propósito general.

Las máquinas de uso general en la producción por lotes tienen mayor flexibilidad en términos de los artículos que pueden ser producidos que en el caso de los sistemas de producción continua.

Finalmente, las características de mercadotecnia de las compañías que usan sistemas de producción continua suelen diferir de las de los sistemas de producción por lotes. Con la producción por lotes, el esfuerzo de la mercadotecnia está dirigido hacia obtener y cumplir pedidos individuales para diversos productos. En la producción continua, el esfuerzo de la mercadotecnia se dedica al desarrollo de canales de distribución, para el gran volumen de producción y para persuadir a los clientes que acepten productos estandarizados.

El diseño del sistema de producción se refiere al arreglo de las instalaciones. En términos generales, los sistemas de producción continua utilizan lo que se conoce como arreglos por productos y los sistemas de producción por lotes utilizan lo que se llama arreglo por procesos.



La tecnología de grupos es una filosofía de fabricación en que se identifican y agrupan partes (componentes o piezas) similares en familias de partes y equipos de producción en grupos de máquinas, o células. Cada familia posee características similares, con lo que el procesamiento de cada miembro de la familia es similar. Las células facilitan el flujo de trabajo.

Las familias de piezas se definen de la siguiente manera :

- Familias de diseño, son piezas con similares características en su diseño, una característica puede ser física, como por ejemplo puede ser su forma, tamaño o material, otra característica puede ser la funcionalidad, atendiendo a la función que desempeña (ejes, engranes cónicos, etc.).
- Familias de línea, son piezas que podrán fabricarse en un mismo grupo de máquinas en la misma secuencia.
- Familias de grupos, son piezas que podrán fabricarse en un mismo grupo de máquinas, sin importar el orden o secuencia de paso.
- Familias por máquinas, son piezas que podrán fabricarse todas ellas en un mismo puesto de trabajo y con las mismas máquinas.
- Piezas compuestas, son piezas que incorporan a un tiempo todas las características de una familia de diseño y las de una familia de producción.

Los grupos celulares de máquinas son:

- Máquinas únicas o monogrupos, se utilizan para familias de piezas que pueden mecanizarse completamente en un solo tipo de máquinas estándar.
- Grupos mixtos o grupos de máquinas, en un sentido esta abarca a un conjunto de máquinas asociadas a una determinada familia de piezas.
- Líneas de lote son grupos de máquinas asociadas a la fabricación de familias de línea.
- Núcleos de mecanizado o máquinas múltiples, son máquinas especialmente compuestas, diseñadas para llevar a cabo una serie de procesos diferentes sobre una pieza o familia de piezas.

SISTEMAS DE MANUFACTURA AVANZADA

TECNOLOGIAS PARA LA PLANEACION Y EL CONTROL DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS

La estrategia en la dirección de producción es uno de los puntos más importantes en la industria moderna y una de las bases en la manufactura integrada por computadora (CIM). Sin embargo es una área donde muchos expertos parecen discrepar en muchos puntos básicos, los asesores y proveedores de software toman caminos diferentes en el desarrollo de las aplicaciones para cada una de las compañías usuarias.



MRP II

Es el sistema de dirección de producción que más se utiliza en Europa y en E.U. Los beneficios incluyen los siguientes puntos: realmente es la única herramienta de planeación a largo plazo para la fabricación de productos complejos; tiene habilidad para determinar el progreso de fabricación y el estado del inventario en cualquier momento, habilidad para facilitar información de producción exacta en cualquier momento, permite controlar estrictamente los cambios técnicos y las órdenes de trabajo de fábrica, permite controlar las cantidades de órdenes para conseguir las metas requeridas, es compatible con las técnicas contables tradicionales, y existe una gran variedad de software para elegir.

Como puntos negativos del MRP II podemos mencionar: serios problemas para mantener una integridad de los archivos, y, en consecuencia, la necesidad de establecer los procedimientos necesarios para lograr una información exacta, carece de estrategia para un control de calidad, mejora de producción, mantenimiento preventivo y cualquier otra mejora dentro del proceso de producción, e incita a los trabajadores y directivos a que busquen una solución manual que se ajuste a las necesidades.

JIT

(Justo a tiempo) Los beneficios que se pueden conseguir con el JIT son ampliamente conocidos, permite que los directores de fabricación consigan una estrategia de estructura con la cual se consigue calidad de producto, fechas de entrega menores, inventarios pequeños, mejora en las relaciones con los proveedores, y asegura un suave flujo de productos en la planta de fabricación.

Las partes negativas del JIT son menos conocidas ya que es relativamente nuevo y no se les ha dado mucha publicidad. Los problemas con los que hay que enfrentarse son los siguientes: la dificultad de conseguir los cambios culturales necesarios para implantar el JIT, la necesidad de hacer partícipes a los proveedores para que compartan las metas, las empresas que trabajan en JIT pueden ser más vulnerables a los problemas inesperados debido a la falta de planeación, a medida que la complejidad de los productos incrementa JIT es progresivamente menos adecuado, le falta un método de planeación de la producción a largo plazo, no tiene un mecanismo intrínseco para llevar a cabo simulaciones y, relacionado con esto, su falta de software de apoyo.

OPT

(Tecnología de la Planeación Optimizada) es relativamente nuevo dentro de la estrategia de dirección de producción, sin embargo, ha establecido rápidamente una reputación importante, ahora se considera que la OPT es un sistema complementario al MRP y al JIT y el cual cubre las debilidades de los otros dos sistemas.

El OPT ofrece los siguientes beneficios: consigue rápidamente solucionar los problemas de calidad, tiempos de preparación de máquinas y, sobre todo, de grandes existencias, también incorpora la planificación de los requisitos de producción y materiales, da resultados



inmediatos, incorpora análisis financieros, ofrece algunas estrategias para las relaciones laborales, el marketing y para medir la productividad en la planta, se puede aplicar en talleres de fabricación por lotes, fabricaciones repetitivas y en procesos industriales. Asume que el proceso productivo puede ser modelado, ataca directamente la contabilidad de costos tradicional, parece que funciona mejor en medios productivos muy complejos donde es necesaria la simulación

Los puntos negativos de OPT son los siguientes: al igual que en el caso del MRP requiere que se establezca una base de datos detallada que deba ser ajustada, requiere una gran inversión en software y en hardware y piden a las empresas que pongan su confianza en un método que es propiedad de una pequeña compañía.

La comparación entre el JIT, OPT y el MRP es difícil porque tiene objetivos que se traslapan y producen claros resultados tales como la reducción de inventarios. Además no se consiguen conclusiones claras de la experiencia de los usuarios debido a que las pruebas reales se enfocan a la calidad y a la gestión. No es sorprendente, por ejemplo, que la OPT haya dado buenos resultados, hasta ahora cada empresa que ha invertido en este método ha invertido mucho dinero en su éxito. EL MRP, por otra parte, a menudo ha llegado a los usuarios como un programa de software y nada más.

Las empresas con fabricaciones complejas harían bien aplicando el sistema de OPT basándonos en las opiniones que se han recogido. El hecho de que incorpore herramientas de planificación, que el JIT no tiene, lo hace una alternativa importante al MRP II.

Las empresas pequeñas encontrarán OPT muy caro y posiblemente un suicidio, mientras que JIT tal vez sea difícil de aplicar debido a sus mercados tan volátiles que ofrece II parece ser la única opción, pero siempre es posible combinar este sistema con algunas técnicas del JIT.

Podemos concluir que para poder adoptar alguno de estos sistemas o una combinación de ellos depende de ciertos factores de la empresa, tales factores pueden ser: el tamaño, el giro o los diferentes productos que se fabriquen.

CAPITULO IV

Simulación





CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA EVALUACION

¿COMO DISEÑAR UN MODELO DE SIMULACION?

La simulación es similar a otras disciplinas de la Ingeniería, requiere entrenamiento y experiencia para llegar a ser competente. Es tanto un arte como una ciencia.

Mientras que no es necesario tener un grado avanzado en simulación, Ingeniería Industrial o alguna otra disciplina afín, hay algunos pasos y principios que deben considerarse si se pretende llegar a ser un buen modelador.

Existen muchos libros y artículos sobre diferentes aspectos de la simulación, (Principios para proyectos exitosos, técnicas propias de la administración, selección de software, por qué los proyectos fallan, etc.) que deben ser leídos y tomados en cuenta si se quiere ser un experto en modelos de simulación. Sin embargo, es un hecho que al principio los modeladores simplemente seleccionan un software y parten de ahí para resolver un problema. En vez de esto, se deben seguir los principios que a continuación se mencionan. Estos principios combinados con el sentido común y el juicio ayudan a tomar las decisiones adecuadas cuando se inicia como modelador.

Como se mencionó anteriormente existe una serie de pasos que deben seguirse para empezar un modelo de simulación, nosotros definiremos 12, pero cabe señalar que estos pueden ser escritos como 10 ó 15, no hay nada mágico con respecto al número 12, lo que es en verdad importante y no debe perderse de vista, es el hecho de seguir un proceso ordenado y de que todos y cada uno de los pasos deben ser ejecutados completamente.¹⁶

Paso 1: Definir el problema.

Quizá el paso más importante, pero frecuentemente el más inadvertido aspecto del modelo de simulación, es definir exactamente el problema que se quiere resolver.

Un concepto erróneo sobre simulación, es que se cree, que una vez que el modelo ha sido construido, este va proveer todas las respuestas sobre el sistema simulado. Como otras aplicaciones de la computadora, un modelo de simulación puede únicamente realizar las acciones para las cuales fue diseñado. Y no es práctico diseñarlo para hacer todo. Por lo tanto, una determinación cuidadosa del modelo designado, en cuanto alcance y nivel de detalle representado, es de vital importancia.

¹⁶ Artículo de la Revista *Solutions del IIE Industrial Engineering*, November 1996
Getting Started in Simulation Modeling by Jerry Banks and Randall R. Gibson pages 34-39.



Una buena manera de comenzar es realizando una lista de preguntas que el modelo va a contestar, siendo lo más específico posible. Por ejemplo, preguntándose, ¿cuál es la máxima longitud de material acumulado que se transporta?, en vez de ¿que tan grande debería ser el sistema?, es decir, las preguntas deben ser abiertamente terminantes. Por ejemplo, preguntándose ¿cuántas líneas de producción son utilizadas?, en vez de ¿Son necesarias 10 líneas de producción?.

Una vez que todas estas preguntas son listadas, se clasifican por orden y se separan en dos clases.

- Preguntas clave, son aquellas que el modelo debe contestar.
- Preguntas deseables, son aquellas que nosotros quisiéramos que el modelo contestara, pero no son críticas.

Clasificar las preguntas proporciona un enfoque del esfuerzo necesario para la construcción del modelo y permite al modelador saber qué no debe considerarse en relación con el tiempo planeado.

Durante este paso, deben suspenderse los juicios, hasta que el sistema esté completamente entendido, esto con el propósito de evitar influenciar las preguntas si uno piensa que ya tiene las respuestas o considera algún aspecto del sistema intrascendente en la solución de el problema.

Suspender el juicio en este paso también puede ser de gran ayuda para cuantificar los beneficios anticipados de obtener las respuestas de cada una de las preguntas.

Este proceso es de gran utilidad para seleccionar únicamente las preguntas importantes y necesarias, aspecto que es de vital importancia, ya que las preguntas innecesarias complican la construcción del modelo, lo vuelven enfadoso, difícil de validar y difícil de usar. Esto es importante para resolver el verdadero problema, ya que si el sistema completo no puede contestar preguntas relevantes, el proyecto quizá presente fallas, aunque el modelo esté correcto. Este paso debe ser revisado después, especialmente después de los pasos 2 y 3, para asegurarse de que el enfoque del modelo todavía cumple con el objetivo.

Paso 2 : Entender el sistema.

Una vez determinado el problema que se va a resolver, el siguiente paso es lograr un conocimiento completo del sistema o los medios que se están simulando. No se puede modelar lo que no se entiende, esto es un simple axioma, pero es frecuentemente ignorado la primera vez por los modeladores en su afán por construir un modelo base.

La importancia de este punto radica en realizar un análisis completo de los medios. Lay-out, lista de los componentes del sistema: Máquinas, almacenes y sus tamaños, recursos críticos, operadores de máquinas, mantenimiento, robots, etc. Entendiendo las características operacionales y los medios, tales como procesos lógicos, reglas de itinerario, reglas operacionales y fallas, interacción entre procesos y manejo de materiales.



Después de realizar un análisis minucioso de los medios que intervienen en la simulación, es conveniente dibujar el sistema utilizando CAD, esto ayudará a entender el sistema y contestar las preguntas que se presenten, también servirá como base para desarrollar la animación para el modelo.

Finalmente aplicando el sentido común, es conveniente hacerse las siguientes preguntas:

¿Tengo el entendimiento necesario de todos los aspectos relevantes del sistema para contestar las preguntas clave?

¿Puedo definir el diseño del modelo que direcciona cada pregunta?

Paso 3: Determinar metas y objetivos.

Una vez que se ha logrado un entendimiento del sistema a simular, el siguiente paso es planear el proyecto de simulación. Se empieza planteando explícitamente las metas y objetivos para el proyecto, esto es muy parecido a determinar qué preguntas del modelo deben contestarse; quizá sea necesario repetir éste paso hasta que sea consistente y aceptado por la gerencia.

Las metas del modelador serán limitar el alcance y tamaño del modelo, para que éste realice únicamente las acciones necesarias para direccionarlas hacia el objetivo del proyecto y que éste responda las preguntas clave.

Como otras aplicaciones de computación, el esfuerzo requerido para construir y validar el modelo aumenta exponencialmente con los requerimientos.

Se debe obtener la normal de los ciclos operativos de los medios para poder determinar el periodo o longitud de tiempo que será incluido en cada escenario. Por otra parte si el objetivo es determinar los requerimientos de la capacidad para una máxima demanda (un requerimiento típico de simulación), entonces es necesario conocer los antecedentes históricos, cuál es el día más ocupado y el límite del escenario simulado. Esto guiará también el trabajo de recolección de datos (paso 8).

Se pueden especificar escenarios adicionales, pero cada nuevo escenario requerirá una cuidadosa revisión de las capacidades y alcances del modelo y posiblemente un nuevo conjunto de datos de entrada.

Posteriormente se debe determinar qué criterio de evaluación será utilizado cuando se analicen los resultados del modelo. ¿Cuáles serán las dimensiones de ejecución?, ¿Qué resolución será requerida para que sea útil para la administración?. Es importante clasificar esto en las categorías deseables y requeridas, ya que algunas dimensiones pueden requerir un aumento significativo en la complejidad del modelo; pudiendo esto no ser necesario.

Finalmente, se deben resumir los objetivos del proyecto y asegurarse que sean revisados por todos los que están involucrados en él, es necesario que todos estén de acuerdo con ellos. Si



no, se debe detener el proyecto y deben resolverse las diferentes expectativas y el riesgo de credibilidad del modelo.

Paso 4: Aprendiendo lo básico de simulación.

Es aconsejable para completar éste paso comprometerse antes con un proyecto específico de simulación, mucha gente encuentra esto más fácil, si ellos están motivados por un programa real. Esto puede ser llamado "Just in time learning" nosotros le llamaremos "aprendiendo a tiempo".

Hay diversas formas de aprender lo básico de simulación. Se pueden obtener y estudiar los diferentes textos disponibles, consultar los tutoriales introductorios en la conferencia anual de simulación, tomar un curso corto de tres días ofrecido por IIE (Institute Industrial Engineering) o por algunas universidades. Realizando alguna de estas actividades y apoyándose en algún libro de texto y lecturas adicionales de algunas de las publicaciones que presentan artículos de simulación como la *IIE SOLUTIONS*, se podrán adquirir los conocimientos básicos.

Paso 5: Confirmar que la simulación es la herramienta correcta.

Una vez que se han completado los primeros 4 pasos se debe hacer una pausa, antes de proceder y preguntarse "¿es la simulación la herramienta correcta para resolver este problema?" hay otras herramientas disponibles, quizá menos caras o más rápidas de aplicar, esto incluye hojas de cálculo, soluciones analíticas usando algunas formas de programación matemática, desde un punto de vista práctico ya que los modelos de simulación no proveen soluciones óptimas, ellos simplemente reportan el desarrollo en un sistema para algunas condiciones iniciales dadas por el usuario. El usuario debe guiar el análisis y experimentos de la simulación para obtener una aceptable solución o respuesta.

Los atributos claves de un problema que regulan el uso de alguna de éstas otras técnicas de solución incluyen sistemas complejos interactivos y sistemas dinámicos.

Las interacciones complejas entre los componentes del sistema que son difíciles de representar en ecuaciones para ser resueltos por programas matemáticos. Los elementos del sistema que interactúan y cambian a través del tiempo y cuyos comportamientos varían, son importantes para capturar, pero son difíciles para representar en una hoja de cálculo o alguna otra técnica de solución estadística (generalmente proveen solamente valores promedio para la dimensión de la solución).

