

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**APLICACION DE LA SIMULACION EN UNA
EMPRESA MAQUILADORA**

TESIS

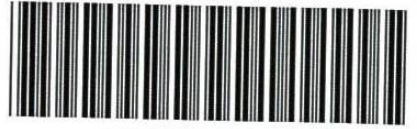
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION
DE OPERACIONES

QUE PRESENTA
LIC. APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.
MARZO DE 1995

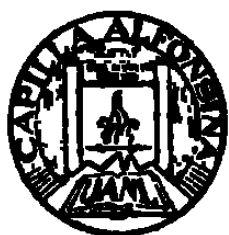
TM
Z5853
.M2
FIME
1995
Z3

APLICACION DE LA SIMULACION EN UNA
EMPRESA MAQUILADORA



1020070699

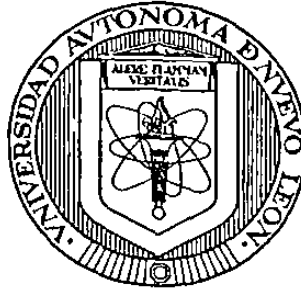
TM
25853
.M2
FIM
1915
23



FONDO TESIS

166806

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



APLICACION DE LA SIMULACION EN UNA EMPRESA
MAQUILADORA

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION DE
OPERACIONES

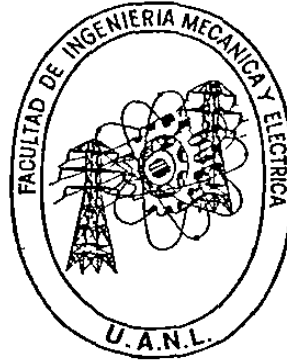
QUE PRESENTA

LIC. APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.

MARZO DE 1995

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



APLICACION DE LA SIMULACION EN UNA EMPRESA
MAQUILADORA

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN INVESTIGACION DE
OPERACIONES

QUE PRESENTA

LIC. APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.

MARZO DE 1995

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del Comité de tesis recomendamos que la presente tesis realizada por el Lic. Apolinar Zapata Reboloso sea aceptada como opción para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Investigación de Operaciones.

El Comité de Tesis

Ing. Victoriano Matorre González M. en C.

Asesor

Ing. Vicente García Díaz M.en C.

Coasesor

Ing. Roberto A. Mireles Palomares M. en C.

Coasesor

División de Estudios de Postgrado

Vo.Bo.

San Nicolás de los Garza N.L. a Marzo de 1995

Agradecimiento:

A el Ing. Victoriano Alatorre González M. en C. por haber sido mi asesor.

A el Ing. Vicente García Díaz M. en C. y al Ing. Roberto A. Mireles Palomares M. en C., por las atenciones que le dedicaron en la revisión de este trabajo.

A el Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) por haberme concedido la Beca, ya que gracias a ella pude concluir estos estudios.

A el Ing. Oscar Javier Alonso Banda y al Ing. Emigdio Guajardo Olguin, Director y Subdirector Académico, respectivamente, del Instituto Tecnológico de Matamoros, por darme todas las facilidades requeridas para la realización de esta tesis.

A la empresa Maquiladora (Anónima) por haberme permitido participar en uno de sus proyectos, dandome todas las facilidades para la realización de esta tesis.

Dedicatoria:

A mis padres:

Vicente Zapata y Amalia Reboloso

A mis hermanos:

Ismael

Gregorio

Ambrosia

Hugo

A mis suegros:

Tiburcio Martínez y Basilisa García

Con cariño, admiración y respeto.

A mi esposa:

Hilaria Martinez García

Por todo el amor y apoyo que siempre me ha brindado.

Con todo mi amor.

A mis hijos:

Nancy

Roberto Carlos

Zulema Selene

y otro que esta en gestación

Por ser la razón de mi vida.

PROLOGO

Historicamente, la simulación ha sido usada como una herramienta para planeación de nuevos proyectos en manufactura y para modificar el área de producción. Recientemente, algunas organizaciones han aplicado esta tecnología con el propósito de optimizar las operaciones (el estudio que presenta esta tesis cae en esa clasificación). Sin embargo, el campo de aplicación de la simulación esta creciendo, extendiéndose más allá de esos usos comunes para convertirse en una parte integral de las operaciones diarias de las fábricas.

A medida que la simulación crece, los modelos requieren más detalles lógicos de cómo se trabaja en la empresa tales como velocidades, tiempos, fallas, piezas defectuosas producidas, etc., de todos los equipos en el proceso.

El beneficio que se logra al hacer un modelo más detallado, es que tanto gerentes como operadores son capaces de probar y ejercitar en el modelo alternativas de decisión, permitiendo ensayar diariamente "qué tal si cambiamos esto", hacer el ajuste en el modelo e inmediatamente ver el efecto.

Hoy, el ingeniero elabora diseños y luego los traslada a modelos de simulación, experimenta con alternativas y presenta resultados a sus compañeros. Ahora, con el uso de la simulación, tiene una mayor visibilidad de la organización.

INDICE

I	SINTESIS	1
II	INTRODUCCION	
	Objetivo	4
	Justificación	4
	Hipótesis	4
	Metodología	5
	Revisión Bibliográfica	5
III	FORMULACION DEL PROBLEMA	
	Antecedentes	7
	Recepción de materiales	9
	Inspección de materiales	11
	Definición del problema	13
	Definición de objetivos	13
	Estrategias	14
IV	CONCEPTUALIZACION DEL MODELO	
	Cconceptos generales	15
	Flujo de la información	16
	Elementos del modelo	18

V	ANALISIS DE DATOS	
	Llegada de los trailers	20
	Hipótesis	21
	Pruebas estadísticas	22
	Cantidad de trailers	22
	Hora de llegada	23
	Hipótesis	25
	Prueba de bondad de ajuste	25
	Conclusión	27
	Tiempo para descargar	27
	Hipótesis	28
	Prueba de bondad de ajuste	28
	Conclusión	31
	Tiempos pa inspeccionar y almacenar	31
	Conclusión	34
VI	CONSTRUCCION DEL MODELO	
	Lenguaje SLAM	36
	Consideraciones de la programación	37
	Red del modelo	38
	Codificación del modelo	46
VII	VALIDACION	
	Resultados intermedios	52
	Reporte resumido	61
VIII	EJECUCION DE LA SIMULACION	
	Diseño de experimentos	65
	Reporte del primer experimento	69
	Reporte del segundo experimento	71

Reporte del tercer experimento	73
Reporte del cuarto experimento	75
Selección de los factores óptimos	77
Deducción	77
Corridas del modelo de simulación	79
Intervalos de confianza	83
Conclusión del estudio	86
IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Cconclusión	89
Recomendaciones	89
APENDICE A	
Productos que maquila la empresa	91
Lista de materiales del producto dance and mobile twin	92
Producción requerida del producto dance and mobile twin	93
APENDICE B	
Proveedores de la empresa	94
APENDICE C	
Información recopilada	96
APENDICE D: SLAM II	
Introducción	100
Actividades	102
Rutas probabilísticas	105
Rutas condicionales	107
Entidades circulando	108
Tipos de nodos	109
Nodos básicos	110
Nodo CREATE	110

Nodo QUEUE	111
Nodo TERMINATE	112
Nodo ASSIGN	113
Nodo GOON	114
Nodo COLECT	114
Recursos	115
Block RESOURCE	116
Nodo AWAIT	116
Nodo FREE	117
Nodo ALTER	118
Nodo PREEMPT	119
GATES	120
Block GATE	121
Nodo CLOSE	122
Nodos lógicos y de decisión	123
Nodo ACCUMULATE	123
Nodo BATCH	125
Nodo UNBATCH	128
Nodo MATCH	130
Nodos de interface	136
Nodo EVENT	136
Nodo ENTER	137
El procesador de SLAM	138
Entradas a la red	140
Construcción de una red gráfica	140
Instrucciones de control	143
Instrucción GEN	145

Instrucción LIMITS	147
Instrucción PRIORITY	148
Instrucción STAT	148
Instrucción TIMST	150
Instrucción EQUIVALENCE	150
Instrucción ARRAY	150
Instrucción INTLC	151
Instrucción INITIALICE	151
Instrucción SEEDS	152
Instrucción MONTR	152
Instrucción SEVNT	153
Instrucción RECORD	154
Instrucción VAR	155
Instrucción SIMULATE	155
Tipos de salida	156
BIBLIOGRAFIA	157
LISTA DE TABLAS	158
LISTA DE FIGURAS Y GRAFICAS	159

CAPITULO I

SINTESIS

Esta tesis presenta el estudio de simulación realizado en el Departamento de Materiales de una Empresa maquiladora ubicada en la ciudad de Matamoros, Tamps.

La tesis muestra cómo, utilizando el lenguaje de simulación SLAM, se consiguieron ahorros de ¡N\$441,253.44 anuales!.

En el Capítulo II se presenta la introducción, en ella se comenta la importancia que ha adquirido la simulación en el proceso de la toma de decisiones.

En el Capítulo III se presentan los antecedentes, y se describen las actividades que se realizan en el Departamento de Materiales, el cual fue objeto de este estudio. También se define el problema, los objetivos y las estrategias del mismo.

En el Capítulo IV se presentan algunos conceptos generales del modelado de sistemas.

En el Capítulo V se elabora un análisis de los datos utilizados en el modelado mediante pruebas de bondad de ajuste y análisis de regresión.

En el Capítulo VI se muestra la red en SLAM del modelo a simular, así como su respectiva codificación.

En el Capítulo VII se valida el modelo y se determina el tamaño y el número de corridas necesarias a ejecutarse, así como el estado estable .

En el Capítulo VIII se realizan los experimentos seleccionando en cada uno de ellos los factores óptimos, de acuerdo a la respuesta que se obtiene al cambiar sus valores. Se resumen los resultados, se calculan los intervalos de confianza y además, se plantean las conclusiones.

En los Apendices A, B y C se muestra parcialmente la información que le dió soporte al estudio, como son: la lista de los productos que maquila la empresa, la lista de materiales que se utilizan en el ensamble, la programación de producción, el directorio de proveedores y los datos necesarios para construir el modelo.

En el Apendice E se presentan los detalles descriptivos del lenguaje SLAM que ayudarán al lector a la comprensión y aplicación del mismo.

CAPITULO II

INTRODUCCIÓN

Las actividades administrativas actuales que se realizan en cualquier empresa de manufactura o de servicios se vuelven cada vez más difíciles porque los sistemas organizados por el hombre de nuestra sociedad son más complejos. Esta complejidad resulta de las interrelaciones entre los diversos elementos del sistema y los sistemas físicos con los cuales interactúan. Sabemos que cambiar un aspecto del sistema puede muy bien producir cambios o crear la necesidad de cambios en otras partes del mismo; es por eso que la simulación ha evolucionado enormemente en los últimos dos años para ayudar a los administradores a estudiar y entender las ramificaciones de dichos cambios.

Con mucha frecuencia se toman decisiones intuitivas con las que se pretende mejorar un sistema, pero en la mayoría de las veces no se obtienen resultados favorables. En esta Investigación se analiza el Departamento de Materiales de un Empresa Maquiladora, en la cual se habían hecho varios intentos por mejorarlo.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es mostrar las ventajas que tiene la aplicación de la simulación en problemas del mundo real, a todos aquellos profesionistas y estudiantes de licenciatura o post-grado en áreas afines a la administración científica.

JUSTIFICACION

En el proceso de enseñanza-aprendizaje se resuelven ejercicios sugeridos en un libro de texto, en cuyo planteamiento se encuentra bien definido el objetivo del problema, y provee además todos los datos necesarios para su solución. Sin embargo existe una gran diferencia entre resolver problemas "del libro" y resolver problemas de la vida real. En estos últimos nada está definido... se parte de cero y sólo se cuenta con la creatividad, habilidad y firmeza del practicante. Es por lo anterior, que existe la necesidad de fomentar las aplicaciones reales que permitan al estudiante tener acceso a las experiencias adquiridas por aquellos que han tenido la oportunidad de hacerlo, brindándoles el camino recorrido libre de obstáculos para evitarles algunos tropiezos.

HIPOTESIS

Es posible aplicar la técnica de simulación a problemas reales de una empresa maquiladora, y obtener resultados que ayuden a optimizar recursos, generando con ello ahorros considerables.

METODOLOGIA

Se determinarán los límites, restricciones y medidas de efectividad usadas para definir el problema. Luego se realizará una abstracción del sistema real en diagramas de flujo lógico, identificándose los datos que requerirá el modelo y se reducirán a una forma adecuada. Se describirá el modelo en una red creada con el lenguaje de simulación SLAM y se incrementará a un nivel aceptable de confianza la inferencia obtenida del modelo con respecto al sistema real. Posteriormente se diseñarán los experimentos que producirá la información deseada, también se determinará el cómo se realizará cada una de las corridas de prueba especificadas en el diseño experimental. Se ejecutarán corridas de simulación para generar los datos deseados y se efectuará el análisis de sensibilidad, para obtener las inferencias con base en la información generada por la simulación.

REVISION BIBLIOGRAFICA

En el libro de Robert E. Shannon titulado "Simulación de Sistemas Diseño, Desarrollo e Implementación" se presenta el estudio de los siguientes casos:

- Simulación de un servicio de respuestas para consultas a un centro de información.

Proporciona una visión global de los tipos de asuntos que el modelador debe enfrentar y resolver.

- Modelo de defensa aérea.

Muestra cómo pueden usarse la lógica y el conocimiento de las simples relaciones físicas y de tiempo para desarrollar la estructura principal de las situaciones para propósitos de modelación.

- Simulación digital de un sistema real de recursos hidroeléctricos.

Demuestra un sistema que solamente puede representarse como un modelo de flujo continuo.

- Simulación de sistemas para la planeación de recolección de desperdicio sólido.

Muestra la interacción de un sistema de información administrativa con un esfuerzo de simulación y que la mayoría de los estudios consisten en una serie de experimentos independientes, aunque relacionados.

- Resolución de la interferencia y mantenimiento de máquinas mediante simulación.

Presenta una situación de formación de líneas de espera.

- La grúa colgante.

Ilustra la manera en que un grupo fue adquiriendo confianza en los resultados de su modelo de simulación.

CAPITULO III

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

ANTECEDENTES.

La Dirección de cierta Empresa Maquiladora (por razones obvias se omite su razón social) decidió llevar a cabo un análisis en cada uno de los Departamentos a fin de reducir los costos. Al Departamento de Materiales le hicieron las siguientes observaciones:

1. Se ha observado que los equipos utilizados en la descarga de los materiales no se aprovechan eficientemente, es decir, algunos días se utilizan muy poco, mientras que en otras ocasiones dan la apariencia de ser insuficientes.
2. Los inspectores de material, así como el área de inspección aparentan estar en exceso.
3. El almacén también tiene mucho espacio que no se esta utilizando.
4. Se indicó que todo el equipo y espacio que no es aprovechado eficientemente le es muy costoso a la Empresa y en consecuencia le quita valor al producto. Por lo tanto, se debe analizar la posibilidad de asignar a otro departamento parte de ese

equipo utilizado para la descarga de materiales, ya sea humano ó de accesorios, y de los espacios para inspección y almacén.

El gerente del Departamento de Materiales pidió permiso para narrar lo que había ocurrido en su Departamento. Recordó que anteriormente se contaba con 3 rampas para descargar los materiales, lo cual era insuficiente puesto que se formaban filas que en ocasiones contenían hasta 10 unidades de transporte, y consecuentemente no se descargaba el material puntualmente. En aquellos días se pensó que la solución a la demora de descarga, era construir 5 rampas más. Con el paso del tiempo pudo observarse que el problema no se había resuelto, ya que, aunque las unidades estaban en las rampas, no se disponía de un equipo para descargarlas, entonces se optó por incrementar el número de equipos de descarga. Sin embargo, el problema aún seguía sin resolverse, porque luego sucedió que no se contaba con el suficiente espacio en el área de inspección en la cual debía colocarse el material descargado. Se aumentó esa área, y el número de inspectores de materiales fue incrementado también. Posteriormente se notó que la capacidad del almacén también era insuficiente. Por lo tanto se amplió éste.

Todas las decisiones anteriores fueron tomadas sin el soporte de un estudio. Por lo que no debe sorprendernos el que haya más recursos de los necesarios en algunas áreas. De lo anterior podemos formular dos preguntas clave; ¿Realmente se tienen recursos en exceso?, y de ser así, ¿Cuánto debe eliminarse de esos recursos?.

RECEPCION DE MATERIALES.

Se le solicitó al Gerente de Materiales que describiera el flujo actual de los materiales. El cual puntualizó lo siguiente.

- Es sabido por todos que se dispone de un programa de requerimientos de materiales, el cual está elaborado de modo que las unidades que los transportan lleguen a la Empresa durante la semana anterior a ser utilizados, sin embargo ocurre que en muchas ocasiones los materiales no llegan a tiempo.

- Los materiales transportados varían en cantidad, empaque y ubicación. Es decir, los materiales pueden ocupar la unidad de transporte completamente o solo parcialmente. Dichos materiales pueden estar acomodados en cajas o botes y unidos sobre tarimas; pero también pueden no estar sobre tarimas y ni siquiera tener un orden de acomodo... es decir, los materiales de un mismo tipo se encuentran esparcidos por doquier, pueden estar al frente, a la mitad o al final de la caja del trailer, e inclusive pueden estar mezclados con otros en una misma tarima. Además de los materiales para producción, llegan otros para servicios, como son los de limpieza, de oficina, de mantenimiento, etc., estos materiales también varían tanto de cantidad como de forma.

- La unidad que transporta los materiales se coloca a su llegada en cualquiera de las rampas que se encuentre desocupada o en una fila en espera de que se desocupe una de ellas, pasando a la rampa cuando le toque su turno. A su llegada, inmediatamente el operador de la unidad se dirige a la oficina del almacén para reportarse. Se llena una ficha en la cual se registra el nombre de la empresa de procedencia, las placas y/o nombre de la caja del trailer, el nombre del operador, el día y hora de su llegada. Se sella y firma de recibido la orden de remisión de material y se le entrega su copia al operador. La unidad de transporte (caja de trailer) es alquilada, por lo cual nos cuesta por cada día extra que permanece en las instalaciones de la Empresa.

- Se cuenta con cuatro equipos de descarga en cada uno de los dos turnos. Cada equipo de descarga esta formado por 2 operadores manuales, 2 montacarguistas y 1 supervisor de materiales. Los operadores manuales se dedican a colocar los materiales sobre tarimas, acomodar cajas o botes que se esten cayendo o se hayan caido de las tarimas, y a cualquier operación manual que deba realizarse a fin de que los materiales sean descargados por los montacargas. Los montacarguistas se encargan de operar el montacargas, descargando los materiales y llevandolos al área de inspección y posteriormente al almacén. El supervisor se encarga de contabilizar el material y es el responsable de verificar que las cantidades transportadas coincidan con las cantidades indicadas en las ordenes de remisión de material. También anota el día y la hora en que empieza y termina de descargarse la unidad.

- Al terminarse de descargar los materiales, el supervisor elabora un reporte de faltantes o de sobrantes (porque ha habido ocasiones en que el proveedor indica la remisión de 55 cajas cuando en realidad se han enviado 56, por ejemplo).

- Los materiales descargados son colocados en el área de inspección. Estos son inspeccionados por un inspector de materiales dependiente del Departamento de Control de Calidad el cual verifica, de acuerdo a un muestreo, que los materiales recibidos cumplan con las especificaciones que deben reunir dichos materiales. Cuando se termina la inspección se elabora un reporte sobre el estado de calidad de dichos materiales aceptándose o rechazándose. Se le notifica al jefe del almacén cuales materiales fueron aceptados para que dé instrucciones a sus montacarguistas y se traslade hacia el área de almacén dicho material. En esta área se tienen asignados 4 montacarguistas. Es importante que el jefe de almacén le entregue al montacarguista el documento que indique la ubicación donde debe ser colocado cada uno de los materiales dentro del almacén de acuerdo al sistema de inventarios que se utiliza. En caso de que el material sea rechazado, el supervisor de materiales debe también notificarlo al jefe de almacén para que sea colocado en el área de rechazos de material. En algunas ocasiones el material rechazado

urge en producción, estudiándose entonces la posibilidad de que sea retrabajado, corriendo los gastos por cuenta del proveedor al cual se le avisa previamente.

INSPECCION DE MATERIALES.

Se le pidió al Gerente de Control de Calidad que describiera con más detalle la labor que se realiza en el área de inspección. El cual mencionó lo siguiente:

En esta área es donde se inspeccionan todas las materias primas que llegan de subcontratistas y proveedores. El trabajo de control de calidad en esta área consiste en verificar que todos los materiales cumplan con las especificaciones de diseño. El trabajo se desarrolla de la siguiente manera:

- Se tienen asignados cuatro inspectores en cada uno de los dos turnos para cubrir esta área, ellos se encargan de tomar muestras de los materiales recibidos y los llevan al laboratorio de control de calidad para ser inspeccionados de acuerdo a las especificaciones.

- Todos los muestreos se hacen de acuerdo a las tablas del military standard 105-E , las cuales definen cuales son los criterios de aprobación o de rechazo en caso de detectar piezas defectuosas.

- A todos los materiales que son colocados en el área de inspección se le genera una tarjeta de entrada por medio de la red WICS. Si control de calidad determina que alguno de los materiales recibidos no cumple con las especificaciones de diseño, inmediatamente se le avisa al sistema y se marca ese lote con una 'H' (hold) lo cual significa que ese material esta retenido por control de calidad. Cuando un lote se encuentra en HOLD ningún departamento puede disponer del material sin previa autorización de control de calidad.

- Una vez que se asegura que el material se encuentra en el almacén identificado como retenido, se elabora un documento conocido como la forma 440 (defective material notice) que sirve para informar a todos los departamentos involucrados de que ese lote no puede ser usado en el proceso productivo. La forma 440 contiene toda la información necesaria para que todos puedan saber con facilidad cual es el problema que se tiene... incluye número de parte, nombre de la parte, cantidad recibida, nombre del proveedor, descripción de los defectos, porcentaje defectuoso, disposición que se dará al material, etc. Esta forma se captura en la red WICS y se imprime sobre papel. Al día siguiente se reúne un representante de cada departamento para analizar cuál es la disposición que se le dará al material que fue retenido. Una vez que se llega a un acuerdo sobre la disposición, inmediatamente se le comunica al proveedor enviándole una copia de la forma 440 y muestras defectuosas para darle seguimiento al material. Si la disposición es que se le regrese el material al proveedor, el departamento de compras genera un documento que acredita poner en movimiento el material a la planta del proveedor, si no es así, el departamento de almacén no puede dar de baja este material de su inventario y el material permanecerá en la planta bajo la responsabilidad de control de calidad.

- Todos los materiales sometidos a NON-SPEC generan un inventario estático para la planta lo cual afecta la productividad de la misma, es responsabilidad del supervisor de calidad mantener al mínimo posible todo este sistema.

DEFINICION DEL PROBLEMA.

Después de haber escuchado los comentarios anteriores, se planteó el siguiente problema:

"La dirección de la empresa a hecho fuertes inversiones en construcción, equipamiento y contratación de personal para el Departamento de Materiales con el fin de resolver las dificultades presentadas. Sin embargo ahora se teme que sean excesivos esos recursos. Por lo tanto, es necesario realizar un estudio que presente la solución al número óptimo de los mismos, esperando con ello un ahorro considerable".

DEFINICION DE OBJETIVOS.

Por lo expuesto anteriormente, la administración de la empresa desea generar información que le permita tomar decisiones que la lleve al logro de los siguientes objetivos:

1. Determinar la cantidad óptima de rampas necesarias en las cuales las unidades de transporte de materiales van a colocarse para su posterior descarga (se tienen 8).
2. Determinar el espacio requerido que es utilizado para colocar el material que será inspeccionado (se tiene un área en la que se pueden colocar 8 lotes).
3. Determinar la cantidad de personal y equipo necesarios para la descarga e inspección de materiales (se tienen 4 de cada uno por turno).

ESTRATEGIAS

Para el logro de los objetivos planteados anteriormente, se formularón las siguientes estrategias.

- Formar un equipo integrado por dos representantes de los siguientes departamentos: Materiales, Calidad, Compras y Producción. Dichos representantes deberán conocer a fondo las actividades que se realizan en su Departamento, así como amplios conocimientos de las técnicas cuantitativas utilizadas en Administración Científica con el fin de Optimizar recursos.

- Buscar asesoría externa que ayude al logro de los objetivos. ¹

- Presentar un plan cuyo periodo de terminación no sea mayor de 4 meses y en el cual se indiquen las actividades a realizar, fecha de inicio, de terminación, observaciones, etc.

- Mantener informada a la Administración del avance del Estudio. Dicho informe deberá contemplar tanto logros, dificultades, avance, necesidades, etc.

¹ Siendo catedrático del Instituto Tecnológico de Matamoros me entere del estudio por medio de un estudiante que estaba trabajando en esa Empresa. Me ofrecí y fui aceptado como asesor.

CAPITULO IV

CONCEPTUALIZACION DEL MODELO

CONCEPTOS GENERALES.

El modelo es el cuerpo de información relativa a un sistema recabada con fines de estudiarlo.

La tarea de obtener un modelo se divide en dos subtarear:

- (a) la determinación de la estructura del modelo, y
- (b) proporcionar los datos.

La determinación de la estructura, fija la frontera del sistema e identifica las entidades, atributos y actividades del sistema.

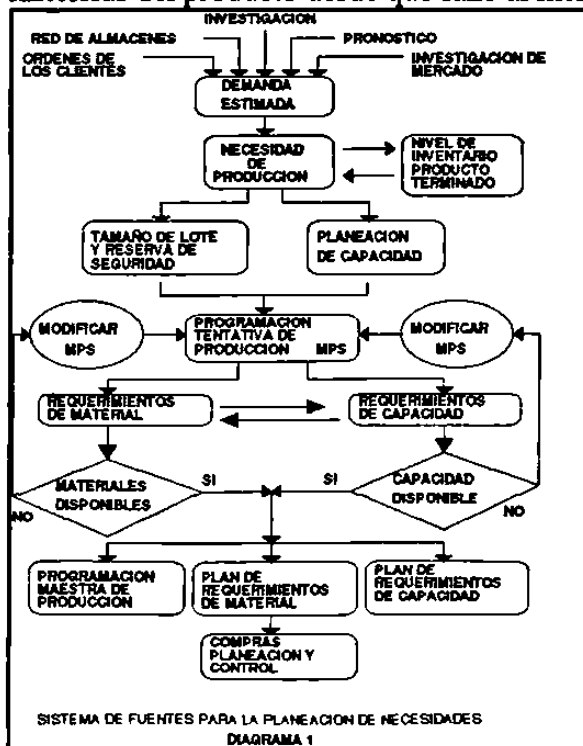
Los datos suministran valores de los atributos que pueden tener y definen las relaciones involucradas en las actividades. Es común que los datos recolectados revelen una relación no sospechada que cambie la estructura del modelo.

FLUJO DE LA INFORMACION.

Se describió y explicó esquemáticamente el flujo de la información para entender mejor el sistema y de este modo representarlo mediante un modelo.

En el diagrama 1, que se presenta a continuación, denominado "Sistema De Fuentes Para La Planeación De Necesidades" se observa que para obtener el Plan de Requerimientos de Material para cada uno de los productos, deben seguirse los pasos que a continuación se detallan:

1. Estimar la Demanda. La demanda se estima considerando las ordenes que elaboran los clientes, el nivel de ventas que se ha tenido en los almacenes, la investigación y el desarrollo que se le ha aplicado al producto para mejorarlo, la investigación del mercado y, finalmente, el pronóstico de la demanda en el cual se consideran las ventas históricas del producto desde que salió al mercado.



2. Considerando el inventario de producto terminado disponible, determinar la necesidad de producto terminado.

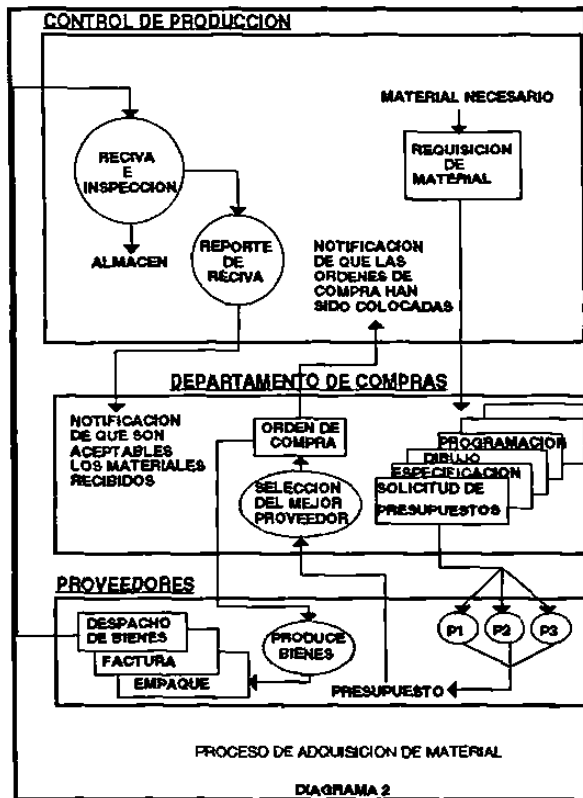
3. Se elabora una programación tentativa de producción, para ello se debe elaborar una planeación de la capacidad necesaria y considerar las políticas de tamaño de lote y reserva de seguridad.