Si no se está seguro sobre cuál técnica de solución utilizar, se debe considerar contratar a un consultor para que ayude a determinar la respuesta.

Paso 6: Obtener apoyo de la dirección.

Este es otro paso que parece obvio, pero frecuentemente no es tomado en cuenta por la precipitación de empezar a realizar el proyecto. Se debe obtener claro apoyo de la gerencia



desde el principio del proyecto, en caso contrario la gerencia podría no aceptar los resultados. (Si los resultados no son utilizados, el proyecto de simulación será considerado un fracaso).

Un componente clave de éste paso es la educación. La gerencia en la mayoría de las compañías no tiene o tiene muy poca experiencia en modelos de simulación. Muchos gerentes tendrán muchas expectativas irreales al observar el proceso, usualmente referente al calendario del proyecto y las capacidades y alcances del modelo. La primera tarea para obtener apoyo de la gerencia es ayudarla a entender el proceso y establecer expectativas razonables para el proyecto.

Se debe empezar realizando una junta para revisar los objetivos y metas, tiempo del proyecto, alcances del modelo, preguntas que serán contestadas y las dimensiones del desarrollo que serán utilizadas. También es importante proveer información básica sobre el proceso, además de discutir que modelos pueden o no pueden ser utilizados. Una técnica muy útil es revisar algún proyecto similar de otra compañía, qué aprendió, cuánto tiempo le tomó y algunos comentarios de la gerencia sobre el proyecto que sean apropiados.

Tener juntas regulares, pero cortas para tener informada a la gerencia del progreso. Para aquellos gerentes que no estén disponibles para la junta circular memorandums resumiendo los temas claves. Cuando el modelo es completado y verificado, incluir a la gerencia en el proceso de análisis, hacerla parte del descubrimiento y decisión del proceso. Llevando a cabo estas sesiones, se ganará el entendimiento de la gerencia en lo que se refiere al proceso y compartirá como suyos los resultados.

Obtener el apoyo de la gerencia es un proceso continuo. En teoría, los modelos de simulación son construidos para contestar preguntas difíciles, preguntas en las cuales la gerencia puede tener especial interés. La mayoría de los gerentes que intervienen en el proyecto serán los que lo aprecien y aprendan de él.

Paso 7: Seleccionar el software para la simulación.

Hacer una elección sobre la gran cantidad de software que están disponibles en el mercado para simulación es algo complicado para el nuevo usuario en este campo, se sugiere proceder con este paso cuestionándose lo siguiente: ¿se requiere software especializado en manufactura?, ¿se requiere un lenguaje de simulación?, ¿se requiere software para planeación?, ¿se requiere software para control de procesos?, ¿se necesita animación?, ¿se necesita que sea en 3-D?, ¿son importantes los movimientos de materiales?, o ¿se pueden asumir únicamente demoras?.

Una vez que se han preseleccionado los software que contestan las preguntas anteriores y algunas otras apropiadas a cada situación en particular, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones pertinentes: las capacidades de entrada, capacidades de procesamiento, capacidades de salida, el ambiente de simulación, el soporte y el costo.



Paso 8: Determinar cuáles son los datos que se requieren y cuáles son los datos disponibles.

Hay diferentes tipos de información que se utilizan en simulación. Estos incluyen tiempos de carga, tiempos de descarga, tasa de demanda, tiempos de proceso, tiempos de falla, tiempos de reparación, tiempos de transporte. Otros tipos de datos usados en la simulación incluyen tiempo requerido por cada máquina, tiempo para la inspección.

Los problemas de información ocurren cuando tenemos pequeñas muestras, o una breve información (por ejemplo, únicamente la media), información cualitativa, estimaciones, información en un formato erróneo (por ejemplo información del último año en vez de la información del año corriente o las órdenes de envío en lugar de los envíos).

Las fuentes de información, incluyendo observaciones directas, información histórica, estudio de tiempo y la información de las máquinas, puede ser no siempre confiable. Algunas veces, la información de sistemas similares puede ser utilizada. Pero, las inferencias de estas fuentes pueden tener riesgo.

Otra fuente de información es la estimación del operador. Pero, ésta es subjetiva. Ya que se pueden olvidar los extremos y enfatizar en el presente.

La demanda del mercado o especificaciones son otra fuente. Sin embargo, esta puede ser altamente optimista (la confiabilidad del sistema puede ser sobrestimada).

Los casos más frecuentes en los que no se tiene información son: sistemas que están en la fase de diseño (el sistema no existe), o el otro caso es cuando ha sido recabada información inapropiada.

Existen técnicas que pueden ser utilizadas cuando la información es insuficiente. Por ejemplo, si el proceso fundamental presenta condiciones al azar, una distribución exponencial puede dar resultado.

Paso 9: Desarrollo de suposiciones acerca del problema.

Es de suma importancia la ejecución exitosa de este paso por numerosas razones. Por ejemplo, las suposiciones incluyen una meta apropiada para el sistema. Si la meta es demasiado grande se requerirán tiempo adicional y dinero. Si la meta es demasiado pequeña, las preguntas que se piden de la simulación quizá no sean contestadas. De igual manera, la complejidad del modelo de simulación debe ser determinada. La complejidad debe ser lo suficientemente adecuada para responder las preguntas, pero no más que eso.

Desde otro punto de vista, las suposiciones son importantes al final de la simulación, ya que el hecho de resolver un problema erróneo será criticado, pero tales críticas pueden no estar señalando las suposiciones con las que se estuvo de acuerdo desde el principio del proyecto.

La mejor situación es tener un acuerdo completo de las suposiciones y verificar que las suposiciones son válidas conforme la simulación avanza. En caso de tener una opinión



diferente será necesario negociar una extensión en tiempo o recursos para completar la simulación.

Paso 10: Determinar los datos de salidas necesarios para resolver el estado del problema.

Existen muchos datos de salida, estos incluyen el "throughput", "makespan", "WIP", utilización, tiempo de proceso, número de trabajos retrasados, y el tiempo que los trabajos son retrasados, por mencionar sólo algunos. Estos datos se pueden representar como preguntas a ser contestadas, como las siguientes:

- ¿El sistema encontrará los requerimientos del throughput?
- ¿Qué pasa al tiempo de respuesta en ciertos periodos?
- ¿Cuál es el tiempo de recuperación cuando algunos contratiempos surgen a causa de alguna congestión o a colas de espera?
- ¿Cuál es la capacidad del sistema?
- Si un problema ocurre, ¿Cuál es la causa?

Pero el propósito es entender, no numerar. Además, esta comprensión involucra consideraciones estadísticas. Mucha gente está inconforme con los aspectos estadísticos de la simulación. Esto se puede deber a ciertas razones, como que quizá nunca tomaron un curso de estadística en ingeniería, pruebas de hipótesis, o cualquier otro. Quizá tomaron un curso hace mucho tiempo y han olvidado los principios. Quizá tomaron el curso pero no comprendieron realmente su significado. Cualquiera que sea el caso, existe la capacidad de crear análisis estadísticos en muchos software de simulación. Existen además paquetes adicionales que pueden ser comprados para software específicos. Otra opción es un software que analice datos de salida de simulación.

Cualquier técnica que se use, requiere de comprensión. Afortunadamente, existe mucha ayuda para entender los software de simulación.

Paso 11: ¿Simulación conducida interna o externamente?

Actualmente, hay un número de combinaciones para conducir una simulación. La simulación puede ser conducida internamente, externamente, o vía alguna combinación de estas dos.

Conducir la simulación internamente puede ser poco sensato. Existen muchas decisiones que deben ser hechas, y estas pueden estar mal. Realizar consultas al iniciar la simulación ayuda en gran parte para indicar la aplicación apropiada de la tecnología. Otra posibilidad es tener un trabajo de consulta antes de la aplicación de la tecnología. La consulta ayuda al proyecto a tener continuidad, para después dar las riendas del proyecto al grupo interno.

Para usuarios no frecuentes, se deben dar algunas consideraciones para el tiempo de reaprendizaje. Por ejemplo, si la simulación es usada una vez al año durante tres meses y no se usa por nueve meses, después el analista (si este es la misma persona) debe de aprender nuevamente el software (o un software diferente) cada año. Adicionalmente, deberá aprender del mismo software algunas funciones nuevas en relación con sus pasadas versiones.



Para usuarios frecuentes de simulación, un grupo interno debe ser formado. El grupo interno puede crecer con el servicio de consultoría si la demanda es grande.

Paso 12: Poner en marcha el proyecto.

SOFTWARE DE SIMULACION

Como ya se ha mencionado, es un hecho que no se puede experimentar actualmente con sistemas de manufactura (es demasiado caro, se desperdicia tiempo y el costo de falla es demasiado alto). Una alternativa es el desarrollo de modelos de sistemas basados en computadora.

En el pasado la creación de un modelo de simulación para un sistema de manufactura o un servicio era una tarea difícil. Típicamente necesitaba del conocimiento de un lenguaje de simulación y de un lenguaje de programación como BASIC, FORTRAN o C. Los modelos eran difíciles de entender y eran escritos en lenguajes de simulación encriptados. Después de simular los modelos se generaban páginas y páginas de resultados numéricos.

Se necesitaba de expertos para interpretar éstos resultados. Era común encontrarse en una situación donde el 75% del tiempo se invertía en la construcción del modelo y solo el 25% se invertía en la formulación y estudio del sistema, éstos factores hicieron de la simulación algo que solo grandes compañías con los recursos necesarios podían pagar, la realidad fue que el problema de construir estos modelos excedía cualquier beneficio obtenido.

Esta situación está cambiando, ahora emerge una nueva generación de software de simulación la que se centra en la simplificación del proceso de simulación.

En lugar de requerir conocimientos de lenguaje de simulación, esta nueva generación trata de proveer al usuario con software que anime la creación de modelos rápidos y que continuamente use las características de seleccionar con el mouse y hacer "clic".

El énfasis en esta nueva generación de lenguajes está en los gráficos, interfases gráficas, bloques gráficos, operaciones y resultados gráficos, esta nueva generación trata de eliminar la necesidad de expertos.

Los modelos son ahora creados y usados por el usuario final. En lugar de desperdiciar el 75% del tiempo en la construcción de modelos esta nueva generación trata de reducir el tiempo al 25%.

Esta nueva generación de lenguajes de simulación trata de difundir el uso de la simulación al hacer la simulación accesible a cualquier persona.



COMPARACION DE LENGUAJES DE SIMULACION CON LENGUAJES DE PROPOSITO GENERAL

Una de las decisiones más importantes que una persona que modela o analiza, en la realización de un estudio de simulación es la selección de un lenguaje. Una selección inadecuada, por sí misma puede hacer que un proyecto de simulación fracase si no puede terminarse a tiempo. A continuación están algunas de las ventajas de programar un modelo de simulación en un lenguaje de simulación en vez de utilizar un lenguaje de propósito general como C, Pascal o BASIC.

- Los lenguajes de simulación automáticamente proveen la mayoría de las herramientas necesarias en la programación de un modelo de simulación, dando como resultado un ahorro significativo en el tiempo de programación.
- Proveen una estructura para el modelado de simulación. Los bloques básicos de construcción están más cercanos a la simulación que en otros en lenguajes.
- Los modelos de simulación son generalmente más fáciles de modificar cuando se han escrito en un lenguaje de simulación.
- La mayoría de los lenguajes proveen almacenamiento dinámico de memoria durante la ejecución o corrida.
- Proveen una mejor detección de errores por que ya se han identificado muchos tipos de errores potenciales y son verificados automáticamente. Debido a que solo es necesario escribir algunas líneas, la probabilidad de cometer errores se reduce.

Por otra parte, muchos modelos de simulación aún se escriben en un lenguaje de propósito general. Algunas ventajas de tal elección son las siguientes:

- La mayoría de las personas que modelan ya conocen algún lenguaje de propósito general, pero comúnmente no es el caso para un lenguaje de simulación.
- C o BASIC, virtualmente se encuentra en cualquier computadora, pero un lenguaje de simulación en particular podría no estar disponible en la computadora que el analista quiera usar.
- Un programa bien codificado en C ó BASIC puede requerir menor tiempo de ejecución que el programa correspondiente en un lenguaje de simulación. Esto es por que un lenguaje de simulación está diseñado para modelar una amplia variedad de sistemas con un mismo bloque de librerías, mientras que un programa en C ó BASIC puede ser confeccionado para una aplicación en particular.

De cualquier manera esta consideración se ha vuelto menos importante con la disponibilidad o el relativo bajo costo, de las computadoras de alta velocidad y las estaciones de trabajo.

- Los lenguajes de propósito general pueden permitir una mejor programación y flexibilidad que ciertos lenguajes de simulación.



LENGUAJES DE SIMULACIÓN V.S. SIMULADORES.

UN LENGUAJE DE SIMULACIÓN

Es un paquete de naturaleza general pero puede tener características especiales para cierto tipo de aplicaciones. Por ejemplo, SIMAN y SLAM II tienen modelos de manufactura para transportadores y vehículos guiados automáticamente. Un modelo es desarrollado en un lenguaje de simulación escribiendo un programa donde se utilizan los modelos de construcción del lenguaje.

La mayor fuerza que adquieren la mayoría de los lenguajes radica en su habilidad de modelar casi cualquier tipo de sistemas, sin considerar los procedimientos de operación o lógica de control. Las posibles desventajas de los lenguajes de simulación son la necesidad de un experto programador; la posible codificación larga así como el tiempo de depuración asociada con un complejo modelo de simulación.

UN SIMULADOR

Es un paquete de computadora que permite simular el contenido en una clase especial de sistemas con poca ó nula programación. Por ejemplo hay comúnmente simuladores disponibles para cierto tipo de manufactura, computadoras y sistemas de comunicación. El sistema de interés (en el dominio de los paquetes) es típicamente seleccionado para la simulación por sus menús y gráficas, sin la necesidad de programación.

La mayor ventaja de un simulador es que el tiempo de desarrollo del "programa" se ve considerablemente más reducido que en un lenguaje de simulación. Lo anterior puede ser de suma importancia dadas las restricciones de tiempo en muchos ambientes de negocios.

Otra ventaja es que la mayoría de los simuladores tienen modelos ya construidos relacionados específicamente a los componentes del tipo del sistema objetivo, el cual es deseable para una operación personal. También la gente sin experiencia en programación o quienes solo usan la simulación ocasionalmente (un ingeniero de manufactura en una fábrica), con frecuencia prefieren los simuladores por su facilidad de uso.

La mayor desventaja de muchos simuladores es que están limitados a modelar solo aquellas configuraciones de sistemas permitidas por sus estándares. Esta dificultad puede ser algo a vencer si el simulador tiene comandos de "programación similar" para modelar complejas decisiones lógicas; la mayor parte del modelo podría aún ser desarrollado usando menús y gráficas. (Esta capacidad puede estar disponible dentro del mismo simulador o por medio de rutinas llamadas por el simulador). Los simuladores son los más usados para análisis de alto nivel, donde el sistema es modelado en un nivel agregado sin incluir detalles de control lógico.

SIMULACION FLEXIBLE

La simulación de procesos es una de las herramientas más poderosas y versátiles disponibles para la Ingeniería Industrial, pero aún muchas compañías tratan a los modelos de simulación como mercancías disponibles que se utilizan una sola vez, convirtiéndose en adomos de escritorio.



Usando filosofías de permanencia en los negocios tales como respuesta rápida y agilidad, las compañías están tratando constantemente de reinventarse a sí mismas y consecuentemente se encuentran en constante necesidad de análisis; esta necesidad presenta oportunidades crecientes para aplicar la simulación pero los expertos en simulación no tienen tiempo suficiente o los recursos para crear todos los modelos que podrían usarse. Esta falta de tiempo y de recursos sugiere cambios que son necesarios en la construcción del modelo básico. Podemos empezar creando modelos de simulación que sean flexibles, reconfigurables y herramientas de análisis reutilizables.

Lo dicho en el párrafo anterior sugiere que la utilización de modelos flexibles se reduce a expertos en simulación, por lo que a continuación se hace referencia a cuándo utilizar un modelo flexible de simulación.

¿CUÁNDO ES APROPIADO UN MODELO DE SIMULACIÓN FLEXIBLE ?

No cualquier simulación necesitará un modelo de simulación flexible, pero es importante el poder reconocer cuando es apropiado o requerido. Un modelo de simulación flexible llega a ser una herramienta valiosa de análisis de ciclo de vida para una planta o una situación de cambio frecuente. Esto se aplicaría a los sistemas de servicio con demanda estacional, plantas manufactureras en las que sus productos se actualicen cada año (o más frecuentemente), y sistemas de distribución y transporte.

Un modelo de simulación flexible es la manera más eficiente de direccionar un conjunto de situaciones similares que difieren en alcance (por ejemplo el número de recursos disponibles o la variedad y volumen de productos a manufacturar) y/o el detalle de demoras de proceso, rutas de materiales y espacio en almacén¹⁷.