4. Determinar la programación maestra de producción, esto se logra cuando se revisa tanto la capacidad como los materiales disponibles y ajustando la

programación tentativa de producción.

En el diagrama 2 denominado "El Proceso de Adquisición de Material" se presentan los pasos que deben seguirse cuando se requiere material. A continuación se describen.

1. El departamento de producción, elabora requisiciones de material. Estas requisiciones se basan en el plan de requerimientos de material.



2. El departamento de compras, solicita presupuestos a proveedores. Aunque la empresa ya tiene algunos proveedores confiables, no pierde la oportunidad de seguir buscando mejor precio y calidad, por lo que sigue aceptando presupuestos de otros. Se le indica al proveedor la programación, descripción, dibujo y especificaciones, para que determine si tiene la capacidad y el equipo para producirlo.

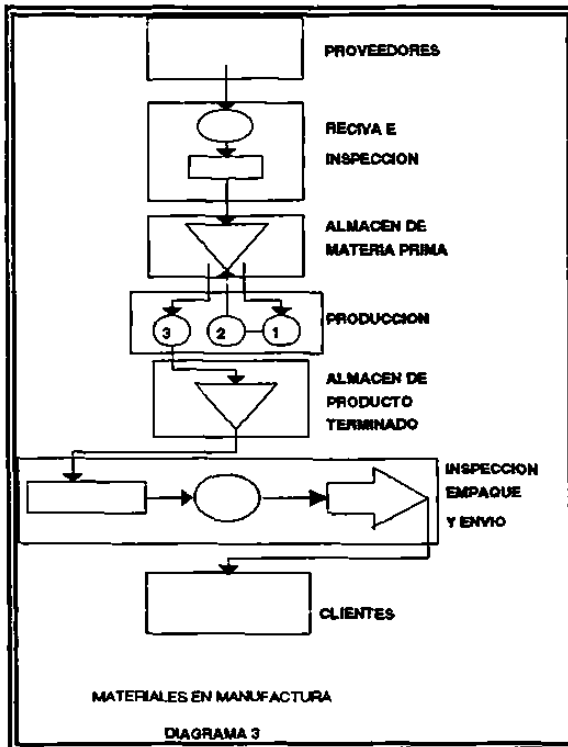
3. El departamento de compras selecciona al mejor proveedor y elabora una orden de compra. Así mismo notifica al

departamento de producción.

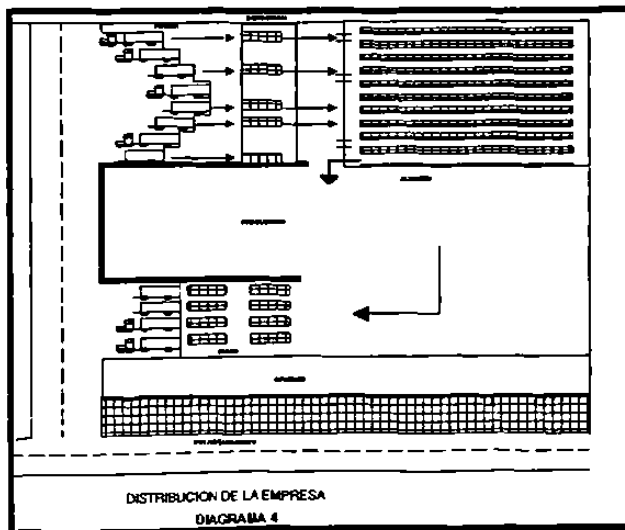
4. El proveedor produce el material y lo envía según la programación.

5. Se recibe el material, se inspecciona, se almacena y se notifica al departamento de compras de que los materiales recibidos han sido aceptados.

En el diagrama 3, "Materiales En Manufactura" , se presenta el flujo de los materiales en el interior de la empresa. Se recibe e inspecciona el material enviado por



los proveedores, se almacena y luego se manda a producción. Algunos materiales son parte de subensambles, este producto se regresa al almacén y se le utiliza en producción cuando se requiera para integrar el producto terminado. El producto terminado se almacena, y antes de enviarse a los clientes se inspecciona y empaqueta.



El diagrama 4 muestra la distribución que existe en la empresa.

ELEMENTOS DEL MODELO.

Con lo visto anteriormente se pudo determinar los elementos que debían conformar el modelo. Dichos elementos se describen enseguida.

ENTIDAD	ATRIBUTO	ACTIVIDAD
TRAILER	LLEGADAS POR DIA HORA DE LLEGADA TIEMPO EN EL SISTEMA	LLEGAR ABANDONAR FORMAR COLA
RAMPA	DISPONIBILIDAD CANTIDAD	
EQUIPO DE DESCARGA	DISPONIBILIDAD TIEMPO EN DESCARGAR CANTIDAD	DESCARGAR ACOMODAR
INSPECTOR	TIEMPO DE INSPECCION DISPONIBILIDAD CANTIDAD	INSPECCIONAR
AREA DE INSPECCION	DISPONIBILIDAD CANTIDAD	
MONTACARGA DEL ALMACEN	DISPONIBILIDAD CANTIDAD TIEMPO EN ALMACENAR	ALMACENAR

CAPITULO V

ANALISIS DE DATOS

LLEGADA DE LOS TRAILERS.

La llegada de los trailers son la respuesta a una programación de necesidades de materiales para el proceso de producción.

Como puede observarse en el APENDICE A, se debían elaborar planes de requerimientos de capacidad y requerimientos de materiales, así como un programa de producción para que el 5 de abril de 1994 se tuvieran maquiladas las 16,000 unidades del producto DANC AN MBLE TWN.

Teniendo el programa de producción, el siguiente paso es elaborar una orden de compra dirigida a los proveedores del material (en el APENDICE B se presenta una parte del listado alfabético de los 307 proveedores con que cuenta la empresa.), indicando la cantidad y la fecha de requerimiento para que éste a su vez programe su producción y pueda entregar el material solicitado a tiempo.

Como ya se habrá apreciado, son muchas las cantidades de material requeridos semanalmente, el cual se produce en alguna(s) de las 307 Compañías situadas en Estados Unidos, México, Korea, Hong Kong, y Cánada que provee a la Empresa de materiales.

Si analizáramos el flujo de la información desde que se detecta la demanda de uno de los productos elaborados en la Empresa, la determinación de la cantidad a producir, los materiales necesarios, la capacidad necesaria para producirlos, la solicitud de los materiales a los proveedores y el momento de la llegada de cada uno de ellos, observaríamos que tendríamos que darle seguimiento a por lo menos 1182 rutas de información, si consideramos únicamente el número total de materiales porque de otro modo, deberíamos también considerar su combinación con los 27 productos y los 307 proveedores. Eso representa un esfuerzo muy grande, y una complicación para el modelador. Se sugiere en este punto efectuar una simplificación.

Puesto que son demasiadas las formas en que llegan los materiales y ya que, aunque se tenía una fecha estimada de arribo que generalmente no se cumplía; se supuso que la llegada de los trailers a la Empresa es una variable aleatoria.

HIPOTESIS

Con el propósito de hacer simplificaciones, se asumió que el número de trailers que llegaban a la empresa transportando materiales es una variable aleatoria, y que dicho arribo solo era influenciado por cambios porcentuales en la demanda total de los productos a ser maquilados. Esto significa que... cuando la demanda total aumente un 10%, la respuesta de inventario y de producción también se incrementará un 10%; y entonces, se tendrá un

aumento en la frecuencia de llegada de unidades de transporte con materiales a desembarcar estimada en un 10% .

PRUEBAS ESTADISTICAS.

En el apendice C, puede observarse el registro que se llevó en la obtención de la información necesaria para determinar el número de trailers, la hora en que llegaban a la empresa diariamente y el tiempo de descarga. Se observó que son aleatorios y su comportamiento siguen las distribuciones de frecuencia que se presentan a continuación.

CANTIDAD DE TRAILERS.

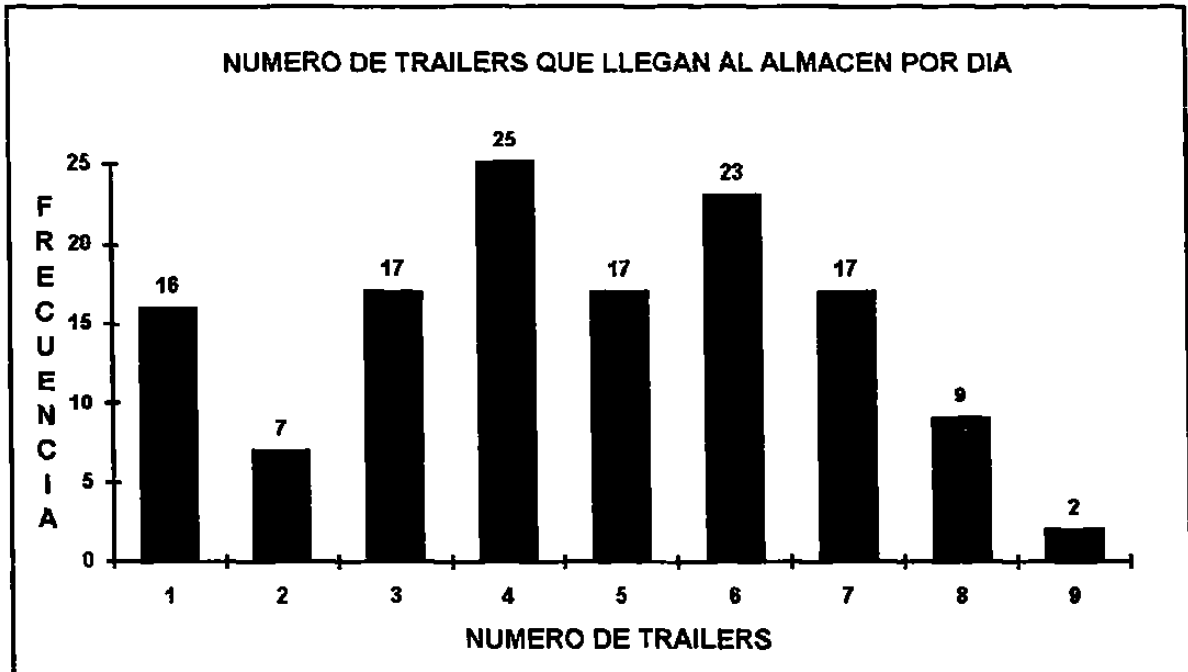
Enseguida se presenta la tabla de distribución de frecuencias que muestra el número de trailers que llegaban a la Empresa diariamente.

CLASE (TRAILERS)	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELA. ACUM.
01	16	.12030	0.120
02	07	.05263	0.173
03	17	.12782	0.301
04	25	.18797	0.489
05	17	.12782	0.617
06	23	.17293	0.789
07	17	.12782	0.917
08	09	.06767	0.985
09	02	.01504	1.000

MEDIA = 4.7218

MEDIANA = 5

DESVIACION ESTANDAR = 2.4288

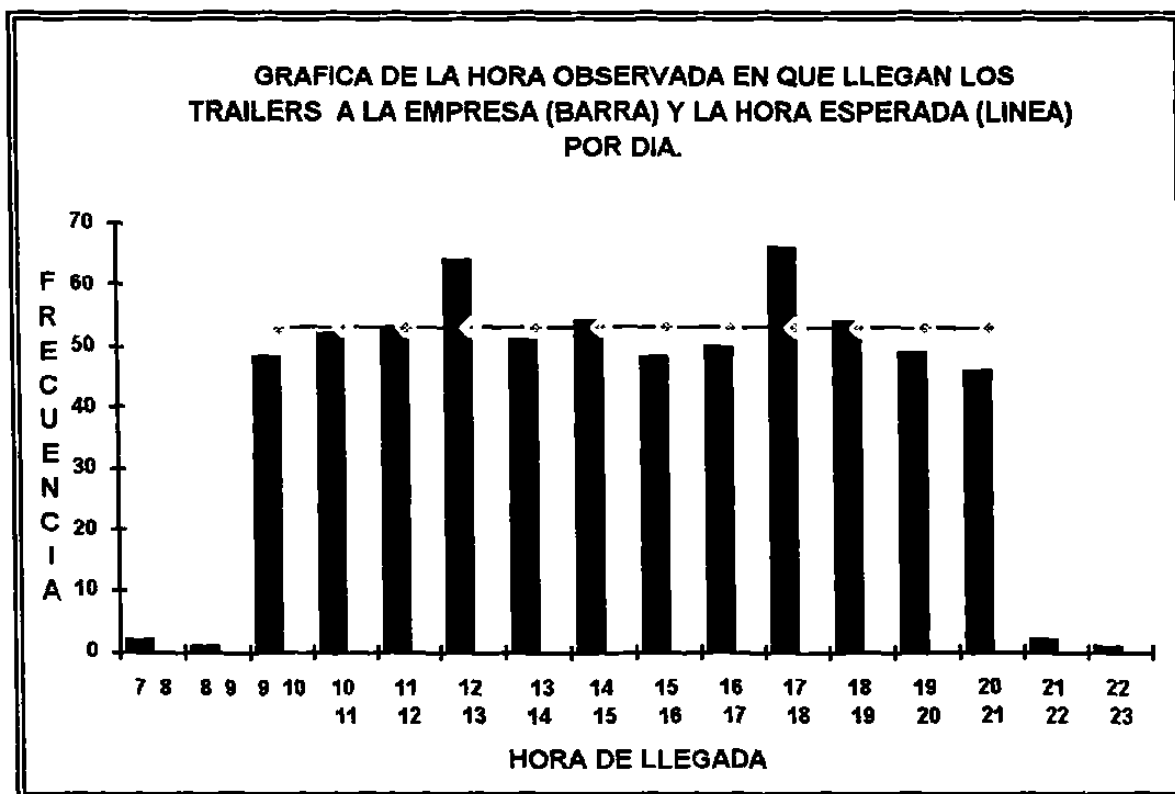


Se tomó el número de trailers que llegaban a la empresa diariamente como la variable aleatoria cuya distribución de probabilidad empírica es la que se encontró en el muestreo.