SELECCION DE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

Para realizar exitosamente los modelos, es importante empezar con el software correcto. Primero, buscar la habilidad de leer y escribir datos de una fuente externa como una hoja de cálculo. Siguiendo, si el modelo va a ser usado por una persona no experta en simulación, hay la posibilidad de costos concierne a la capacitación así como también licencias para correrlo.

Si se va a modelar una planta manufacturera con muchos productos que hayan variado sus rutas a través de los equipos, se tiene referencia que existen algunos software en los que no se puede definir rutinas flexibles y otros que si pero requieren más dedicación.

El alcance del modelo describe el número máximo de productos que pueden ser modelados a ser mayor que el actualmente existente, esto podría dar al usuario inexperto la habilidad de añadir, borrar y editar fácilmente la definición de productos y rutas. Esta funcionalidad

¹⁷ Artículo de la Revista Solutions del IIE Industrial Engineering, Mayo de 1996
Get More Mileage From Flexible Simulation By Barbara Werner Mazzolli, pages 13-22



específica podría permitir al mismo modelo de simulación ser usado por años o cambios en el producto.

Algunos software de simulación no proveen ninguna salida automáticamente, por lo tanto será importante para el constructor del modelo incluir la información apropiada que un usuario pudiera necesitar para hacer una decisión inteligente. En contraste, algunos paquetes de simulación generan salidas automáticamente. En este caso ¿tiene el software la flexibilidad para deshabilitar algunas de las salidas para que el usuario no esté sobresaturado o confundido con tanta información? ¿se puede controlar el tiempo que el usuario corre el modelo para garantizar estadísticas confiables? ¿se puede automatizar el proceso para seleccionar la mejor alternativa definiendo un experimento determinado? todas estas preguntas son importantes y deben ser discutidas con el proveedor de software antes de comprarlo.

Inicialmente se realiza una investigación en el mercado de software de simulación (de simuladores) a manera de sondeo, es decir en anuncios de revistas especializadas en Ingeniería Industrial y guías de compradores buscando los productos disponibles, los fabricantes y/o distribuidores, características ofrecidas en los software, precios y requerimientos del software para su buen desempeño.

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la investigación de preselección de software, en ella se muestran los nombres de los software de simulación que permiten desarrollar por lo menos alguno de los temas de las asignaturas seleccionadas en el capítulo I; la "✓" significa que el software cubre el tema y la "x" significa que ese tema no puede ser simulado con dicho software.

TABLA DE PRESELECCION DEL SOFTWARE DE SIMULACION

Materia / Software	Simple++	Provisa	Witness	Automod	PerfectFit	Mast
Estudio del Trabajo						
Estudio de Métodos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ergonomía	x	x	x	x	x	x
Estudio de Tiempos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diseno de Sist. Prod.						
Distribución de Planta	✓	x	✓	x	x	x
Mov. Almac. de Mater.	✓	x	✓	✓	x	x
Mantenimiento	✓	x	✓	✓	x	x



Instalaciones Aux.	✓	x	✓	x	x	x
Investig. de Oper. II						
Teoría de Colas	✓	x	✓	✓	✓	x
Teor. de Invent. Prob.	✓	x	✓	✓	✓	x
Simulación	✓	x	✓	✓	✓	x
Plan. y Ctrl. de la Prod.						
Balanco de Líneas	x	x	✓	x	✓	x
Sist. de Admon. de Inv.	✓	✓	✓	x	x	x
Logística	✓	✓	✓	x	x	✓
Prod. Asist. por Comp.	x	x	✓	x	x	✓
Sist. Manufac. Avanzada						
Tecnol. Inf. Int. p/Comp.	✓	x	✓	x	x	x
Tecnol. Plan. y Ctrl. Man. P.	✓	✓	✓	✓	x	x
Tecnol. Proces. Producción	✓	x	✓	✓	x	x
TOTAL DE ✓	14	5	16	9	6	4

Tabla 4. 1

Continuación de la tabla 4.1

Materia / Software	Simul 8	Envision	Taylor II	Ithink	Micro Saint	Slamsystem
Estudio del Trabajo						
Estudio de Métodos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ergonomía	x	✓	x	x	x	x
Estudio de Tiempos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diseño de Sist. Prod.						
Distribución de Planta	x	x	✓	✓	✓	✓
Mov. Almac. de	✓	x	✓	✓	✓	✓



Mater.						
Mantenimiento	x	x	✓	✓	✓	✓
Instalaciones Aux.	x	x	✓	x	x	✓
Investig. de Oper. II						
Teoría de Colas	✓	x	✓	✓	✓	✓
Teor. de Invent.	✓	x	✓	✓	✓	✓
Prob.						
Simulación	✓	x	✓	✓	✓	✓
Plan. y Ctrl. de la Prod.						
Balanco de Líneas	✓	x	✓	✓	✓	✓
Sist. de Admon. de Inv.	✓	x	✓	✓	✓	x
Logística	✓	x	✓	x	x	x
Prod. Asist. por Comp.	x	x	x	x	x	x
Sist. Manufac. Avanzada						
Tecnol. Inf. Int. p/Comp.	x	x	✓	x	x	x
Tecnol. Plan. y Ctrl. Man. P.	✓	x	✓	✓	✓	x
Tecnol. Proccs. Producción	✓	x	✓	✓	✓	x
TOTAL DE ✓	11	3	15	12	12	10

Continuación de la Tabla 4. 1

Continuación de la tabla tabla 4.1

Materia	Promodel	Arena	Extend	RobCAD	Wolverine	Simulation
Software					G	
Estudio del Trabajo						
Estudio de Métodos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ergonomía	✓	x	x	✓	x	x
Estudio de Tiempos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diseño de Sist. Prod.						
Distribución de	✓	✓	✓	x	✓	✓



Planta						
Mov. Almac. de Mater.	✓	✓	✓	x	✓	✓
Mantenimiento	✓	✓	✓	x	✓	✓
Instalaciones Aux.	✓	✓	✓	x	✓	x
Investig. de Oper. II						
Teoría de Colas	✓	✓	✓	x	✓	✓
Teor. de Invent.	✓	✓	✓	x	✓	✓
Prob. Simulación	✓	✓	✓	x	✓	✓
Plan. y Ctrl. de la Prod.						
Balanceo de Líneas	✓	✓	✓	x	✓	✓
Sist. de Admon. de Inv.	✓	✓	✓	x	✓	✓
Logística	✓	✓	✓	x	✓	✓
Prod. Asist. por Comp.	✓	✓	✓	x	x	x
Sist. Manufac. Avanzada						
Tecnol. Inf. Int. p/Comp.	✓	✓	✓	x	✓	x
Tecnol. Plan. y Ctrl. Man. P.	✓	✓	✓	x	✓	✓
Tecnol. Proces. Producción	✓	✓	✓	x	✓	✓
TOTAL DE ✓	17	16	16	3	15	13

Continuación de la Tabla 4.1

Continuación de la tabla 4.1

Materia	Simprocess	SLAMSystem
Software		
Estudio del Trabajo		
Estudio de Métodos	✓	✓
Ergonomía	x	x
Estudio de Tiempos	✓	✓



Diseño de Sist. Prod.		
Distribución de Planta	x	x
Mov. Almac. de Mater.	x	x
Mantenimiento	x	x
Instalaciones Aux.	x	x
Investig. de Oper. II		
Teoría de Colas	✓	✓
Teor. de Invent.	✓	✓
Prob.		
Simulación	✓	✓
Plan. y Ctrl. de la Prod.		
Balaceo de Líneas	✓	✓
Sist. de Admon. de Inv.	✓	✓
Logística	✓	x
Prod. Asist. por Comp.	x	x
Sist. Manufac. Avanzada		
Tecnol. Inf. Int. p/Comp.	x	x
Tecnol. Plan. y Ctrl. Man. P.	x	x
Tecnol. Proces. Producción	x	x
TOTAL DE ✓	8	7

Continuación de la Tabla 4.1

Fuente¹⁸

Se observa en las tablas que existen 6 software que cubren la mayor parte de los temas de las asignaturas seleccionadas en el capítulo I. Por lo cual la evaluación se concentra en recabar toda la información disponible sobre estos, con el fin de poder tomar una decisión sobre cual es el más adecuado para el laboratorio de ingeniería industrial.

¹⁸ Revista Soluciones Mayo 95 pags. 56-67 y Mayo 96 pags. 54-63



Los software preseleccionados son:

- ⇒ Arena
- ⇒ Extend
- ⇒ Promodel
- ⇒ Taylor II
- ⇒ Witness
- ⇒ Wolverine G

Se solicitó la información vía revistas especializadas, telefónica, fax, Internet y correo electrónico. Las compañías que contestaron a las solicitudes enviadas son:

1. Arena
2. Promodel
3. Taylor II
4. Witness

El paso siguiente fue solicitar una versión "DEMO" o una versión para estudiante de los software, con el fin de poder modelar y de esta manera poder evaluar su desempeño, facilidad de uso, tipo de gráficas, etc.

Debido a que no es posible medir el desempeño de un software únicamente por medio de folletos, publicidad o especificaciones escritas por el fabricante acerca de su producto, es necesario corroborar las características ofrecidas por el mismo, es decir, mediante el desempeño real del producto.

Las compañías que enviaron una versión "DEMO" o versión para estudiante son:

- PROMODEL
- Taylor II
- Witness

Por lo anterior únicamente se evaluarán dichos software.

REQUERIMIENTOS DE HARDWARE DE LOS SOFTWARE PRESELECCIONADOS

Para la selección del equipo de cómputo necesario para el laboratorio de Ingeniería Industrial se parte de un análisis preliminar basado en los requerimientos de hardware para cada software de simulación.



En la tabla 4.2 se muestran los requerimientos por software.

SOFTWARE	REQUERIMIENTOS
Witness	Procesador 486 8 MB RAM, 12 MB Espacio Libre en Disco Duro SVGA
Taylor II	Windows 3.11, 95, NT Procesador 486 16 MB RAM 20 MB Espacio Libre en Disco Duro SVGA
Promodel	Windows 3.11, 95, NT 8 MB RAM 16 MB Espacio Libre en Disco Duro SVGA Windows 3.11, 95, NT

Tabla 4. 2

EQUIPO REQUERIDO PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL, BASADO EN LA PRESELECCION DE SOFTWARE

Debido a que el Departamento de Ingeniería Industrial requiere hacer la compra del equipo antes de la conclusión de la presente evaluación, se determina que para cubrir con los requerimientos generales de hardware de los software de simulación seleccionados, así como también para cubrir los requerimientos generales de cualquier software de aplicación, que existe en el mercado, tanto para el presente como para un futuro no mayor de 2 años son los siguientes:

TERMINALES

- Computadora c/ Procesador Pentium Intel a 100 o 120 MHz
- 16 Mb en memoria RAM
- 1 Mb. en memoria de video VRAM
- Disco Duro de 850 Mb. mínimo
- Monitor SVGA 14"



SERVIDOR

Computadora c/ Procesador Pentium Intel a 150 o 166 MHz
 48 Mb en memoria RAM
 1 Mb. o 2 Mb. en memoria de video VRAM
 Disco Duro de 2 Gigabytes
 Monitor SVGA 14"
 Equipo Multimedia (CD-ROM 6x mínimo, tarjeta de sonido y bocinas)

ACCESORIOS

Todos los accesorios necesarios para la instalación de la red y el equipo de computo se presentan en la tabla 4.3. En el apéndice 1 se presentan las cotizaciones solicitadas durante la investigación.

Cantidad	Equipo	Características
1	Computadoras	Procesador Intel Pentium 150 o 166 Mhz. 48 Mb. en memoria RAM H.D. de 2 Gigabytes Monitor Super VGA 2Mb. en VRAM Equipo Multimedia (CD-ROM, tarjeta de sonido y bocinas)
10	Computadoras	Procesador Intel Pentium a 100 Mhz. 16 Mb. en memoria RAM H.D. de 850 Mb o 1.08 Gigabytes Monitor Super VGA 1Mb. en VRAM
11	Tarjetas de Red (EtherLink III)	
1	Regulador de 10 K.V.A.	
1	UPS con regulador	1.2 KVA y 15 minutos (mínimo)

Tabla 4. 3

MODELO A SIMULAR

El objetivo de adquirir un software de simulación para ingeniería industrial, es que los alumnos adquieran la habilidad de modelar situaciones reales y ver los resultados que obtendrían a través del tiempo. Además que los alumnos puedan incrementar la complejidad de sus modelos, conforme van avanzando en su carrera. Por tal motivo el primer paso en esta evaluación es crear un modelo teórico que cubra las asignaturas seleccionadas en el Capítulo I.

Si los software seleccionados son capaces de simular éste primer modelo teórico podemos asegurar que son útiles para que los alumnos puedan practicar con cualquiera de ellos.



Una vez seleccionados los software a evaluar (TAYLOR II, WITNESS y PROMODEL), es necesario crear un modelo que sirva para probar la facilidad de uso (crear el modelo, correrlo y obtener resultados estadísticos); lo "amigable", la rapidez con la que corre, el tipo de gráficas y el desempeño que tiene cada software.

Con el fin de cuidar la homogeneidad en los resultados obtenidos después de las simulaciones, el modelo que se programa es el mismo en los tres software. Este modelo no describe ninguna empresa en particular, por lo que todos los tiempos, distribuciones, carga de trabajo, demanda, tamaño de lotes y tipo de producción son asignados y supuestos por los autores.

El sistema del cual se extrae el modelo a simular es un sistema propuesto únicamente para el fin de la presente evaluación, sin tener una representación específica a nivel industrial, por el contrario, presenta características generales aplicables en muchas industrias.

El sistema representa a una industria que produce un tipo de producto "x" en el cual se utilizan los insumos A y B.

La nave posee estacionamiento y oficinas, la parte de la planta se compone de almacén de recepción, con su respectiva zona de recepción de materiales; tres células de producción (compuestas cada una con tres máquinas), una zona de espacio libre para una posible ampliación (en maquinaria o instalaciones) y un almacén de producto terminado con zona de embarque.

Cabe mencionar que las máquinas no representan un proceso en especial (tornado, fresado, troquelado, etc.), sino operaciones abiertas, según la necesidad.

Se escoge por facilidad un proceso de producción por lotes, para el proceso cada una de las células y las máquinas tienen características particulares, las cuales están determinadas en tiempo de operación, secuencia de operaciones, insumos a procesar, tamaño, distribución, etc.



DISTRIBUCION DE PLANTA

Diagrama de recorrido del producto "x"

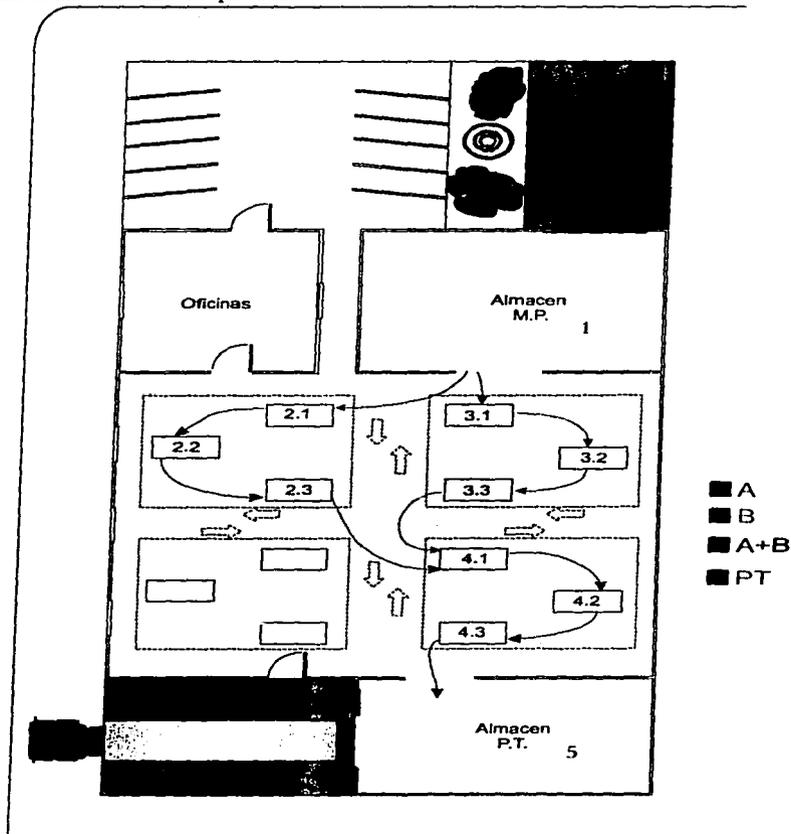


Figura 4.1



DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL PRODUCTO X

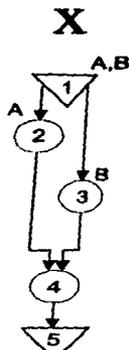


Figura 4.2

Capacidad instalada:

Producción = 100 lotes al mes; 1 lote = 50 piezas
 Producción = 5,000 piezas durante 22 días 16 hrs.