HORA DE LLEGADA.

Ordenando los datos que indicaban la hora en que llegó cada uno de los trailers a la Empresa mediante una tabla de distribución de frecuencias se obtuvo la siguiente información.

HORARIO DE TRABAJO	FRECUENCIA OBSERVADA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ESPERADA
07 - 08	2	--	--
08 - 09	1	--	--
09 - 10	48	.0755	53
10 - 11	52	.0818	53
11 - 12	53	.0834	53
12 - 13	64	.1007	53
13 - 14	51	.0795	53
14 - 15	54	.0842	53
15 - 16	48	.0755	53
16 - 17	50	.0780	53
17 - 18	66	.1039	53
18 - 19	54	.0842	53
19 - 20	49	.0771	53
20 - 21	46	.0724	53
21 - 22	2	--	--
22 - 23	1	--	--
	total 641		



HIPOTESIS.

Los datos de esta muestra provienen de una distribución uniforme cuyos límites son 9 y 21.

No fué motivo de alarma que en el intervalo 07-09 se tuviera una frecuencia total de 3, y que se tenga lo mismo en el intervalo 21-23, ya que esto se debe precisamente a la aleatoriedad de los datos muestreados.

Sin embargo, hubiera sido un error si la suposición se hubiese aceptado sin aplicar alguna prueba que aumentara la confiabilidad de que ésta sea cierta, y que el riesgo a equivocarse sea muy pequeño.

Para aceptar la hipótesis planteada anteriormente, era necesario aplicar la PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE a esos datos, utilizando el estadístico chi-cuadrado.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.

Se debía probar la hipótesis nula que a continuación se enuncia.

H₀: La hora de llegada de los trailers a la empresa es una variable aleatoria que sigue una distribución uniforme cuyos límites inferior y superior son 9 y 21 respectivamente.

Para probarla, se calculó el estadístico chi-cuadrado, cuyo desarrollo se muestra a continuación.

$$\chi^2_{calculada} = \frac{(48-53)^2}{53} + \frac{(52-53)^2}{53} + \frac{(53-53)^2}{53} + \frac{(64-53)^2}{53} + \frac{(51-53)^2}{53} + \frac{(54-53)^2}{53} + \frac{(48-53)^2}{53} + \frac{(50-53)^2}{53} + \frac{(66-53)^2}{53} + \frac{(54-53)^2}{53} + \frac{(49-53)^2}{53} + \frac{(46-53)^2}{53} =$$

$$0.4716 + 0.0188 + 0 + 2.7169 + 0.0754 + 0.0188 + 0.4716 + 0.0188 + 0.1698 + 3.1886 + 0.0188 + 0.3018 + 0.9245 = 8.3766$$

$$\Rightarrow \chi^2_{calculada} = 8.3766$$

Para determinar el estadístico chi-cuadrada de tablas, se requirieron los grados de libertad gl y el nivel de significancia α . Puesto que se consideraron 12 clases de la tabla de distribución de frecuencias, se tuvo que

$$gl = NC - 1 - P = 12 - 1 - 0 = 11$$

donde :

- NC Es el número total de clases cuya frecuencia es mayor que 5, como se unieron dos clases, quedaron un total de 12.
- P Es el número de parámetros necesarios para definir la distribución, que para la distribución uniforme no se requiere.

Se consideró que $\alpha = 0.05$ era un buen valor de significancia. Así que

$$\chi^2_{tablas} = \chi^2_{11,0.05} = 19.68$$

CONCLUSION.

Debido a que el valor de chi-cuadrada calculada fué menor que la de tablas, no había ningún inconveniente en aceptar la hipótesis de que los datos de la muestra eran variables aleatorias que provenían de una población con distribución uniforme con límites 9 y 21.

TIEMPO PARA DESCARGAR.

El tiempo necesario para descargar cada uno de los trailers se encuentra resumido en la siguiente tabla de distribución de frecuencias.

CLASE (HORAS)	FRECUENCIA OBSERVADA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
00 - 01	156	.24366	0.243
01 - 02	160	.24960	0.493
02 - 03	93	.14508	0.638
03 - 04	69	.10764	0.745
04 - 05	45	.07020	0.816
05 - 06	35	.05460	0.870
06 - 07	23	.03588	0.906
07 - 08	20	.03120	0.937
08 - 09	10	.01560	0.953
09 - 10	12	.01872	0.972
10 - 11	9	.00140	0.982
11 - 12	6	.00936	0.991
12 - 13	3	.00468	1.000
TOTAL	641		

MEDIA = 2.948

HIPOTESIS.

Según los datos observados, se supuso que el tiempo necesario para descargar cada uno de los trailers era una variable aleatoria y se comportaba de acuerdo a una distribución exponencial negativa con media igual a 3.

Para aceptar la hipótesis planteada anteriormente, fué necesario aplicar la PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE a esos datos, utilizando el estadístico chi-cuadrado.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.

Se debía probar la hipótesis nula que a continuación se enuncia:

H₀ : Los datos de la muestra eran variables aleatorias que provenian de una distribución exponencial con media igual a 3.

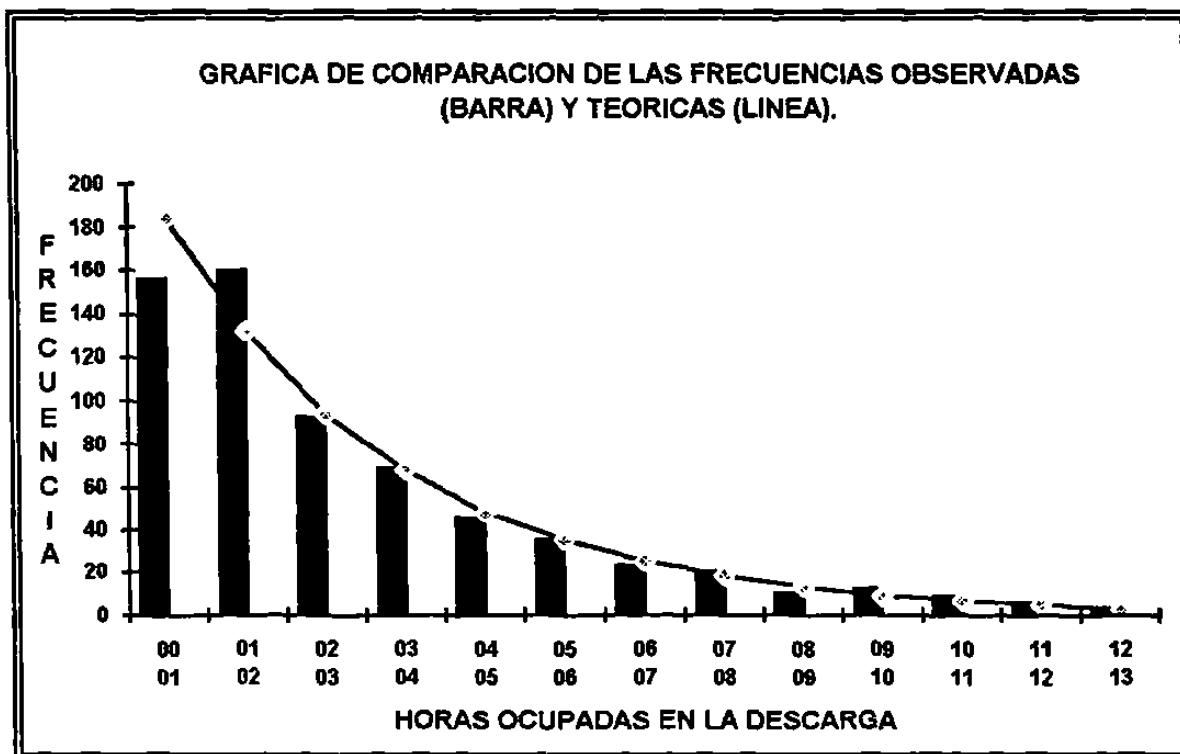
El primer paso que se dió fué determinar la probabilidad teórica de la distribución exponencial con media 3 para cada intervalo, para ello, se recordó que la función de densidad de la distribución exponencial es $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ y la función de densidad acumulada es $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$.

Se observó que $F(13) = 0.986876$, y se dividió el total de datos que se tenían en la muestra (641) entre este valor. El cálculo fué igual a 650 que representa el total de datos que deben considerarse en la muestra. Luego se calculó las probabilidades restantes, las cuales aparecen ordenadas en la siguiente tabla.

Intervalo	x	F(x)	probabilidad f	fre. teo.	fre. obs. **
00-01	1	0.283468	0.283468	184	156
01-02	2	0.486582	0.203114	132	160
02-03	3	0.632120	0.145538	94	93
03-04	4	0.736402	0.104282	68	69
04-05	5	0.811124	0.074722	48	45
05-06	6	0.864664	0.053540	35	35
06-07	7	0.903028	0.038364	25	23
07-08	8	0.930516	0.027488	18	20
08-09	9	0.950212	0.019696	13	10
09-10	10	0.964326	0.014114	9	12
10-11	11	0.974438	0.010112	7	9
11-12	12	0.981684	0.007246	5 *	6 *
12-13	13	0.986876	0.005192	3 *	3 *

* Se unen en una sola clase para cumplir con la condición de que todas tengan una frecuencia mayor o igual a 5.

** La frecuencia observada se calcula multiplicando la probabilidad del intervalo por 650 que es el total de datos a considerarse de la muestra.



Luego se calculó el estadístico chi-cuadrado cuyo procedimiento se presenta enseguida:

$$\chi^2_{calculado} = \frac{(156-184)^2}{184} + \frac{(160-132)^2}{132} + \frac{(93-94)^2}{94} + \frac{(69-68)^2}{68} + \frac{(45-48)^2}{48} + \frac{(35-35)^2}{35} \\ + \frac{(23-25)^2}{25} + \frac{(20-18)^2}{18} + \frac{(10-13)^2}{13} + \frac{(12-9)^2}{9} + \frac{(9-7)^2}{7} + \frac{(9-8)^2}{8} = 4.2608 + 5.9393 + 0.0106 \\ + 0.0147 + 0.1875 + 0 + 0.1600 + 0.2222 + 0.6923 + 1 + 0.5714 + 0.125 = 13.1838 \\ \Rightarrow \chi^2_{calculado} = 13.1838$$

Se debía determinar el valor de chi-cuadrada en la tabla, pero para ello eran necesarios los grados de libertad (gl) y el valor de significancia (α).

Los grados de libertad fueron calculados con la siguiente relación.

$$gl = NC - 1 - P = 12 - 1 - 1 = 10$$

donde :

- NC Es el número total de clases cuya frecuencia es mayor que 5, como se unieron dos clases, quedaron un total de 12.
- P Es el número de parámetros necesarios para definir la distribución, que para la distribución exponencial sólo se requiere 1, la media aritmética..

Se consideró que $\alpha = 0.05$ era un buen valor de significancia, de modo que el resultado fué el siguiente:

$$\chi^2_{tablas} = \chi^2_{10,0.05} = 18.31$$

CONCLUSION

Debido a que el valor de chi-cuadrada calculada es menor que la de tablas, no hay inconveniente en aceptar la hipótesis de que los datos de la muestra provienen de una población con distribución exponencial con media igual a 3.

TIEMPO PARA INSPECCIONAR Y ALMACENAR.

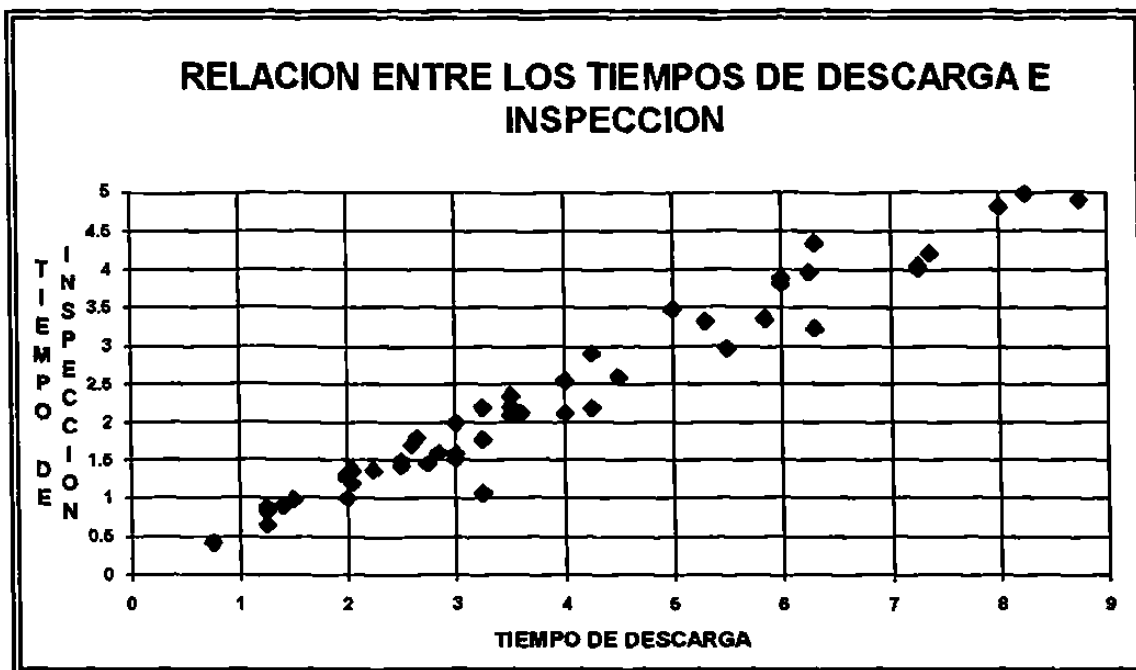
No habían registros del tiempo utilizado en inspección ni del tiempo utilizado en almacenar, y como estos eran necesarios, se determinó que se debía realizar un muestreo para obtenerlos. Se observó que posiblemente el tiempo de inspección y almacenamiento estaban relacionados con el tiempo necesario para descargar, puesto que ambos eran dependían de la cantidad de material que transportaban los trailers, se optó por obtener algunas muestras con las cuales se hicieran gráficas x-y que mostraran dicha relación.

Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla, en donde :

N	=	número de muestra
TD	=	tiempo en descarga
TI	=	tiempo en inspección
TA	=	tiempo para almacenar

N	TD	TI	TA	N	TD	TI	TA
1	6.00	3.82	5.30	26	8.75	4.90	5.81
2	3.00	1.52	2.25	27	1.25	0.89	0.95
3	2.85	1.61	2.35	28	8.00	4.81	5.05
4	2.00	1.33	1.32	29	2.50	1.50	1.57
5	5.50	2.98	4.31	30	4.00	2.56	3.11
6	2.25	1.37	1.54	31	2.00	1.27	1.39
7	4.50	2.61	3.07	32	8.25	4.98	5.69
8	1.25	0.67	0.89	33	2.00	1.28	1.55
9	1.25	0.89	0.85	34	2.50	1.44	1.61
10	6.30	4.35	4.76	35	3.00	1.60	1.85
11	2.05	1.20	1.47	36	4.25	2.91	2.63
12	7.25	1.03	4.59	37	2.00	1.01	1.26
13	3.00	2.00	2.31	38	6.00	3.90	3.78
14	4.00	2.12	3.18	39	3.25	2.20	2.07
15	3.50	2.21	2.19	40	7.25	4.07	4.47
16	2.75	1.46	2.02	41	1.40	0.91	1.01
17	5.00	3.48	3.36	42	5.85	3.36	3.59
18	3.25	1.07	2.12	43	2.65	1.81	1.62
19	0.75	0.43	0.48	44	5.30	3.32	3.26
20	3.50	2.10	2.67	45	2.05	1.37	1.37
21	6.25	3.97	4.65	46	3.25	1.78	2.02
22	4.00	2.55	2.85	47	2.60	1.72	1.59
23	4.25	2.19	2.60	48	3.60	2.13	2.24
24	1.50	0.99	1.17	49	7.35	4.23	4.45
25	3.50	2.35	2.61	50	6.30	3.23	3.89

Con los datos anteriores se elaboraron las gráficas que a continuación se presentan. Posteriormente se efectuó un análisis de regresión utilizando el programa STORM para saber si había alguna dependencia entre el tiempo de descarga y el tiempo de inspección. Los reportes generados por el software también se muestran enseguida.



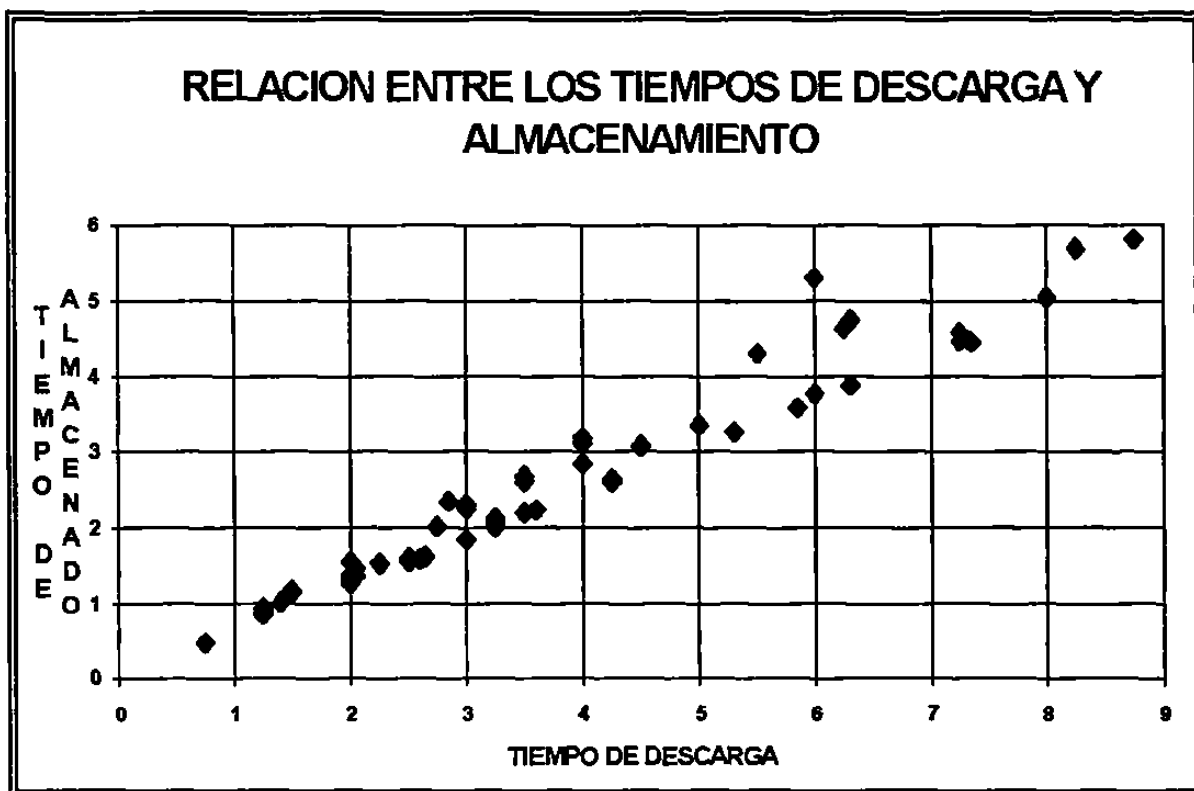
	INDUSTRIA	MAQUILADORA			
Regression Output for TI					
R- squared	= 0.673286				
Standard error of estimate	= 0.690536				
Analysis of Variance					
Source	SS	df	MS	F value	Sig. prob.
Regression	47.16794	1	47.16794	98.91768	0.000000
Residual	22.88834	48	0.47684		
Total	70.05628	49			
Regression Coefficients for TI					
Variable	Coefficient	Std. error	t value	Sig. prob.	
Constant	0.40638				
TD	0.47336	0.04759	9.94574	0.000000	
Standard error of estimate = 0.690536			Durbin-Watson statistic = 2.000093		

CONCLUSION

De la información generada por el programa STORM se observó que efectivamente el tiempo de inspección (TI) estaba directamente relacionado con el tiempo de descarga (TD) con un error estandar de la estimación de 0.690536. La ecuación que describía esa relación es la que se muestra a continuación.

$$TI = 0.47336 * TD + 0.40638$$

También se elaboró una gráfica x-y que representaba la relación entre el tiempo de descarga con el de almacenamiento. Dicha gráfica es la que se presenta enseguida.



Aquí también se efectuó un análisis de regresión utilizando el programa STORM para saber si había alguna dependencia entre el tiempo de almacenamiento con el tiempo de descarga obteniéndose los reportes generados por el software que a continuación se presentan..

INDUSTRIA MAQUILADORA					
Regression Output for TA					
R-squared	= 0.950329				
Standard error of estimate	= 0.314574				
Analysis of Variance					
Source	SS	df	MS	F value	Sig. prob.
Regression	90.87733	1	90.87733	918.35538	0.000000
Residual	4.74992	48	0.09896		
Total	95.62725	49			
Regression Coefficients for TA					
Variable	Coefficient	Std. error	t value	Sig. prob.	
Constant	0.09494				
TD	0.65705	0.02168	30.30438	0.000000	
Standard error of estimate = 0.314574					
Durbin-Watson statistic = 1.239981					

CONCLUSION

De la información generada por el programa STORM se observó que efectivamente el tiempo de almacenamiento (TA) estaba directamente relacionado con el tiempo de descarga (TD) con un error estandar de la estimación de 0.314574. La ecuación que describe esa relación es la que se muestra a continuación.

$$TA = 0.65705 * TD + 0.09494$$

CAPITULO VI

CONSTRUCCION DEL MODELO

LENGUAJE SLAM.

El modelo de simulación se construyó utilizando el lenguaje SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling, es decir Lenguaje de Simulación Para Planteamiento De Modelos Alternativos). SLAM es una extensión de FORTRAN por lo que ofrece la misma flexibilidad .¹

En forma específica, SLAM permite construir modelos de simulación a partir de los siguientes puntos de vista:

- 1) Contiene simbolos para construir gráficas de redes las cuales se traducen con facilidad en instrucciones del lenguaje.
- 2) Contiene subrutinas que facilitan el uso de modelos en tiempo discreto y continuo.

¹ A. Alan B. Pritsker, Introduction to Simulation and SLAM (Third Edition, Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1986).

El lenguaje SLAM lo diseñó y desarrolló Alan B. Pritsker y Claude D. Pedgen, del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Alabama en Huntsville. El lenguaje es una combinación de GERT (Grafical Evaluation and Review Technique) y GASP (un lenguaje que se basa en FORTRAN y que tiene la capacidad de manejar modelos en tiempo continuo y discreto), ambos desarrollados a principios y mediados de los años de 1970 por Pritsker y Asociados.

SLAM proporciona un informe de errores, si los hubiera, después y durante el diseño del modelo. Corregidos estos, SLAM ejecuta las instrucciones con mayor rapidez que muchos otros lenguajes de simulación.

CONSIDERACIONES DE LA PROGRAMACION.

El modelo fue ejecutado en tiempo continuo, tomando como unidad de tiempo 1 hora. El día esta representado por 14.5 horas que es equivalente a la jornada diaria de trabajo en la empresa maquiladora (16 horas repartidos en 2 turnos menos 2 descansos para comida de 30 minutos cada uno y 2 descansos de 15 minutos cada uno).

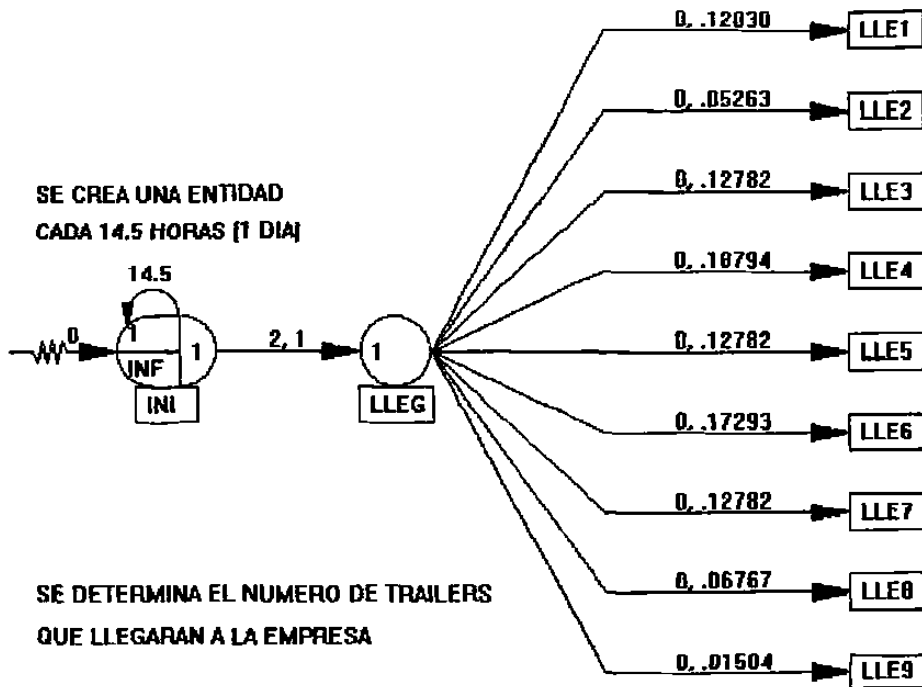
En el modelo se hicieron las siguientes consideraciones:

- a) Se genera una entidad cada 14.5 horas. Esto se utiliza para simular el número de trailers que llegarán durante el día.
- b) No llega ningún trailer cuando la empresa tiene cerradas sus puertas. Es por esta razón que al iniciar un nuevo día no se encuentran trailers esperando afuera.
- c) El número de trailers que llegan diariamente a la empresa es una variable aleatoria con distribución de probabilidad empírica.

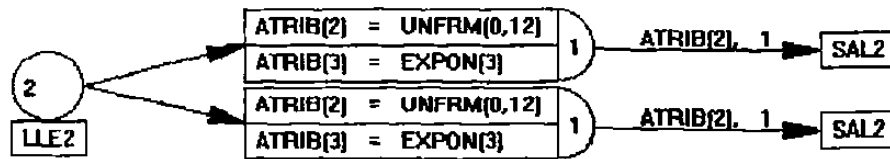
- d) La hora en que llega cada trailer es una variable aleatoria con distribución uniforme entre 0 y 12 horas. Correspondiendo el cero a las 9 horas y el doce a las 21 horas del día normal de trabajo.
- e) El tiempo necesario para descargar un trailer es una variable aleatoria con distribución exponencial y media (valor esperado) igual a 3.
- f) El tiempo necesario para inspeccionar el material que transporta el trailer se relaciona con el tiempo de descarga. Este valor se estima mediante la siguiente ecuación :
- $$\text{tiempo de inspección} = 0.47336 * \text{tiempo de descarga} + 0.40638$$
- g) El tiempo utilizado en el acarreo del material inspeccionado al almacén y su colocación dentro del mismo, esta relacionado estrechamente con el tiempo utilizado en la descarga. Este valor se estima mediante la siguiente ecuación:
- $$\text{tiempo para almacenar} = 0.65705 * \text{tiempo de descarga} + 0.09494$$

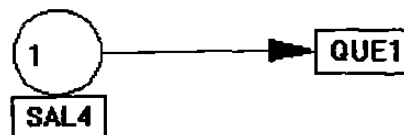
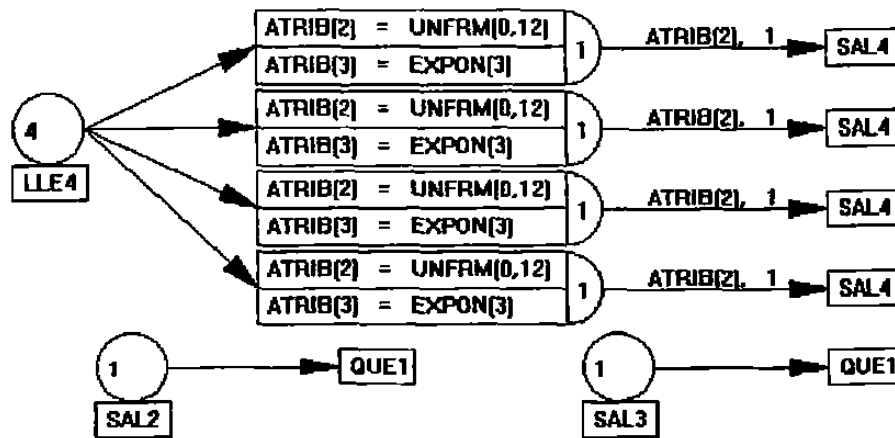
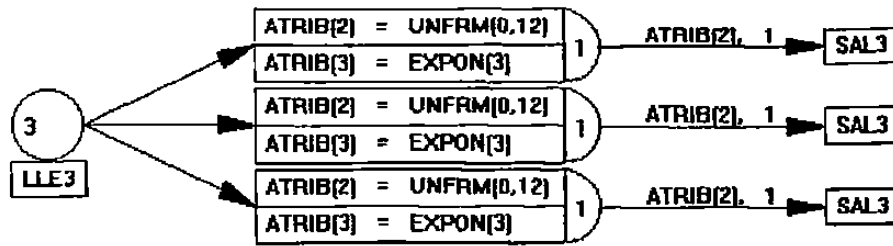
RED DEL MODELO.