CELULA	CAPACIDAD
2	2.11 min/prod = 126 seg
3	1.8 min/prod = 108 seg
4	1.5 min/prod = 90 seg



Se observa que para el producto existe un cuello de botella, el cual se encuentra en la célula 2, por lo cual a continuación se hace un desglose de los tiempos y procesos de cada una de las máquinas de ésta célula.

CELULA 2

Producto X

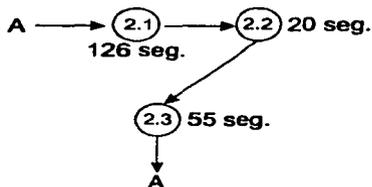
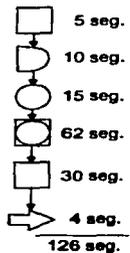


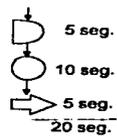
Figura 4.3

Diagramas de proceso por máquina

Maq. 2.1



Maq. 2.2



Maq. 2.3

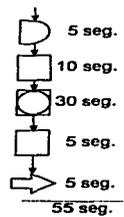


Figura 4.4



Como se mostró anteriormente se modela cada célula como un solo proceso, utilizando el concepto de "cajas negras" definido en el Capítulo III. En el modelo se realizan cambios paulatinos justificados por los conceptos de las asignaturas seleccionadas para el laboratorio de simulación, donde se realiza una simulación por cada materia.

CREACION DEL MODELO EN LOS SOFTWARE

El modelo conceptual es creado en cada uno de los software de simulación, adaptando las características de cada software al mismo. Dado que existen marcadas diferencias entre los software, el proceso para crear el modelo en cada uno se presenta a continuación:

Nota:

En el capítulo II de herramientas se determinó que la red del laboratorio de Ingeniería Industrial utilizaría una plataforma basada en Novell Netware, MS-DOS y Windows 3.11, sobre la cual trabajaría cualquiera de los software que se eligiera, además de otras aplicaciones necesarias para los diversos fines que pretende dicho laboratorio.

Debido a las necesidades y vertiginosos cambios de la industria de la computación, se prevé que para mantener actualizada la enseñanza del laboratorio, los conocimientos de la alumnos y de los profesores, es imperante que la plataforma en que se trabaje ése y todos los demás software sea Windows 95™ soportado por Novell Netware 4.1x; o algún otro Sistema Operativo para redes (como Windows NT 3.51 o 4.0x) eliminándose de alguna manera como consecuencia de esto el uso directo de MS-DOS.

Por ello las pruebas realizadas a los software se realizan sobre Windows 95. Para estandarizar la pruebas éstas se realizan en un mismo equipo de cómputo:

*Computadora 486 (Genérica)
Procesador Intel SX a 25 Mhz
16 Mb. en RAM
1 Mb. en VRAM
Disco Duro de 540 Mb. Quantum Bigfoot
Monitor Super VGA*



WITNESS

El software presenta un menú principal con los siguientes submenús



Figura 4.5

Cada uno de los submenús tiene a su vez las siguientes opciones:

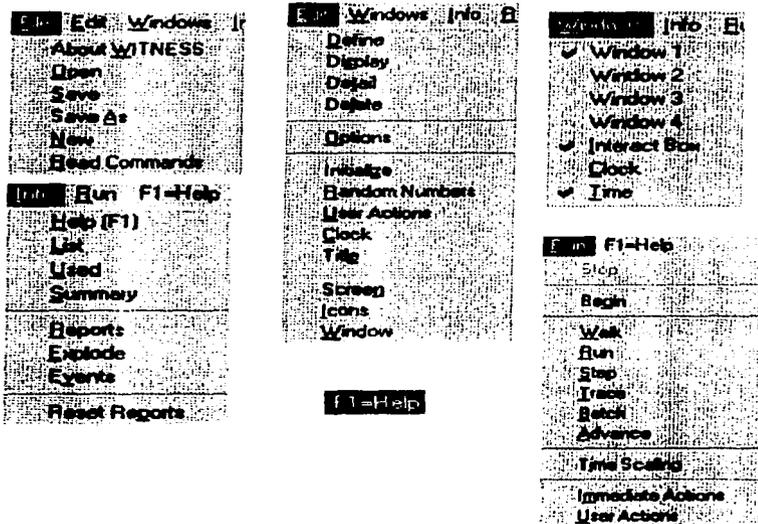


Figura 4.6

Los pasos a seguir para crear el modelo a simular son:

1. Definir los elementos que se utilizarán en el modelo de simulación, al mismo tiempo que son definidos les son asignados los iconos que los representan, los pasos para definir éstos elementos no se presentan debido a que la presente tesis no tiene como objetivo definir cada uno de los pasos ni realizar un prontuario de manejo de cada uno de los programas de software, por lo anterior no se describen éstos pasos detalladamente pero se da una breve



explicación de los pasos y sintaxis que determinan el desempeño de cada elemento del modelo.

Los elementos definidos son: un "a", un "b", y un "x" (éstas letras son para definir las materias primas "a", "b" y el producto terminado "x" respectivamente, se les asigna la característica de Part), un almacén "a", un almacén "b", un almacén "pt" (éstos almacenes tienen la asignación de la materia prima "a", "b" y el producto terminado "pt" respectivamente y se les asigna la característica de "Buffer"), una cel1, una cel2 y una cel3 (éstas son las células de producción 1, 2 y 3 respectivamente, se les asigna la característica de Machine).

A continuación se muestra una imagen con todos los elementos elegidos para éste modelo (la cel3 no aparece en la imagen debido a que para que sea visible es necesario mover la barra de espacio vertical dentro de la ventana).

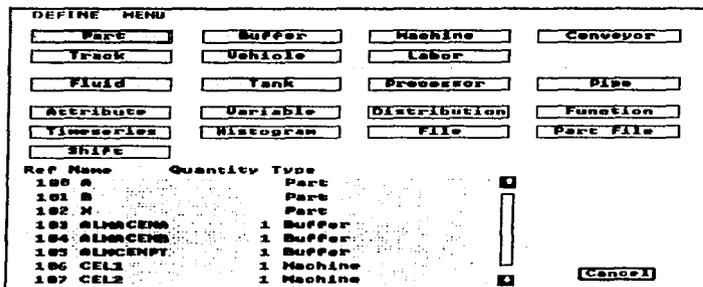


Figura 4.7

- Una vez definidos los elementos se les asignan propiedades y parámetros a los cuales les llamaremos datos, éstos datos determinan el comportamiento de cada uno de los elementos. Para poder asignarles los datos es necesario entrar al menú de Edit y seleccionar la opción de Detail ahí aparece un cuadro como el mostrado en la siguiente imagen.

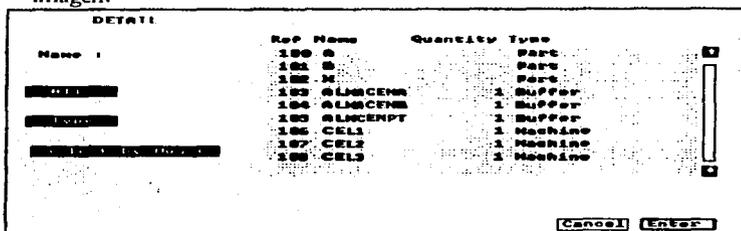


Figura 4.8



Se selecciona cada uno de los elementos y se abre un cuadro de diálogo donde se ponen todos los datos necesarios para que el modelo simule un sistema real.

Debido a que tenemos Part, Buffer y Machine los cuadros de diálogo son diferentes para cada uno.

Es en esta parte del proceso de modelado donde todos los Software difieren tanto en la forma de desplegar en la pantalla las opciones, como en la sintaxis, por lo tanto es necesario hacer mayor referencia en esta parte del modelado.

A continuación se presentan los cuadros de diálogo explicando las opciones que dan el comportamiento del elemento.

El primer elemento que se define es la Part "a", en la primera parte de la imagen aparece el nombre de la parte, seguido de esto está el tipo de atributo, el que se escoge es variable y el nombre del grupo es 1.

En la tercera parte está el modo en el que llegan las partes, se escoge un modo pasivo (sugerencia de un modelador español que nos asesoró), sin límite en el máximo de productos que lleguen, se define una distribución probabilística exponencial negativa con un $\beta=4$ para definir la manera en que los insumos llegan a la planta. No se define el momento exacto al que llegan, llegan en lotes de 1, y no se define algún cambio.

DETAIL PART		Actions :
Part Name	: a	<input type="button" value="Create"/> 1
Attribute Type	: <input type="button" value="Variable"/> <input type="button" value="Fixed"/>	<input type="button" value="Leave"/> 0
Group Number	: 1	
Arrival mode	: <input type="button" value="Passive"/> <input type="button" value="Active"/>	Reporting :
Max arrivals	: Unlimited	<input type="button" value="No"/>
Inter arrival time	: NEGEXP (4.1)	<input type="button" value="Yes"/>
First arrival at	: 0.0	
Lot size	: 1	
Shift	: Undefined	
Rules	: <input type="button" value="Output"/> Push	
Part route	: <input type="button" value="No"/> <input type="button" value="Yes"/>	<input type="button" value="Cancel"/>
Contains fluids	: <input type="button" value="No"/> <input type="button" value="Yes"/>	<input type="button" value="Enter"/>

Figura 4.9

Con lo anterior se define la manera en que la materia prima "a" llega al sistema. Para ingresar las reglas de salida se abre una ventana de diálogo, en ésta ventana se escriben las reglas de salida del producto "a" que para éste caso entra a el almacén "a". También se abre otra ventana de diálogo donde se especifica el ícono que representa al elemento "a" ambas ventanas se muestran a continuación.



Figura 4.10

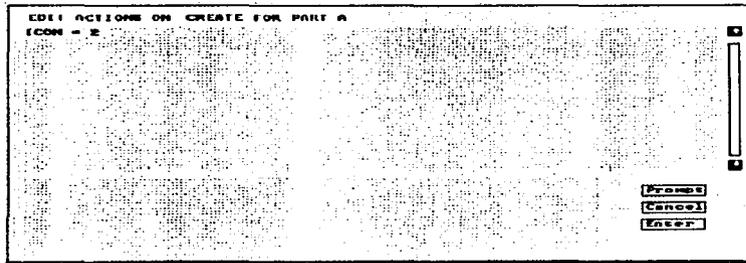


Figura 4.11

El segundo elemento que se define es el almacén "a", la ventana de diálogo nos muestra de igual manera las opciones para asignarle las características deseadas, primero aparece el nombre del Buffer, después la capacidad del almacén, la posición de entrada define por donde entra el producto, puede ser por el frente, atrás, etc. Los retrasos o demoras son igualmente definidos en ésta ventana, para este caso no se escoge ninguna demora, la posición de salida igual a la de entrada, en la parte inferior de la ventana se puede observar que el almacén es alimentado por la materia prima "a" y que de igual forma el almacén "a" alimenta a la célula 1.



DETAIL BUFFER		Quantity : 1	Actions :
Name :	ALMACENA		In 0 Out 0
Capacity :	10000		
Input position :	None Front At By attribute		End delay 0
Delay :	Yes No		Reporting :
			None
			End delay 0
			By Group
Output position :	Keep Limit Any Max Min		
ALMACENA fed by A			Cancel
ALMACENA feeds CEL1			Enter

Figura 4.12

La condición que dice que el almacén "a" alimenta a la célula 1 es definida en la misma célula 1. La célula 1 tiene su propia ventana de diálogo para introducir los datos en ella, esta ventana al igual que las anteriores ventanas en su parte superior aparece el nombre del elemento a simular, la cantidad de ellos y su capacidad, pero difiere en los siguientes parámetros: el tipo de máquina, es decir si es un proceso simple, un ensamble, o algún otro tipo, la prioridad que ésta máquina tiene, (la imagen que aparece en la figura representa a la célula 3), la labor, las reglas de entrada y de salida, para éstas reglas se abre otra ventana de diálogo similar a la del elemento "a".

DETAIL MACHINE		Quantity : 1	Actions :
Name :	CEL3		Start 0 Down 0
Type :	Single Batch Prod. Gen. Multi.		Finish 2 Repair 0
SUBJECTIVE :	2		
Priority :	Lowest		Setup: Edit 0
Labor :	Repair X Cycle X		Reporting :
Rules :	Input Sequence Output Push		None
Cycle Time :	Normal + 1.3		End delay 0
	XXXXXXXX		By Group
Breakdowns :	None Available time Busy time Operations		Fluid Rules :
			XXXXXX X
			XXXXXX X
			Shift Detail :
			Shift : Undefined
			Allowance : 0
			Penalty : 0
			Cancel Enter

Figura 4.13

En éstas ventanas es necesario escribir las características con las que entra el elemento y con las que sale, para éste caso a la célula 3 entra el elemento "a" que sale de la célula 1 y el elemento "b" que sale de la célula 2, la célula 3 los ensambla y los manda al almacén pt, que es donde termina el proceso.

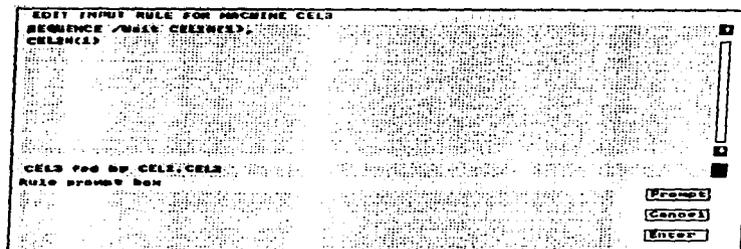


Figura 4.14

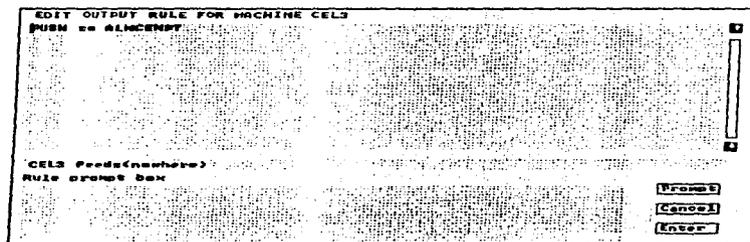


Figura 4.15

El tiempo de ciclo es definido después de las reglas de entrada y de salida, es posible incluir descomposturas y finalmente en la sección de Action en Finish se abre una última ventana de diálogo donde se le especifica que todo lo que haya entrado a la célula será cambiado por el icono del producto "x".

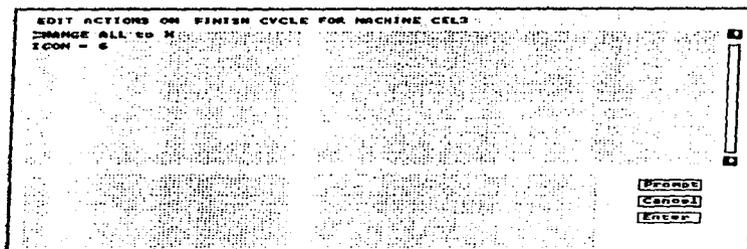


Figura 4.16

El modelo finalmente queda desplegado en la pantalla como lo muestra la siguiente figura.

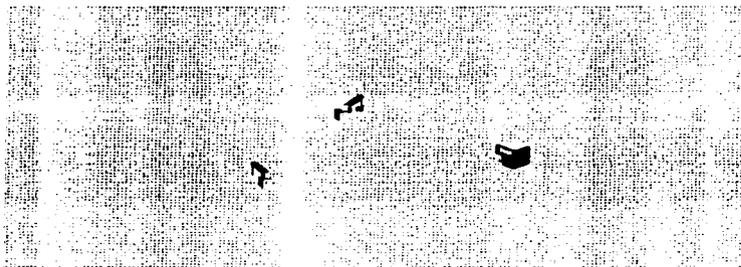


Figura 4.17

Una vez creado el modelo de simulación el siguiente paso es validarlo, al principio de este capítulo se explicó cual es el proceso para validarlo, por lo que a continuación se presentan los datos obtenidos en cada una de las treinta corridas, los números representan el producto terminado durante un periodo de dieciséis horas.