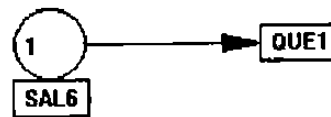
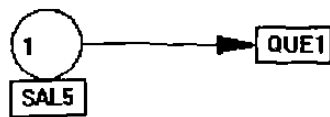
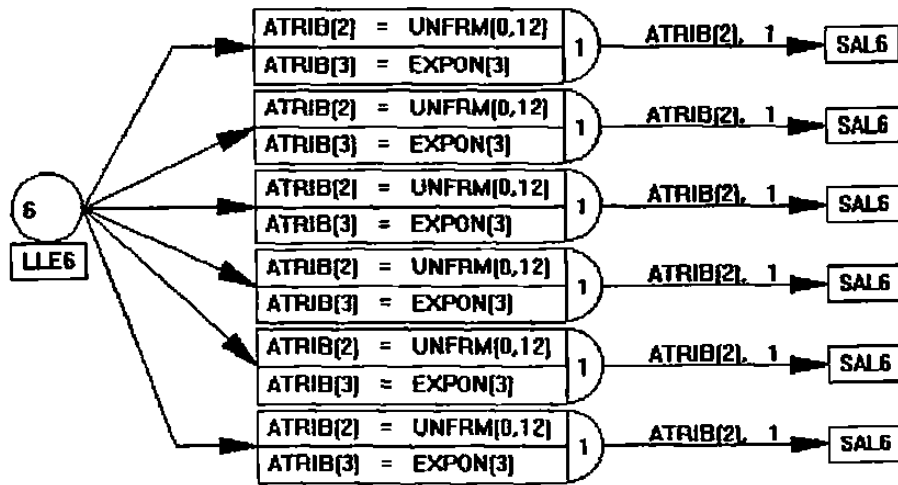
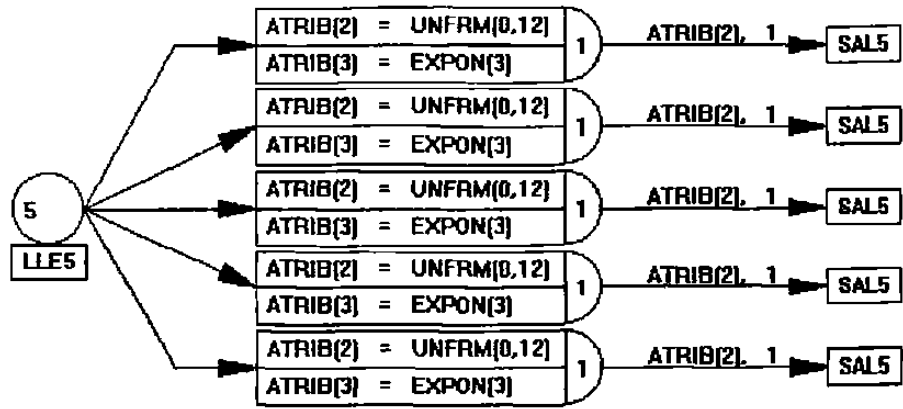
En las siguientes páginas se presenta la red del modelo de simulación. En ella se puede apreciar el uso de conectores para proporcionar mayor facilidad de análisis, además de facilitar su impresión. El modelo es una copia fiel del original elaborado en SLAM.

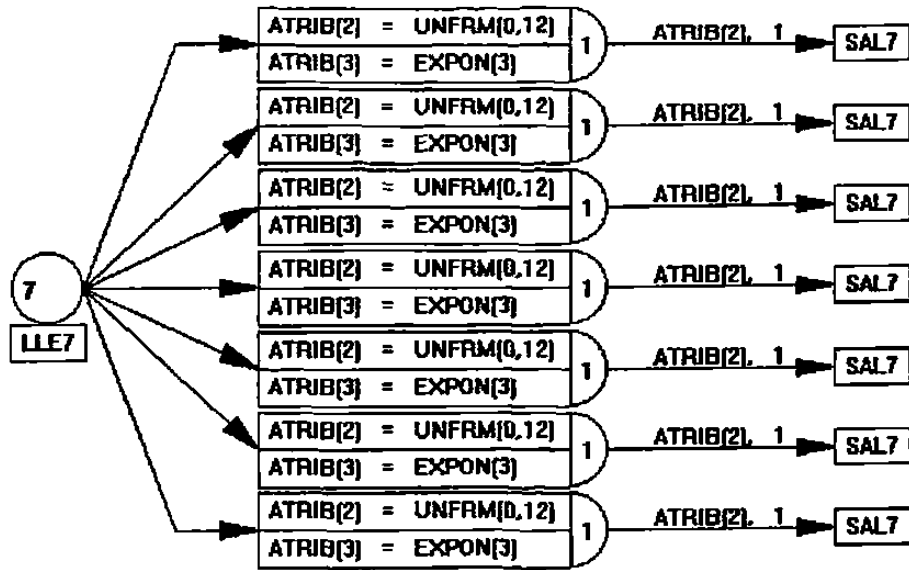


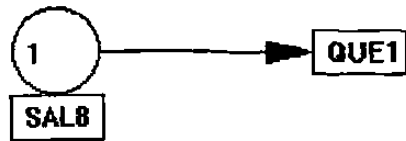
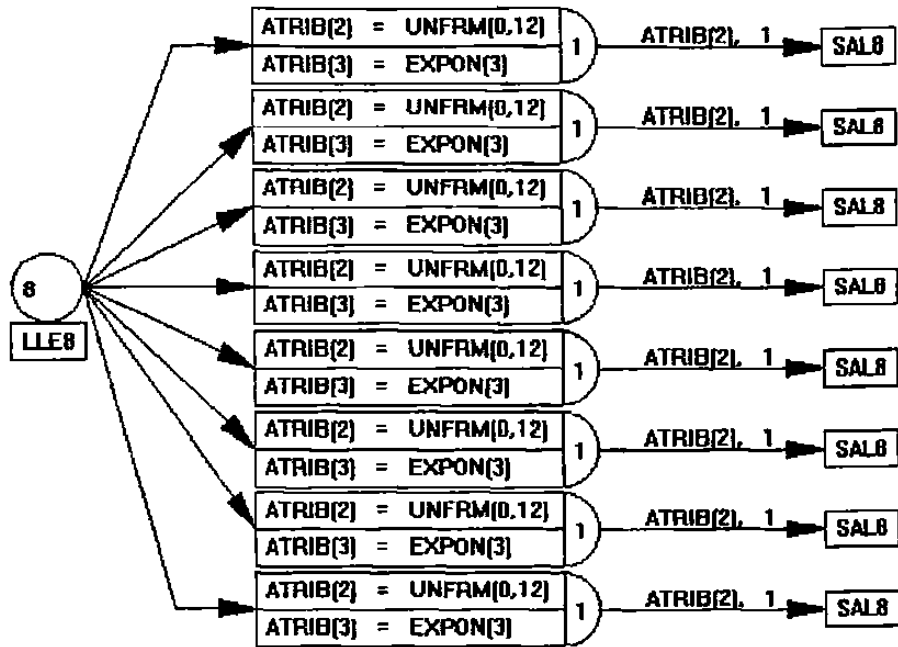
ATRIB[2] : ES EL TIEMPO DE LLEGADA
 ATRIB[3] : ES EL TIEMPO PARA DESCARGAR

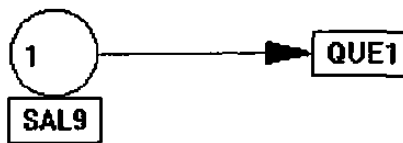
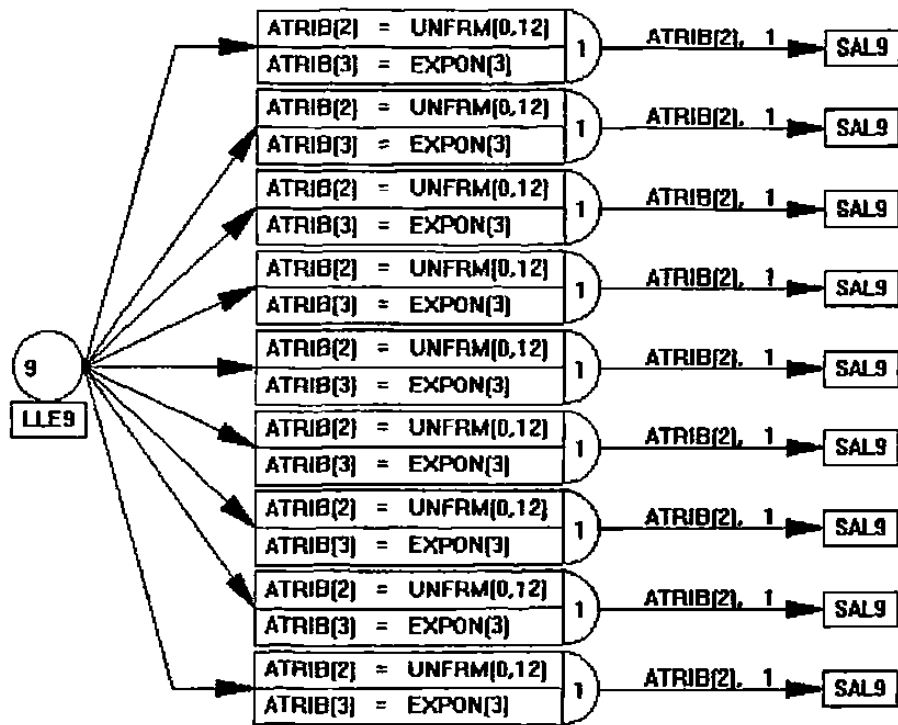


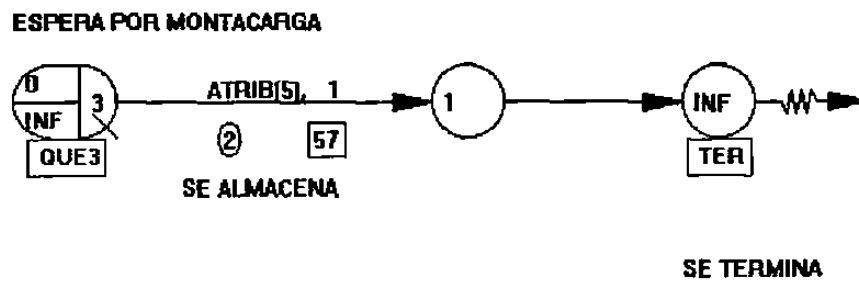
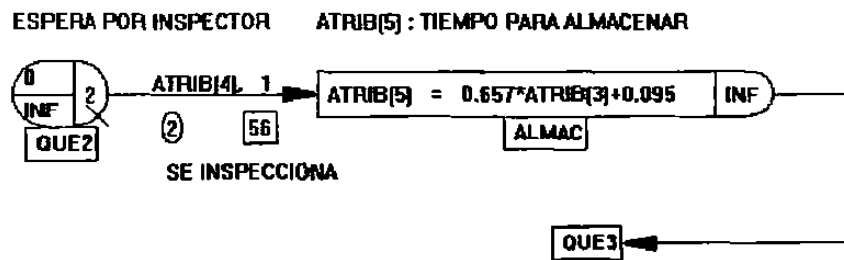
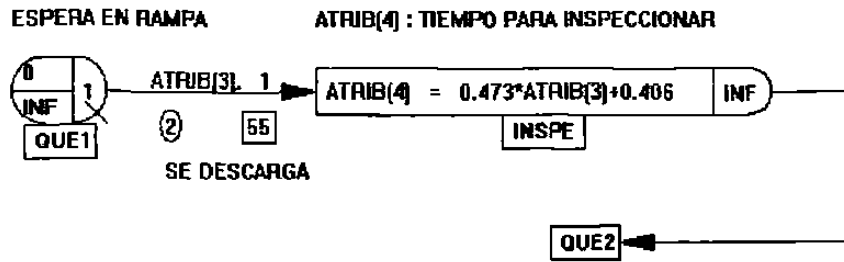












CODIFICACION DEL MODELO

Enseguida se presentan las instrucciones correspondientes a la red del modelo de simulación.

```

1 GEN,APOLINAR ZAPATA,PLANTA MAQUILADORA,09/12/94,1,Y,Y,Y/Y,Y,Y/1,132;
2 LIMITS,3,5,200;
3 NETWORK;
4 ;
5 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
6 ;
7 ;SE CREA UNA ENTIDAD
8 ;
9 ;CADA 14.5 HORAS (1 DIA)
10 ;
11 INI CREATE,14.5,,1,,1;
12 ACTIVITY/1,2,,DIAS SIMULA.;
13 LLEG GOON,1;
14 ACTIVITY/2,,12030,LLE1;LLEGARON 1;
15 ACTIVITY/3,,05263,LLE2;LLEGARON 2;
16 ACTIVITY/4,,12782,LLE3;LLEGARON 3;
17 ACTIVITY/5,,18794,LLE4;LLEGARON 4;
18 ACTIVITY/6,,12782,LLE5;LLEGARON 5;
19 ACTIVITY/7,,17293,LLE6;LLEGARON 6;
20 ACTIVITY/8,,12782,LLE7;LLEGARON 7;
21 ACTIVITY/9,,06767,LLE8;LLEGARON 8;
22 ACTIVITY/10,,01504,LLE9;LLEGARON 9;
23 ;
24 ;SE DETERMINA EL NUMERO DE TRAILERS
25 ;
26 ;QUE LLEGARAN A LA EMPRESA
27 ;
28 ;ATRIB(2) : ES EL TIEMPO DE LLEGADA
29 ;
30 ;ATRIB(3) : ES EL TIEMPO PARA DESCARGAR
31 ;
32 LLE1 GOON,1;
33 ACTIVITY;
34 ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
35 ACTIVITY/11,ATRIB(2),,QUE1;LLEGA1;
36 ;
37 ;42
38 ;
39 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
40 ;
41 LLE2 GOON,2;
42 ACTIVITY;
43 ACTIVITY,,,ZAAB;
44 ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;

```

```

45  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL2;
46 ZAAB ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
47  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL2;
48 ;
49 LLE3 GOON,3;
50  ACTIVITY;
51  ACTIVITY,,,ZAAC;
52  ACTIVITY,,,ZAAD;
53  ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
54  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL3;
55 ZAAC ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
56  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL3;
57 ZAAD ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
58  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL3;
59 ;
60 LLE4 GOON,4;
61  ACTIVITY;
62  ACTIVITY,,,ZAAE;
63  ACTIVITY,,,ZAAF;
64  ACTIVITY,,,ZAAG;
65  ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
66  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL4;
67 ZAAE ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
68  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL4;
69 ZAAF ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
70  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL4;
71 ZAAG ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
72  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL4;
73 ;
74 SAL2 GOON,1;
75  ACTIVITY/12,,,QUE1;
76 ;
77 SAL3 GOON,1;
78  ACTIVITY/13,,,QUE1;
79 ;
80 SAL4 GOON,1;
81  ACTIVITY/14,,,QUE1;
82 ;
83 ;43
84 ;
85 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
86 ;
87 LLE5 GOON,5;
88  ACTIVITY;
89  ACTIVITY,,,ZAAH;
90  ACTIVITY,,,ZAAI;
91  ACTIVITY,,,ZAAJ;
92  ACTIVITY,,,ZAAK;
93  ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
94  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL5;
95 ZAAH ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
96  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL5;
97 ZAAI ASSIGN,TRIB(2)=UNFRM(0,12),TRIB(3)=EXPON(3),1;
98  ACTIVITY,TRIB(2),,SAL5;

```

99 ZAAJ ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 100 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL5;
 101 ZAAK ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 102 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL5;
 103 ;
 104 LLE6 GOON,6;
 105 ACTIVITY;
 106 ACTIVITY,,,ZAAL;
 107 ACTIVITY,,,ZAAM;
 108 ACTIVITY,,,ZAAN;
 109 ACTIVITY,,,ZAAO;
 110 ACTIVITY,,,ZAAP;
 111 ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 112 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL6;
 113 ZAAL ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 114 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL6;
 115 ZAAM ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 116 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL6;
 117 ZAAO ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 118 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL6;
 119 ZAAO ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 120 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL6;
 121 ZAAP ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 122 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL6;
 123 ;
 124 SAL5 GOON,1;
 125 ACTIVITY/15,,,QUE1;
 126 ;
 127 SAL6 GOON,1;
 128 ACTIVITY/16,,,QUE1;
 129 ;
 130 ;44
 131 ;
 132 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
 133 ;
 134 LLE7 GOON,7;
 135 ACTIVITY;
 136 ACTIVITY,,,ZAAQ;
 137 ACTIVITY,,,ZAAR;
 138 ACTIVITY,,,ZAAS;
 139 ACTIVITY,,,ZAAT;
 140 ACTIVITY,,,ZAAU;
 141 ACTIVITY,,,ZAAV;
 142 ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 143 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 144 ZAAQ ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 145 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 146 ZAAR ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 147 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 148 ZAAS ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 149 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 150 ZAAT ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 151 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 152 ZAAU ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;

153 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 154 ZAAV ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 155 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL7;
 156 ;
 157 SAL7 GOON,1;
 158 ACTIVITY/17,,,QUE1;
 159 ;
 160 ;45
 161 ;
 162 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
 163 ;
 164 LLE8 GOON,8;
 165 ACTIVITY;
 166 ACTIVITY,,,ZAAW;
 167 ACTIVITY,,,ZAAX;
 168 ACTIVITY,,,ZAAZ;
 169 ACTIVITY,,,ZAAZ;
 170 ACTIVITY,,,ZABA;
 171 ACTIVITY,,,ZABB;
 172 ACTIVITY,,,ZABC;
 173 ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 174 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 175 ZAAW ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 176 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 177 ZAAX ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 178 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 179 ZAAZ ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 180 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 181 ZAAZ ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 182 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 183 ZABA ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 184 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 185 ZABB ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 186 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 187 ZABC ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 188 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL8;
 189 ;
 190 SAL8 GOON,1;
 191 ACTIVITY/18,,,QUE1;
 192 ;
 193 ;46
 194 ;
 195 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
 196 ;
 197 LLE9 GOON,9;
 198 ACTIVITY;
 199 ACTIVITY,,,ZABD;
 200 ACTIVITY,,,ZABE;
 201 ACTIVITY,,,ZABF;
 202 ACTIVITY,,,ZABG;
 203 ACTIVITY,,,ZABH;
 204 ACTIVITY,,,ZABI;
 205 ACTIVITY,,,ZABJ;
 206 ACTIVITY,,,ZABK;

207 ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 208 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 209 ZABD ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 210 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 211 ZABE ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 212 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 213 ZABF ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 214 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 215 ZABG ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 216 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 217 ZABH ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 218 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 219 ZABI ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 220 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 221 ZABJ ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 222 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 223 ZABK ASSIGN,ATRIB(2)=UNFRM(0,12),ATRIB(3)=EXPON(3),1;
 224 ACTIVITY,ATRIB(2),,SAL9;
 225 ;
 226 SAL9 GOON,1;
 227 ACTIVITY/19,,,QUE1;
 228 ;
 229 ;47
 230 ;
 231 ;CAPITULO 5. Construcción del modelo
 232 ;
 233 ;ATRIB(4) : TIEMPO PARA INSPECCIONAR
 234 ;
 235 ;ESPERA EN RAMPA
 236 ;
 237 QUE1 QUEUE(1),,
 238 ACTIVITY(1)/55,ATRIB(3),,;DESCARGA;
 239 INSPE ASSIGN,ATRIB(4)=0.473*ATRIB(3)+0.406;
 240 ACTIVITY/20,,,QUE2;DESCARGADO;
 241 ;
 242 ;SE DESCARGA
 243 ;
 244 ;ATRIB(5) : TIEMPO PARA ALMACENAR
 245 ;
 246 ;ESPERA POR INSPECTOR
 247 ;
 248 QUE2 QUEUE(2),,
 249 ACTIVITY(1)/56,ATRIB(4),,;INSPECCION;
 250 ALMAC ASSIGN,ATRIB(5)=0.657*ATRIB(3)+0.095;
 251 ACTIVITY/21,,,QUE3;INSPECCIONA;
 252 ;
 253 ;SE INSPECCIONA
 254 ;
 255 ;ESPERA POR MONTACARGA
 256 ;
 257 QUE3 QUEUE(3),,
 258 ACTIVITY(1)/57,ATRIB(5),,;ALMACENAR;
 259 GOON,1;
 260 ACTIVITY/22,,,TER;ALMACENADO;

261 TER TERMINATE;
262 ;
263 ;SE ALMACENA
264 ;
265 ;SE TERMINA
266 ;
267 ;48
268 END;
269 INITIALIZE,,480,Y;
270 TIMST,NNQ(1),ESPERA TRAILERS,10/0/1;
271 TIMST,NNQ(2),ESPERA INSPECTOR,10/0/1;
272 TIMST,NNQ(3),ESPERA ALMACEN,10/0/1;
273 MONTR,TRACE,0,100,ATRIB(3),ATRIB(4),ATRIB(5),NNQ(1),NNCNT(55),NNCNT(56),
NNCNT(57);
274 FIN

*****ARRAY STORAGE REPORT*****

DIMENSION OF NSET/QSET(NNSET):	5000
WORDS ALLOCATED TO FILING SYSTEM:	1800
WORDS ALLOCATED TO VARIABLES:	2526
WORDS AVAILABLE FOR PLOTS/TABLES:	674

166806

CAPITULO VII

VALIDACION

Para validar el modelo se efectuó una corrida y posteriormente el grupo responsable de este proyecto analizó conjuntamente la lógica de los eventos. Para ello se imprimieron los siguientes reportes.

SLAM II ECHO REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA

BY APOLINAR ZAPATA

DATE 9/12/1994

RUN NUMBER 1 OF 1

SLAM II VERSION MAR 87

GENERAL OPTIONS

PRINT INPUT STATEMENTS (ILIST):	YES
PRINT ECHO REPORT (IECHO):	YES
EXECUTE SIMULATIONS (IXQT):	YES
WARN OF DESTROYED ENTITIES:	YES
PRINT INTERMEDIATE RESULTS HEADING (IPIRH):	YES
PRINT SUMMARY REPORT (ISMRY):	YES

LIMITS ON FILES

MAXIMUM NUMBER OF USER FILES (MFILS):	3
MAXIMUM NUMBER OF USER ATTRIBUTES (MATR):	5
MAXIMUM NUMBER OF CONCURRENT ENTRIES (MNTRY):	200

FILE SUMMARY

FILE NUMBER	INITIAL ENTRIES	RANKING CRITERION
1	0	FIFO
2	0	FIFO
3	0	FIFO

STATISTICS FOR TIME PERSISTENT VARIABLES

TIMST NUMBER	VARIABLE IDENTIFIER	INITIAL VALUE	HISTOGRAM SPECIFICATIONS		
			NCEL	BLOW	HWD
1	NNQ(1) ESPERA TRAILERS	.000E+00	10	.000E+00	.100E+01
2	NNQ(2) ESPERA INSPECTOR	.000E+00	10	.000E+00	.100E+01
3	NNQ(3) ESPERA ALMACEN	.000E+00	10	.000E+00	.100E+01

RANDOM NUMBER STREAMS

STREAM NUMBER	SEED VALUE	REINITIALIZATION OF STREAM
1	428956419	NO
2	1954324947	NO
3	1145661099	NO
4	1835732737	NO
5	794161987	NO
6	1329531353	NO
7	200496737	NO
8	633816299	NO
9	1410143363	NO
10	1282538739	NO

INITIALIZATION OPTIONS

BEGINNING TIME OF SIMULATION (TTBEG):	.0000E+00
ENDING TIME OF SIMULATION (TTFIN):	.4800E+03
STATISTICAL ARRAYS CLEARED (JJCLR):	YES
VARIABLES INITIALIZED (JJVAR):	YES
FILES INITIALIZED (JJFIL):	YES

NSET/QSET STORAGE ALLOCATION

DIMENSION OF NSET/QSET (NNSET):	5000
WORDS ALLOCATED TO FILING SYSTEM:	1800
WORDS ALLOCATED TO VARIABLES:	2526
WORDS AVAILABLE FOR PLOTS/TABLES:	674

INPUT ERRORS DETECTED: 0
EXECUTION WILL BE ATTEMPTED

A continuación se presentan las instrucciones de control utilizadas en la primera corrida del modelo de simulación.

```

GEN,APOLINAR ZAPATA,PLANTA MAQUILADORA,09/12/94,1,Y,Y,Y/Y,Y,Y/1,132;
LIMITS,3,5,200;
NETWORK;
INITIALIZE,,480,Y;
TIMST,NNQ(1),ESPERA TRAILERS,10/0/1;
TIMST,NNQ(2),ESPERA INSPECTOR,10/0/1;
TIMST,NNQ(3),ESPERA ALMACEN,10/0/1;
MONTR,TRACE,0,100,ATRIB(3),ATRIB(4),ATRIB(5),NNQ(1),NNCNT(55),NNCNT(56),NNCNT(57);
FIN;

```

Se inició la simulación desde cero hasta 480 horas. Se capturaron estadísticas de tiempo para las variables que a continuación se enlistan:

NNQ(1)	número de trailers en espera a ser descargados.
NNQ(2)	número de lotes en espera de ser inspeccionados.
NNQ(3)	número de lotes en espera a ser almacenados.

donde un lote equivale al total de material transportado por el trailer.

También se preparó un reporte del avance de la simulación de las primeras 100 horas, utilizando la instrucción MONTR, e imprimiendo los valores de los atributos 3,4, y 5 de cada entidad, así como el número de entidades en las filas de espera, indicados por las variables NNCNT.

La simulación arrojó los resultados intermedios presentados en las siguientes páginas:

INTERMEDIATE RESULTS

SLAM II TRACE BEGINNING AT TNOW= .0000E+00

TNOW	JEVNT	NODE ARRIVAL		CUR ATRIB BUFFER		ACTIVITY SUMMARY		
		LABEL	TYPE			IND	DURATION	END ND
.000E+00	INI	CREATE	1	.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00				
						1	2.000	LLEG
² .200E+01	LLEG	GOON	3	.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00				
						2		NO RELEASE LLE1
						3		NO RELEASE LLE2
						4		NO RELEASE LLE3
						5		NO RELEASE LLE4
						6		NO RELEASE LLE5
						7	.000	LLE6
		LLE6	GOON	.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00				
						0	.000	ZAAP
						0	.000	ZAAO
						0	.000	ZAAN
						0	.000	ZAAM
		ASSIGN		.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00				
						0	3.632	SAL6
		ZAAL	ASSIGN	.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00	.000E+00			
				.000E+00				
						0	1.690	SAL6 4

1 Se inicia la primera creación en el tiempo 0.0

2 Pasan 2 horas sin que lleguen trailers a la empresa (de 7 a 9 am).

3 Después de 2 horas llegan los trailers, aquí se decidirá cuántos van a llegar en este día simulado.

4 Este día van a llegar 6 trailers, de los cuales el primero arriva 1.69 horas después, es decir, a las 3.69 horas

	ZAAM ASSIGN	.000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00	0	10.327	SAL6
	ZAAO ASSIGN	.000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00	0	3.837	SAL6
	ZAAP ASSIGN	.000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00	0	2.403	SAL6
<u>.369E+01</u>	<u>SAL6 GOON</u>	.226E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00	0	3.228	SAL6
	QUE1 QUEUE	.226E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00	16	.000	QUE1
			<u>55</u>	<u>2.259</u>	<u>INSP 5</u>
<u>.440E+01</u>	<u>SAL6 GOON</u>	.127E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00	16	.000	QUE1
	QUE1 QUEUE	.127E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00 .000E+00			
<u>.523E+01</u>	<u>SAL6 GOON</u>	.105E+01 .000E+00 .000E+00 .100E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00	16	.000	QUE1
	QUE1 QUEUE	.105E+01 .000E+00 .000E+00 .100E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00			
	QUE1 QUEUE	.206E+00 .000E+00 .000E+00 .200E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00			