PROMODEL

Promodel versión 3.0 para estudiante presenta las siguientes características en los menús:

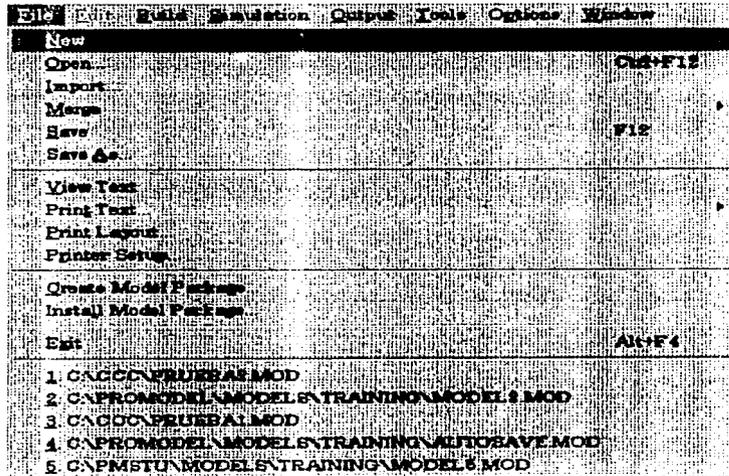
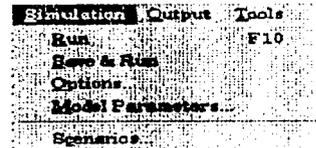
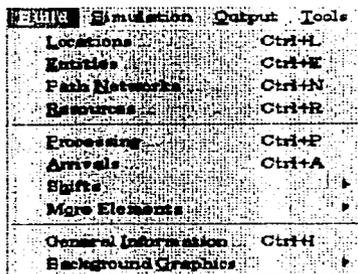


Figura 4.18

En donde en la parte superior se observan las diferentes opciones con las que cuenta el software las cuales se desglosan a continuación:



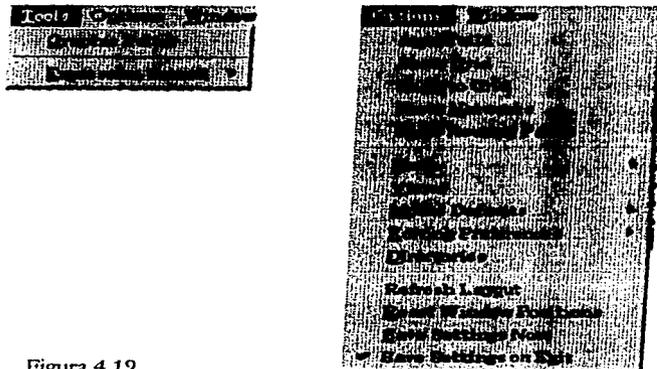


Figura 4.19

El modelo de simulación a evaluar con las características ya antes mencionadas para el producto "x" es creado con los siguientes pasos :

En el menú de File se escoge la opción de New para crear un modelo nuevo al cual se le asigna un título para su identificación.

Los primeros puntos que se definen son :

- Maquinaria
- Almacenes

Para este fin se entra al menú de construcción de un nuevo modelo Build (Construir) y se va a la opción de Locations (Localidades), en donde se asignan los íconos correspondientes a cada máquina y almacén para ello y como ya se mencionó se crean 3 células de producción y 2 almacenes de materia prima, uno para cada tipo de insumo, así como un almacén de producto terminado.

Cada una de las localidades es identificada con su nombre y es situada en las localizaciones aproximadas que tienen en la planta, además se asignan las capacidades de las mismas.

Por otra parte se agregan contadores e indicadores del estado de la máquina y los almacenes.

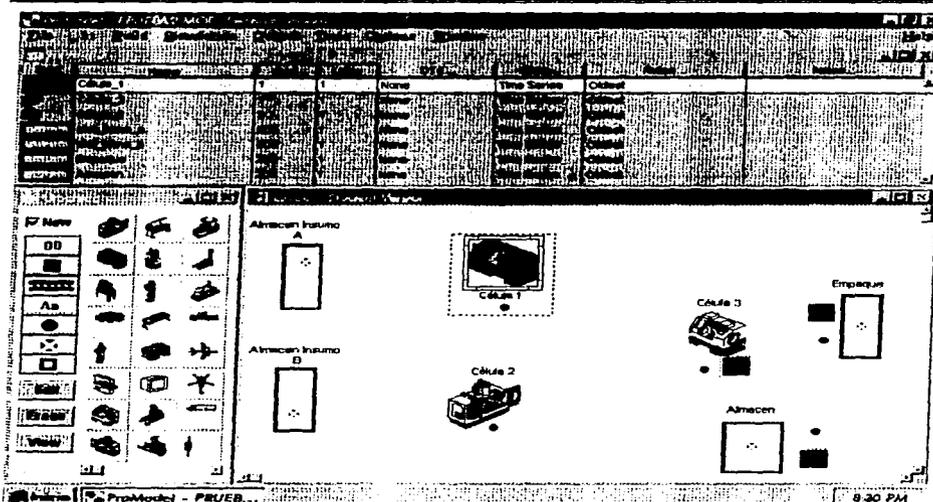


Figura 4.20

Nuevamente en la opción Build se definen a continuación las entidades o en Entities, la definición de entidades consiste en definir cada parte o insumo que participa en los procesos.

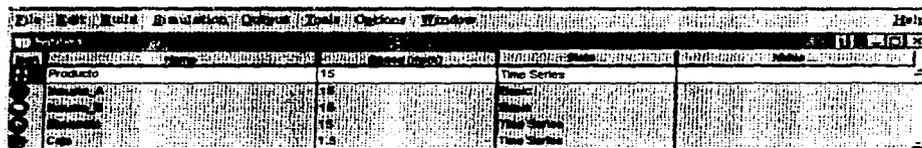


Figura 4.21

Se definen Insumos como :

- Producto : Materia prima genérica que llega al almacén, es decir insumos en general.
- Insumo_A : Materia prima o insumo tipo A.
- Insumo_B : Materia prima o insumo tipo B.
- Ensamble : Ensamble del insumo A y B.
- Caja : Caja que representa una serie de 5 productos terminados.



Una vez definidas las entidades, en Build ahora en la opción de Processing se entra para definir los procesos que siguen los materiales en las máquinas.

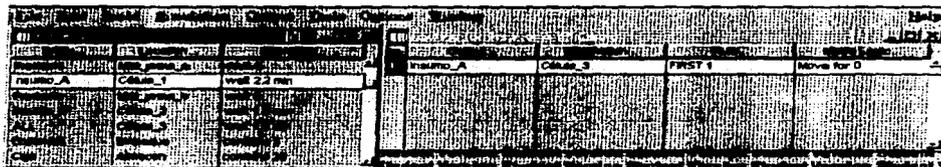


Figura 4.22

Se observa que en esa opción hay 2 ventanas, la primera de Processing en donde se encuentran los campos de Entity para escoger lo que se va a procesar, Location para determinar donde se va a procesar, y Operation para determinar el tiempo de proceso o la operación a seguir.

En la segunda ventana de Routing for entity x se encuentran los campos Output donde se determina lo que sale de la máquina, Destination para definir a donde va, Rule para definir la regla de salida y Move Logic para determinar la lógica de movimiento.

Este proceso se define para cada uno de los procesos a fin de determinar las rutas y operaciones que sigue cada entidad.

Por último se definen las llegadas de las entidades para determinar las cantidades y frecuencias de llegada en donde se pueden asignar distribuciones probabilísticas predeterminadas en el programa.

(En este caso se trató de distribuciones exponencial negativa con una $\beta=4$ para el almacén A y $\beta=2$ para el almacén B).

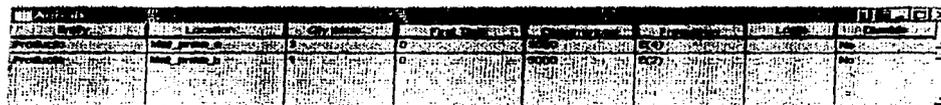


Figura 4.23

Para realizar una corrida, ya completados los datos como se muestran en cada figura, se entra en la opción de Simulation y se escoge Run para simular el modelo, en donde al final se generan los datos obtenidos de dicha simulación.

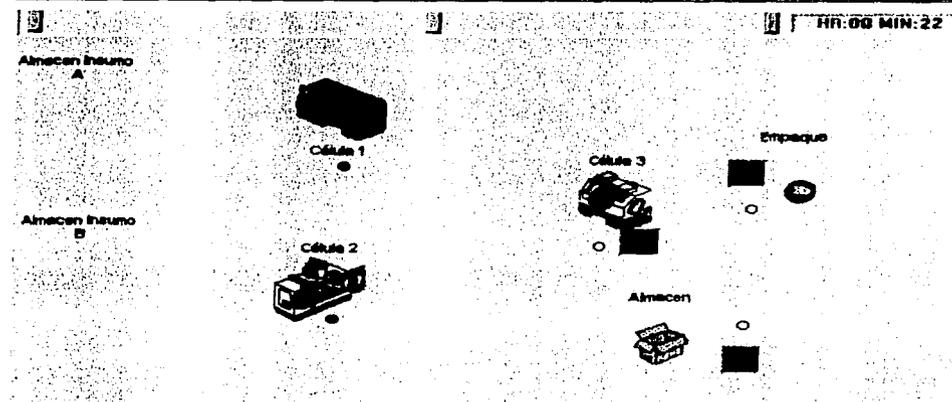


Figura 4.24

Para obtener una validación del modelo se hacen 30 corridas de 16 hrs. del mismo para que los datos tiendan a normalizarse, los cuales son los siguientes :

TAYLOR II

El último de los software utilizados en la evaluación es el Taylor II for Windows versión Demo. El software al igual que los dos anteriores presenta una barra de menús principal, con diferentes opciones, y se presenta e la siguiente figura.

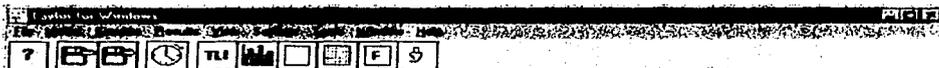


Figura 4.25

Los íconos que se muestran abajo de los nombres de los menús son referencias rápidas a las aplicaciones más comúnmente usadas en éste software. Estas opciones son: ayuda, guardar archivo, abrir archivo, correr la simulación, lenguaje, gráficas y reportes por mencionar algunos.

Las opciones que presenta cada uno de los menús de la barra principal se desglosan a continuación.



View	Settings	Tools	Window
Animation...			F6
Dynamic Icons...			
Background...			
Zoom...			+/
Viewpoint Manipulator...			

Simulate	Results
Single Run...	
Batch Run...	
Experiment...	

File	Model	Simulate	Result
New...		Ctrl+N	
Open...		Ctrl+O	
Close			
Save		Ctrl+S	
Save As...			
Save As Bitmap			
Print...		Ctrl+P	
Printer Setup...			
Prefereces...			
Exit			

Result	View	Settings	Tools
Element Graphs...			F5
Status Diagram...			
Analyze Experiment...			
Reports...			Ctrl+R
Trace...			
Document...			Ctrl+D

Tools	Window	Help
Autofit...		Ctrl+A
Dynamic Icon...		
ILI Interpreter...		F8
User Defined Graph...		Ctrl+G
Text Editor...		Ctrl+E
Background Editor...		Ctrl+B
2D Icon Editor		Ctrl+H
Import 3D Icons...		
Generate Schedule...		

Figura 4.26

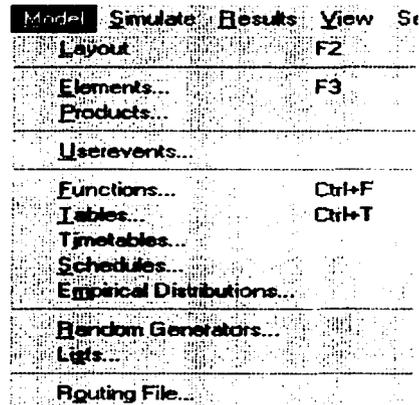
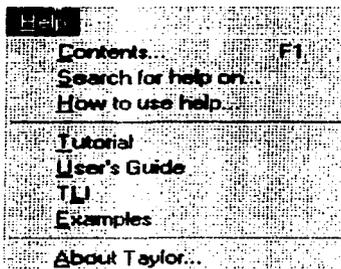
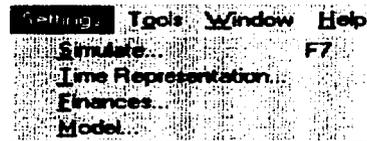
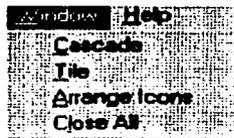


Figura 4.27

En este software al igual que en los otros dos anteriores, se comienza el modelado creando el lay-out, esto consiste en seleccionar los elementos necesarios, para este caso son 2 elementos



de entrada de productos (In-Out) uno para cada insumo (a y b), posteriormente se seleccionan los almacenes (Buffer), tres máquinas (Machine) que representan a las células de producción, un almacén de producto terminado (Buffer) y por último un elemento de entrada y salida de productos (In-Out), para la salida de los productos del sistema.

El lay-out queda como se muestra en la siguiente pantalla.

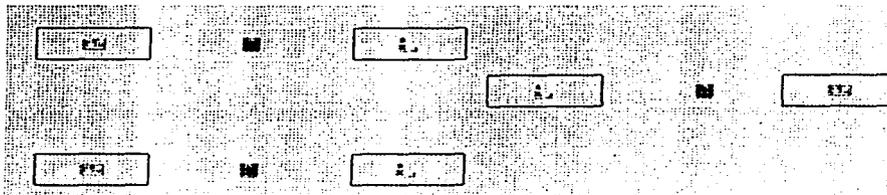


Figura 4.28

Para asignar los parámetros a cada uno de los elementos se hace un clic con el ratón en elemento deseado y se abre un cuadro de diálogo como el siguiente

Element

Name: Inou_1
 Number: 1
 Class: 0

Monitor

Inou_1

Autosave scroll

Element parameters

Capacity: 1
 Entry condition:
 Exit condition:
 Product to send: 1
 Mhz (... bus): 0.0 Constant
 Mhz: 0.0 Constant
 Repair aid:

Job parameters Job nr: 1

Time: 00.0 Hog. Exp.
 Trigger on entry:
 Trigger on exit:
 Batch: 0 Constant
 Output batch: 1 Constant
 Aid:

Stage parameters Stage nr: 1

Send to: 2
 Receive from:

Buttons: Layout, Variables, Store, Sm, Del, <, >, More, On, Cancel, Help, Use, Del, <, >, More

Figura 4.29



En la parte superior de la ventana se define la capacidad del elemento, en las siguientes 2 cajas se definen las condiciones de entrada y de salida de los elementos, en la siguiente caja se define el producto que enviará, que para este caso será el producto uno para en In-Out 1, que para nosotros representa el insumo "b", en la parte media de la ventana se observa que son los parámetros bajo los cuales trabaja el elemento In-Out 1, es aquí donde se le asigna el tiempo que tarda el elemento en realizar su trabajo y es aquí donde se le asigna la distribución probabilística exponencial negativa con una $\beta=90$. En la parte inferior de la ventana aparecen las cajas donde se especifica el elemento siguiente al cual se envía el producto.

Los parámetros, como tiempo de proceso condiciones de salida, no cambian en relación a los otros dos software, pero al igual que en los otros software existe una marcada diferencia en la sintaxis para la célula 3, que representa el ensamble de los insumos "a" y "b" ya procesados en las células 2 y 3. A continuación se presentan las figuras de los parámetros de los elementos que representan a cada una de las células, mostrando únicamente la parte inferior de las ventanas.

Job parameters Job nr: 3

Time	100.0		Constant	
Trigger on entry				
Trigger on exit				
Batch	1		Constant	
Output batch	1		Constant	
Aid				

In	Out
<	>
More	

Stage parameters Stage nr: 3

Send to	4	
Receive from	0	

In	Out
<	>
More	

Figura 4.30

La pantalla anterior representa a la célula 2. Se puede observar en la parte inferior el parámetro de "send to", que es donde se especifica hacia qué elemento se manda el producto, que para este caso el siguiente elemento es el número cuatro que representa a la célula 3.



Job parameters			Job nr: 8
Time	120.0	Constant	<input type="button" value="No"/> <input type="button" value="Del"/> <input type="button" value="←"/> <input type="button" value="→"/> <input type="button" value="More"/>
Trigger on entry			
Trigger on exit			
Batch	1	Constant	
Output batch	1	Constant	
Aid			
Stage parameters			Stage nr: 8
Send to	0		<input type="button" value="No"/> <input type="button" value="Del"/> <input type="button" value="←"/> <input type="button" value="→"/> <input type="button" value="More"/>
Receive from	0		

Figura 4.31

La pantalla muestra los parámetros de la célula 1 y se observa que en la caja de "send to" no manda a ningún otro elemento, esto es debido a que la célula 2 empuja el producto a la célula 3 y el producto de la célula 1 es jalado por la célula 3. Esto se puede entender con mayor claridad en la siguiente pantalla.



Job parameters		Job nr: 4	
Time	00.0	Constant	
Trigger on entry			
Trigger on exit			
Batch	1	Constant	
Output batch	1	Constant	
Add			

Stage parameters		Stage nr: 4	
Sent to	5		
Receive from	select 2 from 3,8 quantity 0,1		

Figura 4.32

Los parámetros de la célula 3 cambian significativamente en el campo de "Receive from", con respecto a las dos células anteriores este es el campo en el cual se especifican las características de entrada a este elemento. La sintaxis que se observa es "select 2 from 3,8 quantity 0,1" esto significa: *selección 2 elementos que alimentarán a la célula 3, un elemento es el 3, que es la célula 2, y el otro elemento es el 8 que es la célula 1, la cantidad que tomará de cada uno serán cero del elemento 3, que como se vio en una pantalla anterior, manda a el elemento 4 que es la célula 3, y toma uno del elemento 8, dicho elemento como se observó no manda.*

FACTORES A EVALUAR POR SOFTWARE

FACTORES CUANTITATIVOS

Las variables a tomar en cuenta y a las cuales se les realizarán pruebas estadísticas son las siguientes.

- Exactitud.
- Precisión.

PROCESO

El proceso seleccionado para ser simulado es de la empresa Hormas Chapultepec S.A. de C.V. la cual produce hormas para zapatos con una producción por lotes de 52 pares por lote.

Se trata de un producto hecho a base de plástico (polietileno de baja densidad), el cual por medio de varios procesos es transformado en hormas para la industria del calzado, dichas hormas son la base para la fabricación del calzado, es decir son sobre las cuales se fabrica y da forma a los zapatos.

El proceso esta descrito a grandes rasgos con un diagrama de flujo y un plano del lay-out, como se describió anteriormente los software tienen limitantes en cuanto a la cantidad de elementos que pueden manejar por lo que es necesario escoger una parte significativa del proceso, es decir una parte del mismo que por sus características sea factible de simular.

En el lay-out se marca la parte del proceso (así como en el diagrama de flujo) que se simula y las máquinas involucradas en el mismo, la elección de las máquinas se toma con lo criterio de que son actividades que tienen menores interrupciones, son de alguna manera consistentes, continuas, son realizadas por el mismo operario (por lo que las variaciones son de alguna manera consistentes) así como por la disposición de las máquinas y el flujo que sigue ésa parte del mencionado proceso.

La parte del proceso que se toma para la simulación esta compuesto de tres máquinas y es parte de un accesorio de las hormas, es decir, es una de las presentaciones o variantes del producto base, los procesos u operaciones que realizan estas tres máquinas son (se anexa figura de las operaciones que realizan sobre las hormas):

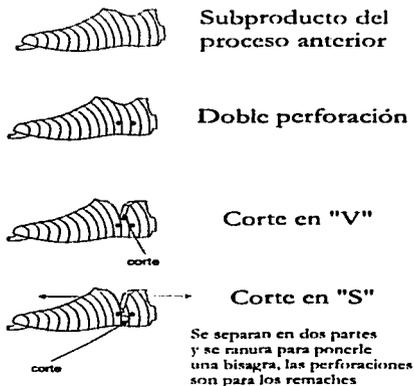


Figura 4.33

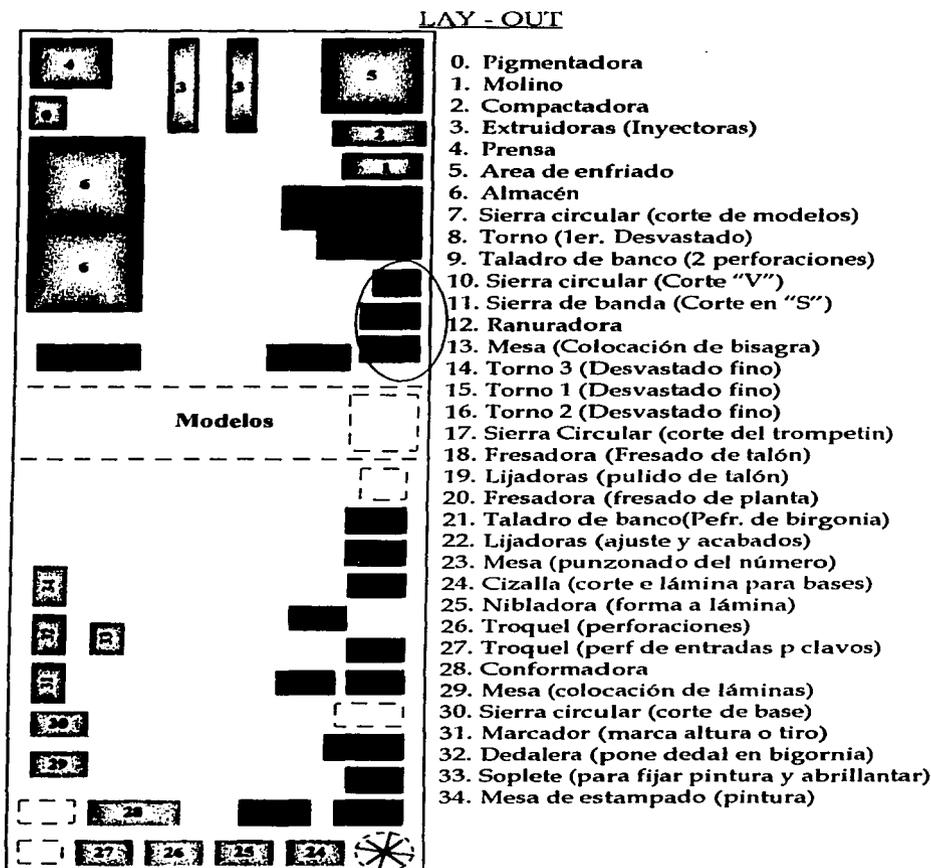


Figura 4.34



DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

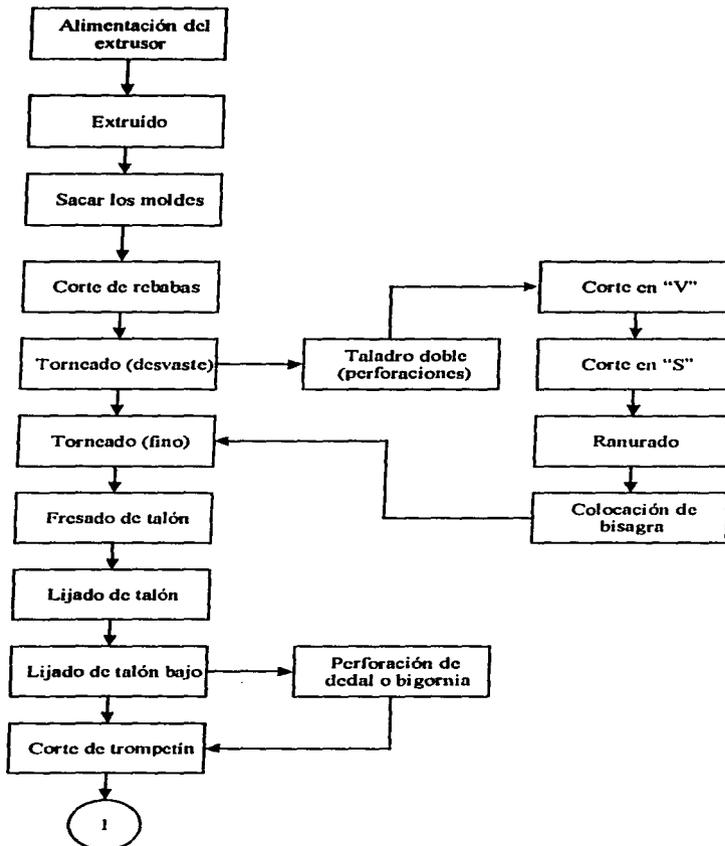


Figura 4.35

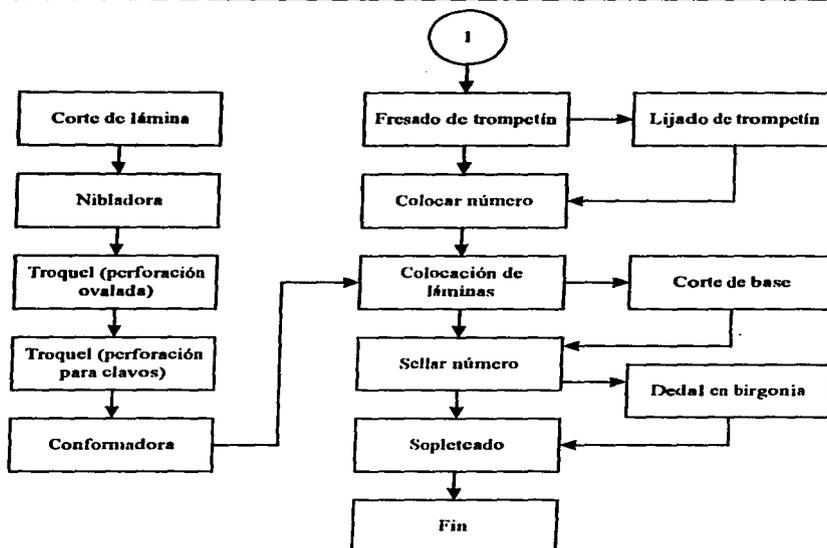


Figura 4.36

A continuación se muestra de forma más detallada el flujo de materiales, y el diagrama de los procesos o actividades a simular.

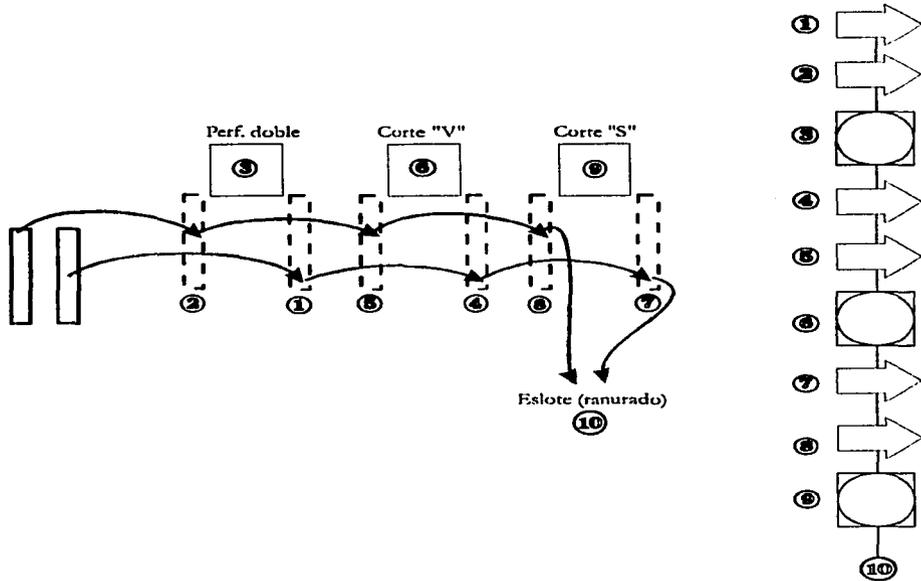


Figura 4.37

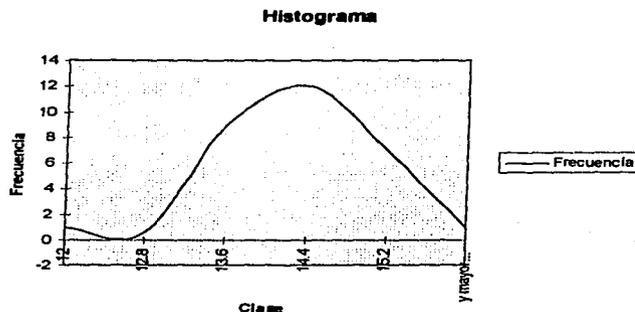
A continuación se presentan los tiempos tomados por cada uno de los procesos, además del su análisis estadístico para poder determinar que tipo de distribución probabilística presenta cada proceso.

Perforación doble

Perfor. Doble	18	19	18	17	15
	18	19	19	17	16
	16	15	19	21	18
	19	20	19	18	22
	17	16	20	19	17
	18	18	27	18	17

Tabla 4.4

la siguiente gráfica esta realizada en excel con los datos que se muestran en la tabla anterior. La gráfica se asemeja a una distribución normal, pero no es posible asegurarlo hasta realizar un ajuste con la ayuda de un software (Curve Fit) especializado en el ajuste de curvas, partiendo de los datos obtenidos.



Gráfica 4.1

La gráfica muestra una similitud con una normal, a continuación se muestran los resultados obtenidos en el Software Curve Fit.

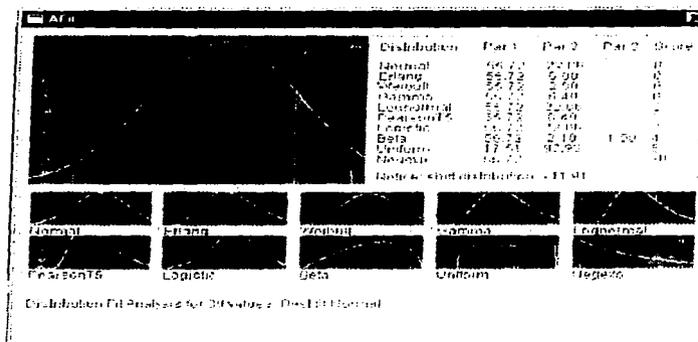


Figura 4.38



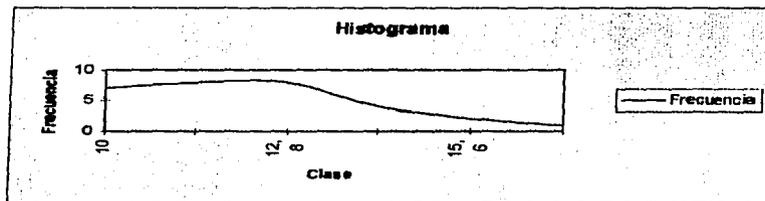
Los resultados nos confirman las primeras suposiciones, se trata de una distribución normal con $\mu=10.98$ seg. y una $\sigma=3.15$ seg.

El mismo procedimiento se siguió para los procesos de "corte en V" y "corte en S", obteniendo los siguientes resultados.

"Corte en V"

Corte "V"	10	14	12	11	12
	15	12	11	13	10
	12	10	11	12	11
	11	10	13	12	10
	12	10	14	10	11
	11	17	11	12	15

Tabla 4.5



Gráfica 4.2

La gráfica se asemeja a una Erlang

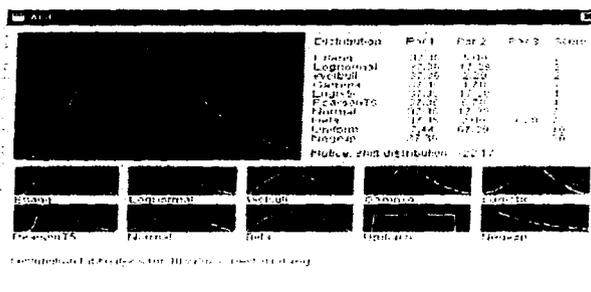


Figura 4.39

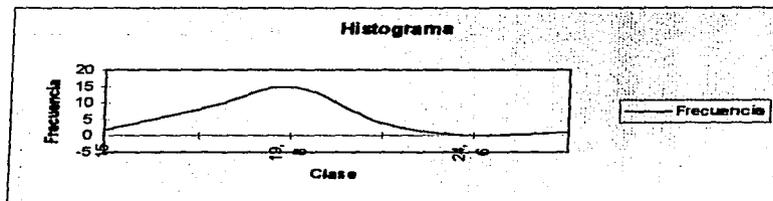


En la gráfica anterior se observa que si se trata de una distribución Erlang con una $\mu=7.10$ seg. y una $K=3.15$ seg.

Corte en S

Core "S"	14	15	15	13	13
	13	15	14	14	13
	13	15	13	14	12
	14	14	14	15	13
	14	14	13	15	14
	13	14	15	14	16

Tabla 4.6



Gráfica 4.3

La gráfica se asemeja a una distribución normal

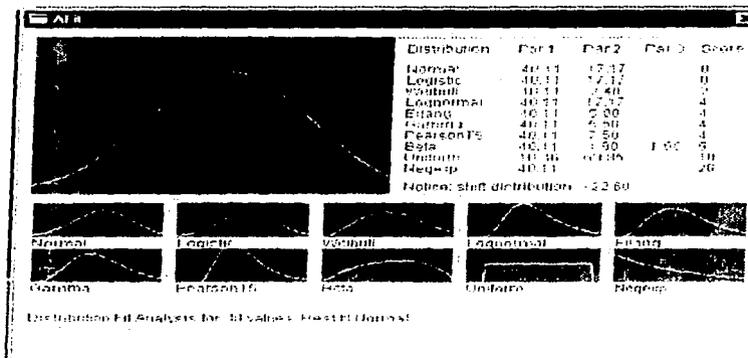


Figura 4.40



Se confirma que los datos pertenecen a una distribución normal con una $\mu=13.93$ seg. y una $\sigma=0.49$ seg. En la tabla siguiente se desglosan las actividades por cada operación del proceso.

No.	Actividad	Tiempo
1	Movimiento con hormas de pie derecho a la máquina de perforado (costado derecho de la máquina).	7.62 seg (estante)
3	Movimiento Del estante con hormas de pie izquierdo a la máquina de perforado (costado izquierdo de la máquina).	6.264 seg (estante)
2	Perforación doble de hormas.	Dist normal 10.98 seg. c/u (media) 3.15 seg (desvest. Est.)
4	Movimiento de estante con hormas de pie derecho a la máquina de Corte en "V" (costado derecho de la máquina).	6.264 seg. (estante)
5	Movimiento de estante con hormas de pie derecho a la máquina de Corte en "V" (costado izquierdo de la máquina).	6.264 seg. (estante)
6	Corte en "V" de hormas	Dist. Erlang 7.10 seg. c/u (media) 1.82 seg (desvest. Est.)
7	Movimiento de estante con hormas de pie derecho a la máquina de Corte en "S" (costado derecho de la máquina).	6.048 seg. (estante)
8	Movimiento de estante con hormas de pie Izquierdo a la máquina de Corte en "S" (costado izquierdo de la máquina).	6.048 seg. (estante)
9	Corte en "S"	Dist normal 13.93 seg. c/u (media) 0.49 seg (desvest. Est.)
10	Transporte a Máquina de ranurado (Eslote)	

Tabla 4.7

Los resultados de la simulación en cada uno de software evaluados se presentan a continuación.



TAYLOR II

El modelo se construyó siguiendo la misma metodología mostrada anteriormente, es decir usando los submenús para crear el Lay-out, los parámetros y características de cada elemento. La siguiente figura muestra el Lay-out final, los resultados que se obtienen después de 30 corridas representan el tiempo en que se obtenía un lote completo.

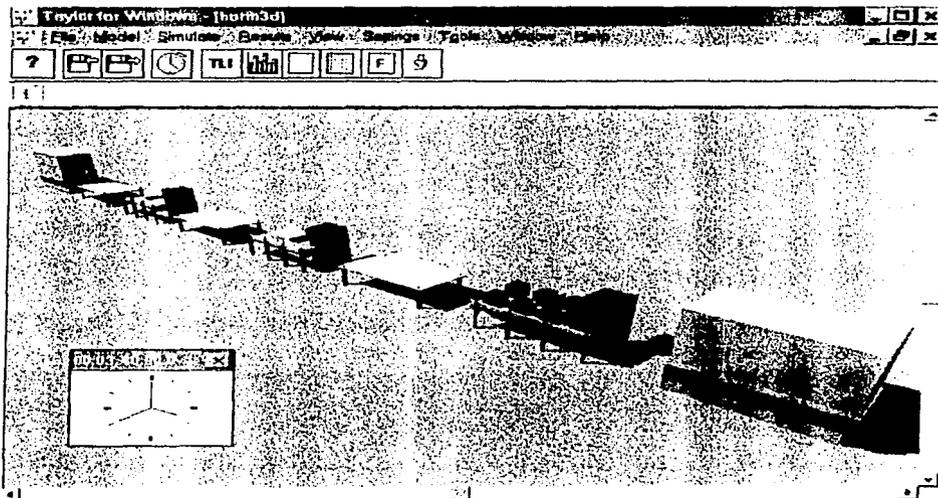


Figura 4-11

PRUEBAS CUANTITATIVAS PARA TAYLOR II

La forma de determinar si el software de simulación está representando a la realidad (validación) es hacer una prueba estadística para determinar si existen diferencias entre los resultados obtenidos mediante la simulación y los datos obtenidos del proceso.

Debido a que el proceso elegido para ser simulado no permitía una toma amplia de tiempos reales se optó por una prueba t-Student para poder determinar si existía diferencia entre los datos tomados del proceso y los simulados.



El tamaño de la muestra fue de 29 tiempos por grupo. Aplicándose la prueba t-Student con un nivel de significancia de 0.2, ya que se trata de un modelo de simulación y es aceptado ese nivel de confianza. Las hipótesis a probar son :

μ_R Media de tiempos reales.
 μ_S Media de tiempos de la simulación.

$$H_0: \mu_R = \mu_S$$

$$H_1: \mu_R \neq \mu_S$$

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	Tiempo real	Tiempo Taylor II
Media	46.55241379	38.00172414
Varianza	7.829611823	577.8447291
Observaciones	29	29
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	1.902707563	
P(T<=t) una cola	0.033525056	
Valor crítico de t (una cola)	0.85419174	
P(T<=t) dos colas	0.067050111	
Valor crítico de t (dos colas)	1.311434517	

Para poder rechazar la hipótesis nula es necesario que el estadístico t sea menor que el valor crítico t de dos colas.

Dado que el estadístico t es mayor que el valor crítico de t se acepta la hipótesis nula y se concluye que no existen elementos suficientes para afirmar que existe diferencia entre las dos muestras. Por lo tanto se valida el modelo de simulación creado en TAYLOR II.

Tiempo en min y centésimas de min	Tiempo Taylor II
41.46	50.50
46.66	45.35
45.62	55.42
49.78	57.58
45.62	54.48
44.58	58.03
47.7	59.90
46.66	0.08
47.7	51.80
47.7	48.55
47.7	56.25
54.98	56.42
47.7	57.40
48.74	0.43
44.58	0.67
42.5	0.00
46.66	47.52
45.62	51.05
46.66	0.57
47.7	49.98
47.7	53.38
46.66	0.33
49.78	49.78
42.5	0.18
43.54	39.43
43.54	46.62
48.74	51.10
42.5	0.68
48.74	58.55

Tabla 4.8

Para poder determinar la precisión del software se efectúan corridas para formar 3 grupos de tamaño 15, para efectuar un Análisis de Varianza (ANOVA) donde las hipótesis son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$



GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
1:53:29	1:52:26	2:01:23
2:06:33	1:55:01	2:02:50
1:53:47	1:40:32	2:10:45
1:41:37	1:49:08	1:45:32
1:51:50	2:07:04	1:56:04
1:49:49	1:43:24	1:53:25
1:49:08	1:52:14	1:49:46
1:44:49	2:04:58	1:42:38
1:43:08	1:37:26	1:44:17
1:54:05	2:02:46	1:47:47
2:00:52	1:52:54	1:37:41
1:57:57	1:44:54	1:52:29
2:03:44	2:03:53	2:04:04
1:40:17	1:40:10	1:52:14
2:01:20	2:02:29	1:43:51

Los datos de la tabla representan el tiempo en horas, minutos y segundos que tarda el sistema en producir dos lotes.

Para poder rechazar la hipótesis nula es necesario que el valor de F sea mayor que el valor crítico de F.

Con los datos obtenidos en la tabla de ANOVA se acepta la hipótesis nula y se concluye que no existen elementos suficientes para afirmar que existe diferencia entre grupos. Por lo tanto el software es preciso.

Tabla 4.9

Análisis de Varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
GRUPO 1	15	1.175289352	0.078352623	3.23203E-05
GRUPO 2	15	1.173136574	0.078209105	4.76338E-05
GRUPO 3	15	1.169976852	0.077998457	4.14445E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados
Entre grupos	9.52021E-07	2	4.76011E-07
Dentro de los grupos	0.00169958	42	4.04662E-05
Total	0.001700532	44	

F	Probabilidad	Valor crítico para F
0.011763167	0.988309003	2.433566237



PROMODEL

PRUEBAS CUANTITATIVAS PARA PROMODEL

El tamaño de la muestra fue de 29 tiempos por grupo. Aplicándose la prueba t-Student con un nivel de significancia de 0.2, ya que se trata de un modelo de simulación y es aceptado ese nivel de confianza. Las hipótesis a probar son :

μ_R Media de tiempos reales.
 μ_S Media de tiempos de la simulación.

$H_0 : \mu_R = \mu_S$

$H_1 : \mu_R \neq \mu_S$

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	Tiempo real	Tiempo Promodel
Media	46.55241379	46.03241379
Varianza	7.829611823	2.143161823
Observaciones	29	29
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	42	
Estadístico t	0.886736043	
P(T<=t) una cola	0.190135279	
Valor crítico de t (una cola)	0.850263291	
P(T<=t) dos colas	0.380270558	
Valor crítico de t (dos colas)	1.302034889	

Para poder rechazar la hipótesis nula es necesario que el estadístico t sea menor que el valor crítico t de dos colas.

Dado que el estadístico t es mayor que el valor crítico de t se acepta la hipótesis nula y se concluye que no existen elementos suficientes para afirmar que existe diferencia entre las dos muestras. Por lo tanto se valida el modelo de simulación creado en PROMODEL.

Tiempo real	Tiempo Promodel
41.46	44.67
48.96	47.84
45.82	46.62
49.78	46.14
45.62	43.85
44.58	44.82
47.7	44.26
46.66	46.43
47.7	44.64
47.7	44.15
47.7	46.16
54.98	47.03
47.7	46.04
48.74	47.41
44.58	44.53
42.5	45.33
46.66	46.45
45.82	46.25
46.66	49.16
47.7	48.06
47.7	45.15
46.66	45.82
49.78	44.73
42.5	46.41
43.54	48.7
43.54	43.52
48.74	46.6
42.5	47.83
48.74	46.34

Tabla 4.9



Para poder determinar la precisión del software se efectúan corridas para formar 3 grupos de tamaño 5, debido a la dificultad de estar variando la semilla generadora de números aleatorios, para efectuar un Análisis de Varianza (ANOVA) donde las hipótesis son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
01:29.7	01:19.5	01:21.9
01:29.1	01:16.5	01:19.8
01:36.0	01:18.9	01:20.5
01:17.1	01:17.3	01:19.2
01:21.0	01:19.1	01:20.1

Los datos de la tabla representan el tiempo en horas, minutos y segundos que tarda el sistema en producir dos lotes.

Para poder rechazar la hipótesis nula es necesario que el valor de F sea mayor que el valor crítico de F.

Tabla 4.10

Con los datos obtenidos en la tabla de ANOVA se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen elementos suficientes para afirmar que existe diferencia entre grupos. Por lo tanto el software no es preciso.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
GRUPO 1	5	0.00501063	0.00100213	7.5577E-09
GRUPO 2	5	0.00452836	0.00090567	2.2362E-10
GRUPO 3	5	0.00464838	0.00092968	1.3525E-10

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.5214E-08	2	1.2607E-08	4.77743431	0.02977249	2.80679302
Dentro de los grupos	3.1666E-08	12	2.6389E-09			
Total	5.688E-08	14				

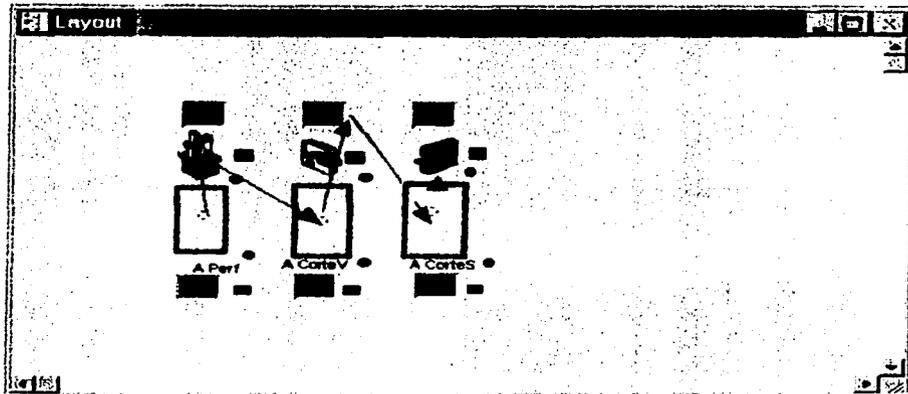


Figura 4.42

WITNESS

Este software no tiene todas las opciones para poder simular éste proceso en particular, para poder simular este proceso era necesario incluir más parámetros que los que la versión Demo permitía, por lo anterior no fue posible crear el modelo completo en Witness. Debido a lo anterior no se tendrán valores para poder realizar una evaluación cuantitativa para éste software.

FACTORES CUALITATIVOS DE LOS TRES SOFTWARE

Aunado a esto se realiza una ponderación cualitativa por software, basada en los siguientes factores:

- Precio (basado de mayor a menor)
- Facilidad de uso (basado en opinión de usuarios experimentados, con las siguientes calificaciones: muy fácil, fácil, promedio y difícil)
- Requerimientos de hardware (basado en requerimientos mínimos de hardware y precio de lo mismos).
- Plataforma (basado en las plataformas que pueden correr, versatilidad).
- Compatibilidad (basado en la exportación e importación de archivos con otros paquetes como hojas de calculo y programas de CAD)



- Soporte Técnico (basado en cercanía del distribuidor y/o canales de comunicación y distribución como teléfono, fax, línea 1-800, Internet o mensajería).
- Actualización (basado en la planeación del fabricante para sacar nuevas versiones y/o actualizaciones).

Las tablas que se muestran a continuación presentan la ponderación de cada característica y/o requerimiento de los software. La ponderación fue hecha por Profesores y Funcionarios de la Facultad de Ingeniería que tendrán en sus manos la decisión final. Se califican los requerimientos en orden de importancia para los Profesores y Funcionarios al seleccionar un software. Después de haber recabado la información se contabilizó el puntaje medido en porcentaje de importancia y se obtuvo un promedio para cada aspecto evaluado. ****Es importante mencionar que dicha ponderación se lleva a cabo de manera genérica para un software "x" sin estar enfocada propiamente a los software en cuestión.****

Nota al pie

Número	Profesor	Puesto
1	Ing. Corina Flora Bermeo Peredo	Asesor de Cómputo de la DIMEI
2	M. en I. Jesús Manuel Dorador Glez	Coord. Carreras Ing. Mec. e Ind.
3	M. en C. Marcia González Osuna	Jefe del Depto. de Ing. Industrial
4	Ing. Gonzalo Guerrero Zepeda	Jefe de la DIMEI
5	Ing. Moisés Mendoza Linares	Secretario Académico de la DIMEI
6	Ing. Alberto Vargas Soto	Jefe de Cómputo de la DIMEI

Tabla 4.11

Requerimiento	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Precio	20	10	10	15.4	15	10	13.4
Facilidad de uso	25	25	15	13.85	10	2	15.14
Requerimiento de hardware	25	15	10	23	10	20	17.17
Plataforma	10	5	25	7.7	15	30	15.45
Compatibilidad	10	15	20	18.5	20	20	17.25
Soporte técnico	5	15	10	12.3	15	10	11.22
Actualización	5	15	10	9.25	15	8	10.38
TOTAL	100	100	100	100.00	100	100	100.00

Tabla 4.12

Se puede observar que el aspecto mas importante es la compatibilidad y esto estriba en que se puedan importar y exportar datos de diferentes tipos a diferentes formatos de software lo que representaría una gran flexibilidad del programa utilizado para interactuar con otros. El segundo aspecto son los requerimientos de hardware, ya que la preocupación inmediata sería saber si los programas funcionarían adecuadamente con el equipo con el que se cuenta. El aspecto que se refiere a la plataforma resultante como tercero es la base en la que se pretende correr el software ya que el sistema operativo es el que determina los parámetros sobre los que van a desarrollar los software. La facilidad de uso en cuarto lugar de importancia. El precio,



soporte técnico y actualización no serán factores determinantes para la adquisición de software, ya que se encuentran alrededor del 12% por debajo de las prioridades mencionadas anteriormente.

A parte de la ponderación se califica a los software mediante una calificación de 1 al 10 donde el 10 es la máxima puntuación que puede alcanzar el software. En la siguiente tabla se muestran las calificaciones para cada uno de los software en los puntos antes mencionados, las calificaciones son un promedio de las calificaciones individuales de los autores de la presente tesis.

Requerimiento	WITNESS	PROMODEL	TAYLOR II
Precio	7.67	6.67	8.33
Facilidad de uso	5.33	7.67	8.33
Requerimiento de hardware	9.33	8.00	7.33
Plataforma	7	9	9
Compatibilidad	4	8	9.3
Soporte técnico	0	9	9
Actualización	1	8.67	9

Tabla 4.13

En la siguiente tabla se muestra la matriz final de la evaluación cualitativa, esta matriz es el producto de la multiplicación de la ponderación obtenida de los profesores y la calificación de los alumnos.

Requerimiento	WITNESS	PROMODEL	TAYLOR II
Precio	1	0.87	1.08
Facilidad de uso	.81	1.16	1.26
Requerimiento de hardware	1.6	1.37	1.26
Plataforma	1.08	1.39	1.39
Compatibilidad	0.69	1.38	1.61
Soporte técnico	0	1.01	1.01
Actualización	.10	.9	0.93
TOTAL	5.28	8.08	8.55

Tabla 4.14

CAPITULO V

Simulación





CAPITULO V

RESULTADOS

De las pruebas realizadas y de las ponderaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Factores cuantitativos

1. Exactitud. Capacidad del programa para entregar resultados confiables y precisos.
2. Precisión. Capacidad del programa para repetir las pruebas entregando resultados que no difieran significativamente de la media obtenida.

De las pruebas estadísticas realizadas al TAYLOR II y al PROMODEL, se resume lo siguiente:

Los resultados que se obtuvieron de la simulación con el TAYLOR II con respecto a los datos reales no difieren estadísticamente, por lo tanto, podemos afirmar que es exacto. Así mismo de los resultados obtenidos en la simulación con el PROMODEL con respecto a los mismos datos reales, tampoco difieren estadísticamente, por lo tanto, también es exacto.

En cuanto a la precisión de los programas se obtuvo que de los resultados obtenidos mediante el TAYLOR II comparando diferentes corridas del modelo entre si, estas no difieren estadísticamente, por lo tanto el software es preciso. Por otro lado, de los resultados obtenidos de diferentes corridas obtenidas con el PROMODEL y comparadas entre si, muestran diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto el PROMODEL es menos preciso que el TAYLOR II.

El WITNESS no pudo ser evaluado cuantitativamente ya que en el no se pudo simular por limitaciones del mismo programa.

SOFTWARE	EXACTITUD	PRECISION
TAYLOR II	SI	SI
PROMODEL	SI	NO



FACTORES CUALITATIVOS

De la tabla de evaluación cualitativa se obtuvieron calificaciones de cada programa en diferentes aspectos y la suma de las calificaciones de cada parámetro da como resultado la calificación final del software.

Requerimiento	WITNESS	PROMODEL	TAYLOR II
Prezco	1	1.08	1.08
Facilidad de uso	.81	1.16	1.26
Requerimiento de hardware	1.6	1.39	1.26
Flexibilidad	1.08	1.39	1.39
Compatibilidad	0.69	1.16	1.61
Soporte técnico	0	1.08	1.01
Calificación	.10	1.08	0.93
TOTAL	5.28	6.06	8.55

De las calificaciones obtenidas se puede ver que el TAYLOR II fue el que obtuvo la mas alta calificación.

Por los resultados obtenidos cualitativamente y cuantitativamente, El TAYLOR II es que por sus características resulta el mas apropiado para las necesidades de la Facultad de Ingeniería y sus alumnos.

CAPITULO VI





CAPITULO VI

CONCLUSIONES

A través de la presente tesis hemos visto como en la actualidad el uso de la computadora como una herramienta de trabajo es indispensable en muchas actividades. La industria hoy en día demanda una generación de ingenieros industriales que sean capaces de complementar sus conocimientos con el uso de la computadora. La simulación al igual que la computadora también es una herramienta de gran ayuda, pero es importante no perder de vista que el uso de la computadora y de la simulación no son indispensables para que un ingeniero industrial desempeñe satisfactoriamente sus funciones fundamentales en el ambiente laboral, el ingeniero industrial no debe perder vista que estas dos herramientas son únicamente para auxiliarse y que definitivamente estas no les van a resolver todos los problemas a los que se enfrenten, para esto será necesario que utilicen todas las habilidades que desarrollaron y aprendieron a través de toda la carrera.

El tener acceso a laboratorios dentro de la carrera universitaria, amplía más el panorama del conocimiento que es transmitido por parte de los académicos a los alumnos, es por esto que crear nuevos laboratorios o modificar los que actualmente existen, debe ser una labor constante, ya que esto mantendrá a los alumnos actualizados en los últimos desarrollos de la tecnología y ellos podrán mantener un alto nivel de competitividad cuando se conviertan en egresados de la facultad de Ingeniería de la U.N.A.M..

La simulación en la educación se presenta como una herramienta académica de gran utilidad, en el ambiente empresarial o de negocios para la toma de decisiones, ya que utilizada de una forma inteligente y en ciertos sistemas productivos permite reducir los costos de un proyecto o aportar una idea aproximada de la operación y funcionamiento del mismo.

Tras haber realizado las pruebas tanto subjetivas como objetivas se puede apreciar que las diferencias entre las software que existen en el mercado, existe una ligera diferencia, que con un análisis subjetivo no sería posible detectar, es entonces cuando se hace necesario hacer uso de las herramientas que durante la carrera nos ha ayudado en más de una ocasión, la estadística es de gran ayuda para poder tomar decisiones.

Se ha mostrado la capacidad de utilizar el software de simulación tanto en el ámbito académico como en industrial o comercial ya que como herramienta de aprendizaje permite lograr visualizar el impacto que tienen los cambios en un sistema así como concientizarse de todos los elementos y variable que intervienen en un proceso productivo o de servicio.

La determinación del nivel del modelo es una estrategia básica a seguir para llevar a cabo una simulación exitosa así como conocer de antemano que esperar y como esperarlo.



La simulación como cualquier disciplina de la ingeniería requiere de una metodología, compromiso y práctica de la disciplina para profundizar y perfeccionar el modelado y la simulación.

El software de simulación es una herramienta factible para ser aplicada en las empresas mexicanas, en la planeación y realización de proyectos, pero cabe mencionar que la inversión en el software de simulación se justifica únicamente para una empresa con una gran cantidad de proyectos y un cierto nivel de ventas, para que pueda realmente representar un cierto beneficio y recuperar la inversión de varios miles de dólares que esto representa. Es por ello que este tipo de software sería más factible para una empresa de consultoría que maneja varios proyectos para varias empresas o para empresas grandes con gran cantidad de proyectos en los que éstos representen un monto muy importante.

Ambos software de simulación que resultaron como finalistas de la presente tesis tienen características y atributos útiles e importantes, habiendo sido el Taylor II el que alcanzó mayor puntaje y calificación general debido a que además de ser superior en varias características técnicas permite hacer una simulación más detallada, de alguna manera más apegada a la realidad.

Promover la creación de las prácticas de simulación, partiendo de una empresa real, en la cual se hayan hecho modificaciones producto de una simulación, para que posteriormente los alumnos simulen sus propias modificaciones y estos se puedan comparar contra los reales.

Promover el uso de la simulación dentro de la facultad a través de proyectos que sean desarrollados dentro de la facultad y que sean alumnos (a partir del 6º semestre), los que desarrollen el proyecto, pensando en la opción de que estos proyectos sean considerados como prácticas profesionales.



APENDICE

COTIZACIONES

Se procede a cotizar el equipo con diferentes proveedores (se piden precios preferentemente sobre equipos HP, COMPAQ, y Digital) vía fax, se reciben las siguientes cotizaciones :

Al día 30 de Agosto de 1996 Compañía :

Cantidad	Equipo	P.U.	Subtotal
1	Servidor Compaq Prosignia 300 Procesador Intel Pentium 150 Mhz. 16 Mb en RAM Bus fast SCSI	\$23,994.17	\$23,994.17
1	Disco Duro SCSI GIG FOOT' 2 Gb.	\$2,642.50	\$2,642.50
1	Monitor SVGA 14" (1024x768)	\$2,412.99	\$2,412.99
1	Exp. De Memoria SC 2x16 " Mb.	\$7,513.16	\$7,513.16
10	Compaq Deskpro 2000 Procesador Intel Pentium 120 Mhz. H.D. 1.2 Gb. 16 Mb en RAM Bus fast SCSI Monitor SVGA 14" (1024x768) Microsoft Office y Windows pre inst	\$13,336.97	\$133,369.74
1	Regulador Sola de 10 KVA	\$10,850.00	\$10,850.00
1	UPS 1.4KVA Triplite Omnipro Smart	\$4,500.00	\$4,500.00
1	Sist. Operativo NOVELL Netware ver. 4.xx paq. 50 usuarios	\$2,485.00	\$2,485.00

La compañía ACSIELCO S.A. de C.V. cotiza el siguiente equipo al día 30 de Agosto de 1996.

Cantidad	Equipo	P.U.	Subtotal
1	D4861 Netserver LC 5/166 Procesador Intel Pentium a 166 Mhz 16 Mb. de memoria RAM std. exp. 192 256 Kb, Cache externo write bade 5 bahías 6 slots de expansión, 1 PCI, 1 PCI/EISA, 4 EISA. Controladores integrados de doble canal 32 BIT EISA, FAST SCSI-2, IDE Y SUPERVGA 1 Puerto FAST SCSI-2, 1 Serial y 1 Paralelo CD-ROM 4x HP, Tarjeta de Red Integrada 3 años de garantía en sitio	\$35,252.10	\$35,252.10
1	D2297A SIMM de memoria de 16 Mb. para Netserver LC	\$4,650.60	\$4,650.60



11	D2813A Monitor HP 1024 COLOR 14" (1024x768)	\$2,587.50	\$ 28,462.50
1	Exp. de Memoria SC 2x16 .'' Mb.	\$7,513.16	\$7,513.16
10	HP Vectra VE500 D4127A M510	\$9,921.60	\$99,216.00
	Procesador Intel Pentium 100 Mhz.		
	H.D. 850 Mb.		
	8 Mb en RAM		
	Windows 95 Lotus Smart Suite pre inst		
1	RVSO800 Regulador Sola Basic CVH 8000 watts corrige polaridad	\$7,091.00	\$7,091.00
1	NBTLPR10 Nobreak Tripp Lite Mod. Omnipro 1050VA 6 contactos LAN c/regulador.	\$2,650.68	\$2,650.68
1	Sist. Operativo NOVELL Netware ver. 4.1 (RENO 408) paq. 25 usuarios CD-ROM en Español.	\$19,953.00	\$19,953.00
2	RE3C521 Tarjeta de Red 3COM Ethenik III 16 BIT ISA solo RJ/45 paquete c/5.	\$2,981.25	\$5,962.50
1	RE3C103 Link builder FMS 122 HUB 3COM 12 puertos	\$4,944.38	\$4,944.38

De la compañía Reguladores de Voltaje S.A. se obtiene el día 29 de Agosto de 1996 la siguiente cotización.

Cantidad	Equipo	P.U.	Subtotal
1	Capacidad monofásica 10 KVA	\$9,191.00	\$9,191.00
	Voltaje Variable 92-158 V.		
	Voltaje Regulado 125 V.		
	Tolerancia ± 1.5%		
	Amperes por fase prim. 128 A.		
	Amperes por fase sec. 80 A.		
	Vel. de regulación 18 V/seg.		
	Frec. 60 c.p.s.		
	Dist. Armónica 0%		
	Marca W.A.		
	Vida útil Ilimitada		
	Supresor de picos Includo		

De la compañía SECOMEX S.A. de C.V. se obtienen las siguientes cotizaciones al 29 de Agosto de 1996 :

Cantidad	Equipo	P.U.	Subtotal
1	Computadora Compaq Deskpro 2000, Procesador Intel Pentium 166 Mhz.	\$25,206.00	\$25,206.00
	48 Mb. memoria RAM.		
	Disco Duro de 2 Gb.		
	Drive 3 1/2 ''		
	1 Mb. de VRAM		



1	<p>Monitor Mod. LE ES SVGA 14" 1024x768, 0.28 CD-ROM 6x Mark Vision Explorer 13 utilidades en español. Tarjeta de sonido de 16 bits Teclado de 101 teclas en Español Mouse Computadora HP Vectra 515 Procesador Intel Pentium 133 Mhz 48 Mb. memoria RAM Disco Duro de 2 Gb. Drive 3 1/2 " VLBUS, 4 slots de expansión, 2 ptos. seriales 1 paralelo Monitor UVGA 14" CD-ROM 6x Mark Visión Explorer 13 utilidades en español Tarjeta de sonido de 16 bits Teclado de 101 teclas en Español Mouse</p>	\$24,695.12	\$24,695.12
1	<p>Computadora Digital Celebris Procesador Intel Pentium Pro 150 Mhz. 48 Mb. memoria RAM Disco Duro de 2 Gb. SCSI Drive 3 1/2 " Tarj. De Video PCI Matrox MGA Millenium 2 Mb. VRAM 2 ptos. seriales 1 paralelo Monitor SVGA 14" multiscan CD-ROM 4x original Tarjeta de sonido de 16 bits Teclado de 101 teclas en Español Mouse</p>	\$37,096.00	\$37,096.00
1	<p>Computadora COMPAQ Prolinea 5000E Procesador Intel Pentium Pro 100 Mhz. 16 Mb. memoria RAM Disco Duro de 630 Mb. Drive 3 1/2 " 1 Mb. VRAM 2 ptos. seriales 1 paralelo Monitor SVGA 14" Teclado de 101 teclas en Español Mouse</p>	\$12,495.00	\$12,495.00
1	<p>Computadora HP Vectra 510 Procesador Intel Pentium 100 Mhz 16 Mb. memoria RAM Disco Duro de 850 Mb. Drive 3 1/2 " 3 slots de expansión, 2 ptos. seriales 1 paralelo Monitor UVGA 14" 1 Mb. VRAM. CD-ROM 6x Mark Visión Explorer 13 utilidades en español</p>	\$14,161.40	\$14,161.40



	Tarjeta de sonido de 16 bits		
	Teclado de 101 teclas en Español		
	Mouse		
1	Tarjeta de Red 3Com Etherlink III, ISA COMBO R3TA100	\$111.00 usd	\$111.00 usd
1	Tarjeta de Red 3Com Etherlink III, PCI TPO R3TA286	\$110.26 usd	\$110.26 usd
1	Scanner Arcus II cama plana 600x1200 ppi color escala de grises, SCSI II, software PC	\$13,836.08	\$13,836.08
1	Scanner ES-1200 res. 600 ppp 2400 max. Pc puerto SCSI paralelo, bidireccional, barrido 30 bits en color, software Epson Twain, Kai's Power, Tools Adobe Photo Shop incluye cable SCSI	\$11,481.86	\$11,481.86
1	Scanner ScanJet 4c isa, cama plana 600 ppi	\$9,898.00	\$9,898.00
1	Sistema Operativo Novell Netware 4.1	\$2,475.65 usd	\$2,475.65 usd
1	Licencia 25 usuarios, CD-ROM		
1	Regulador 10 KVA Monofásico Marca WA	\$10,200.00	\$10,200.00
1	No break Marca COMPLET SMART PC 1400 Ian interactivo para redes, 1400 VA, puerto DB-9, cable serial, software Complet Softlan	\$2,812.80	\$2,812.80
1	No break Marca OMNI 2000 LAN 1600 W 2000 VA para red 4 contactos 15 mins.	\$6,400.64	\$6,400.64
1	No break Marca COMPLET 1400, 1400 VA cusisenoidal 4 contactos microprocesador. 18 mins.	\$2748.80	\$2748.80
1	No break SMART UPS 1400 VA, 950 W con regulador integrado.	\$621.72 usd	\$621.72 usd
1	Mesa para computadora vertical 65x60x89	\$260.00	\$260.00

De la compañía Informática Timón S.A. de C.V. se obtienen las siguientes cotizaciones al 29 de Agosto de 1996 :

Cantidad	Equipo	P.U.	Subtotal
1	Computadora HP 6/200 Procesador Intel Pentium Pro 200 MHz. 48 Mb. memoria RAM exp. 192 16Kb. De memoria cache de primer nivel, 256Kb. Disco duro de 2.05 Gb. IDE PCI ULTRA Controlador integrado FAST IDE MASTER hasta 4 dispositivos IDE Ranuras : 3 PCI, 1 PCI/ISA y 2 ISA Drive 3 1/2 " CD-ROM 6x 2 Mb. VRAM Acelerador Gráfico de 64-bit 2 ptos. seriales 1 paralelo Monitor Ergo SVGA 15" Teclado de 101 teclas en Español Mouse	\$35,456.40	\$35,456.40
10	Computadora HP 5/100	\$15,044.85	\$150,448.50



	Procesador Intel Pentium 100 MHz. 16 Mb. memoria RAM exp. 128 EDO Memoria cache 158Kb. Exp. 256 Kb. Disco duro de 1.28 Gb. E-IDE Ranuras : 1 PCI y 2 ISA Drive 3 1/4 " 1 Mb. VRAM Tarjeta de video de 64-bit en BUS PCI 2 pto. seriales 1 paralelo Monitor SVGA 14" Teclado de 101 teclas en Español Mouse		
Caja c/11	3COM Etherlink III 3C 509 B TPO Tarjeta de red de 16 Bits ISA Caja con 11 Tarjetas Conectores : Solo RJ-45 R3TA88,89	4,001.31	4,001.31



BIBLIOGRAFIA

1. *Diccionario Enciclopédico Salvat Universal, Tomo 14, Salvat Editores, S.A., 1976.*
2. *Larousse Diccionario Usual, diccionario enciclopédico, Ediciones Larousse. 1985.*
3. *Diccionario de la Lengua Española. Vigésima primera edición. Madrid España 1992.*
4. *"Las computadoras y la Información" Lawrence S. Orilia, Mc Graw Hill, Tercera Edición 1987 México.*
5. *Informática Presente y Futuro, Donald H. Sanders, Mc Graw Hill, Tercera Edición, 1990 México.*
6. *"Computer Networks", Ulyess Black, Prentice Hall 1987 N.J. U.S.A.*
7. *Operating Systems, William Stallings, Mcmillan Publishing Co. 1992.*
8. *Sistemas Operativos Modernos, Andrew S. Tanenbaum, Prentice Hall, 1993 1ª Edición en español.*
9. *El ABC del Novell Netware, Jeff Woodward, 1991, México. Ventura Ediciones, S.A. de C.V.*
10. *Ingeniería industrial metodos, tiempos y movimientos, Benjamin w. Niebel, Tercera edicion México D.F., Edit. Alfaomega.*
11. *Produccion, Conceptos, Analisis y control, Hopeman j. Richard Segunda edicion México D.F., Cia editorial continental, S.A. de C.V., México.*
12. *Computer integrated manufacturing volume 1, R.u. Ayres, 1990 Austria Abapman & Hall*
13. *Revista Solutions del IIE Industrial Engineering, November 1996.*
14. *Revista Solutions del IIE Industrial Engineering, Mayo de 1996.*