5 Se descarga el trailer en 2.259 horas, quedando disponible la mercancía a las 5.95 horas para inspección.

.563E+01	SAL6	GOON	.206E+00 .000E+00 .000E+00 .200E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00			
				16	.000	QUE1
.584E+01	SAL6	GOON	.429E+00 .000E+00 .000E+00 .300E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00			
				16	.000	QUE1
	QUE1	QUEUE	.429E+00 .000E+00 .000E+00 .300E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00			
<u>.595E+01</u>	<u>INSP</u>	<u>ASSIGN</u>	<u>.226E+01 .000E+00 .000E+00 .400E+01 .000E+00 .000E+00 .000E+00</u>			
				55	1.273	INSP
				20	.000	QUE2
	QUE2	QUEUE	.226E+01 .147E+01 .000E+00 .300E+01 .100E+01 .000E+00 .000E+00			
				<u>56</u>	<u>1.475</u>	<u>ALMA 6</u>
.722E+01	INSP	ASSIGN	.127E+01 .000E+00 .000E+00 .300E+01 .100E+01 .000E+00 .000E+00			
				55	1.048	INSP
				20	.000	QUE2
	QUE2	QUEUE	.127E+01 .101E+01 .000E+00 .200E+01 .200E+01 .000E+00 .000E+00			
<u>.742E+01</u>	<u>ALMA</u>	<u>ASSIGN</u>	<u>.226E+01 .147E+01 .000E+00 .200E+01 .200E+01 .000E+00 .000E+00</u>			
				56	1.008	ALMA
				21	.000	QUE3
	QUE3	QUEUE	.226E+01 .147E+01 .158E+01 .200E+01 .200E+01 .100E+01 .000E+00			
				<u>57</u>	<u>1.579</u>	<u>7</u>
.827E+01	INSP	ASSIGN	.105E+01 .000E+00 .000E+00 .200E+01 .200E+01 .100E+01 .000E+00			
				55	.206	INSP
				20	.000	QUE2

6 El trailer se inspecciona en 1.475 horas, quedando la mercancía disponible para almacenarse a las 7.42 horas.

7 La mercancía se almacena en 1.579 horas, terminando así el proceso a las 9.0 horas.

	QUE2	QUEUE	.105E+01	.902E+00			
			.000E+00	.100E+01			
			.300E+01	.100E+01			
			.000E+00				
.843E+01	ALMA	ASSIGN	.127E+01	.101E+01			
			.000E+00	.100E+01			
			.300E+01	.100E+01			
			.000E+00				
					56	.902	ALMA
					21	.000	QUE3
	QUE3	QUEUE	.127E+01	.101E+01			
			.931E+00	.100E+01			
			.300E+01	.200E+01			
			.000E+00				
.848E+01	INSP	ASSIGN	.206E+00	.000E+00			
			.000E+00	.100E+01			
			.300E+01	.200E+01			
			.000E+00				
					55	.429	INSP
					20	.000	QUE2
	QUE2	QUEUE	.206E+00	.503E+00			
			.000E+00	.000E+00			
			.400E+01	.200E+01			
			.000E+00				
.890E+01	INSP	ASSIGN	.429E+00	.000E+00			
			.000E+00	.000E+00			
			.400E+01	.200E+01			
			.000E+00				
					20	.000	QUE2
	QUE2	QUEUE	.429E+00	.609E+00			
			.000E+00	.000E+00			
			.500E+01	.200E+01			
			.000E+00				
.900E+01	<u>GOON</u>		.226E+01	.147E+01			
			.158E+01	.000E+00			
			.500E+01	.200E+01			
			.000E+00				
					57	.931	
					22	.000	TER
	<u>TER</u>	<u>TERM</u>	.226E+01	.147E+01			
			.158E+01	.000E+00			
			.500E+01	.200E+01			
			.100E+01				
.933E+01	ALMA	ASSIGN	.105E+01	.902E+00			
			.000E+00	.000E+00			
			.500E+01	.200E+01			
			.100E+01				
					56	.503	ALMA
					21	.000	QUE3

8 El material transportado por el trailer simulado se descargó, inspeccionó y almacenó en 2.26, 1.47 y 1.58 horas respectivamente.

En este momento (9 horas) no se encuentra ningún trailer esperando ser descargado, ya se descargó el material de 5 trailers, se inspeccionó el material de 2 y solo se ha almacenado el material de uno.

	QUE3	QUEUE	.105E+01	.902E+00				
			.784E+00	.000E+00				
			.500E+01	.300E+01				
			.100E+01					
.984E+01	ALMA	ASSIGN	.206E+00	.503E+00				
			.000E+00	.000E+00				
			.500E+01	.300E+01				
			.100E+01					
					56	.609		ALMA
					21	.000		QUE3
	QUE3	QUEUE	.206E+00	.503E+00				
			.230E+00	.000E+00				
			.500E+01	.400E+01				
			.100E+01					
.993E+01	GOON		.127E+01	.101E+01				
			.931E+00	.000E+00				
			.500E+01	.400E+01				
			.100E+01					
					57	.784		
					22	.000		TER
	TER	TERM	.127E+01	.101E+01				
			.931E+00	.000E+00				
			.500E+01	.400E+01				
			.200E+01					
.104E+02	ALMA	ASSIGN	.429E+00	.609E+00				
			.000E+00	.000E+00				
			.500E+01	.400E+01				
			.200E+01					
					21	.000		QUE3
	QUE3	QUEUE	.429E+00	.609E+00				
			.377E+00	.000E+00				
			.500E+01	.500E+01				
			.200E+01					

La impresión de este reporte consta de 37 páginas, razón por la cual no se presenta completo.

Ahora se presenta el reporte resumido.

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .4800E+03

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

****STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES****

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA TRAILERS	6.356	3.731	.00	15.00	480.000	14.00
ESPERA INSPECTOR	.654	1.350	.00	8.00	480.000	1.00
ESPERA ALMACEN	1.977	3.182	.00	14.00	480.000	.00

****FILE STATISTICS****

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	6.356	3.731	15	14	19.308
2	QUE2 QUEUE	.654	1.350	8	1	2.196
3	QUE3 QUEUE	1.977	3.182	14	0	6.732
4	CALENDAR	5.522	2.362	13	4	1.503

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1 DIAS SIMULA.	.1406	.3476	1	1	33
2 LLEGARON 1	.0000	.0000	1	0	8
3 LLEGARON 2	.0000	.0000	1	0	1
4 LLEGARON 3	.0000	.0000	1	0	2
5 LLEGARON 4	.0000	.0000	1	0	1
6 LLEGARON 5	.0000	.0000	1	0	3
7 LLEGARON 6	.0000	.0000	1	0	8
8 LLEGARON 7	.0000	.0000	1	0	6
9 LLEGARON 8	.0000	.0000	1	0	3
10 LLEGARON 9	.0000	.0000	1	0	1
11 LLEGA1	.1098	.3126	1	0	8
12	.0000	.0000	1	0	2
13	.0000	.0000	1	0	6
14	.0000	.0000	1	0	4
15	.0000	.0000	1	0	15
16	.0000	.0000	1	0	48
17	.0000	.0000	1	0	42
18	.0000	.0000	1	0	24
19	.0000	.0000	1	0	9
20 DESCARGADO	.0000	.0000	1	0	143
21 INSPECCIONA	.0000	.0000	1	0	141
22 ALMACENADO	.0000	.0000	1	0	141

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	1	.959	.20	1	.00	3.69	384.69	143
56	INSPECCION	1	.562	.50	1	.00	32.55	42.95	141
57	ALMACENAR	1	.627	.48	0	.00	45.15	86.94	141

****TIME-PERSISTENT HISTOGRAM NUMBER 1****
ESPERA TRAILERS

CELL TIME	RELA FREQ	UPPER CELL LIM	0	20	40	60	80			
40.	.08	.000E+00	+	+	+	+	+	+	+	+
23.	.05	.100E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
26.	.05	.200E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
38.	.08	.300E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
26.	.05	.400E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
28.	.06	.500E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
50.	.10	.600E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
50.	.10	.700E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
73.	.15	.800E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
48.	.10	.900E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
16.	.03	.100E+02	+	+	+	+	+	+	+	+
63.	.13	INF	+	+	+	+	+	+	+	+
--			+	+	+	+	+	+	+	+
480.			0	20	40	60	80			

****STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES****

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA TRAILERS	6.356	3.731	.00	15.00	480.000	14.00

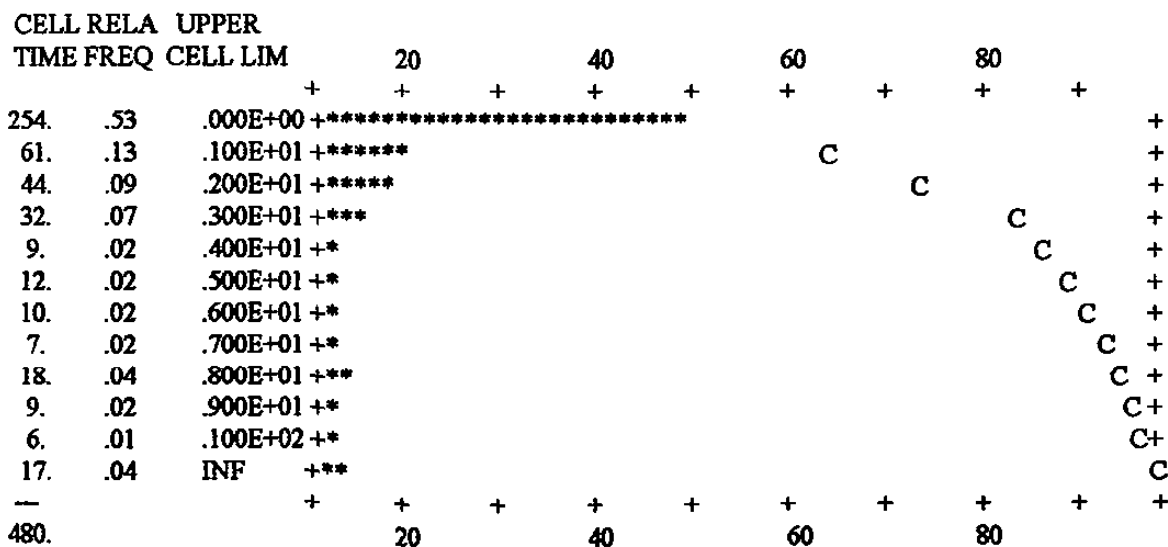
****TIME-PERSISTENT HISTOGRAM NUMBER 2****
ESPERA INSPECTOR

CELL TIME	RELA FREQ	UPPER CELL LIM	0	20	40	60	80			
345.	.72	.000E+00	+	+	+	+	+	+	+	+
63.	.13	.100E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
23.	.05	.200E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
19.	.04	.300E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
13.	.03	.400E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
12.	.03	.500E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
4.	.01	.600E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
1.	.00	.700E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
1.	.00	.800E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
0.	.00	.900E+01	+	+	+	+	+	+	+	+
0.	.00	.100E+02	+	+	+	+	+	+	+	+
0.	.00	INF	+	+	+	+	+	+	+	+
--			+	+	+	+	+	+	+	+
480.				20	40	60	80			

****STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES****

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA INSPECTOR	.654	1.350	.00	8.00	480.000	1.00

****TIME-PERSISTENT HISTOGRAM NUMBER 3****
ESPERA ALMACEN



****STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES****

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA ALMACEN	1.977	3.182	.00	14.00	480.000	.00

CAPITULO VIII

EJECUCION DE LA SIMULACION

DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

En esta etapa se enfrentó al problema de diseñar un plan para obtener de cada experimento la información deseada que permitiera hacer inferencias válidas.

El modelo de simulación fué corrido varias veces manteniendo periodos fijos de un año (*Tamaño de corrida*) que corresponden a 256 días laborables. La elección se basó en que las condiciones generales se mantienen casi invariables durante ese periodo y además el valor medio de la variable de respuesta para cada uno de los periodos de corrida se consideró como la representante del grupo de datos.

Los siguientes criterios se usarón en el diseño del experimento de simulación :

- 1.- El número de factores son tres.
 - a) El número de equipos de descarga.

- b) El número de inspectores de calidad.
 - c) El número de montacarguistas que se utilizan para acomodar el material en el almacén.
- 2.- Los niveles (valores) para cada factor son cuantitativos y controlados.
- 3.- Se tomaron las siguientes variables de respuesta :
- a) Cantidad promedio de trailers esperando ser descargados.
 - b) Tiempo promedio que permanece ocioso cada equipo de descarga.
 - c) Cantidad promedio de lotes de material que han sido descargados y esperan ser inspeccionados.
 - d) Tiempo promedio que permanece ocioso cada equipo de inspección de calidad.
 - e) Cantidad promedio de lotes de material que han sido inspeccionados y esperan ser transportados al almacén.
 - f) Tiempo promedio que permanecen ociosos los montacarguistas del almacén.

Es oportuno aclarar que el espacio disponible del área para inspección estaba limitado a un máximo de 8 lotes, y que el mismo espacio se utilizaba para mantener el material en espera a ser transportado al almacén. Además, la administración quiso que la propuesta no permitiera la creación de filas de trailers en la vía pública.

Para encontrar el punto óptimo se aplicó el método selectivo que consiste en experimentos monofactoriales, en el cual se selecciona un factor a la vez, siendo el número de corridas dependiente del comportamiento de las variables de respuesta al ir variando los niveles de los factores. El experimento se inició asignando el nivel 1 a cada factor, fueron analizados los resultados de las variables de respuesta para cada corrida y se determinó

aquella que fuera crítica para luego incrementarse el nivel del factor correspondiente. Se continuó de esa manera hasta que se encontraron los niveles óptimos de cada factor.

Cuando se determinaron los niveles óptimos para cada factor se efectuó el siguiente cálculo ¹.

$$N = pq^k$$

donde: N es el número total de corridas de computadora requeridas.
 p es el número de duplicaciones.
 q es el número de niveles del factor.
 k es el número de factores (parámetros de entrada o variables).

Se consideró cuidadosamente cuándo el modelo de simulación debía empezar a tomar datos del mismo. Los datos deben ser tomados cuando las condiciones de operación estén en equilibrio o estables, es decir, en las condiciones típicas de operación día con día. Puesto que el modelo requiere de tiempo para alcanzar el estado estable, debido al hecho de que el modelo requiere de tiempo para superar la situación creada por el repentino inicio de la operación. La opinión general del grupo fué que dicho estado se alcanzaría en 15 días. Por lo tanto, no se tomaron en cuenta los registros generados por la simulación durante los primeros 15 días, lo cual corresponde a 217.5 horas de tiempo laboral continuo.

1 Robert E. Shannon, Simulación de Sistemas Diseño, Desarrollo e Implantación Trillas, 1988, página 177.

Con lo anterior se concluyó que el tiempo de cada corrida de simulación fuera de 3929.5 horas, que corresponden a 3712 horas laborables durante el año (256 días) más 217.5 horas para obtener el estado estable.

A continuación se presentan los reportes de salida de las corridas de simulación.

REPORTE DEL PRIMER EXPERIMENTO.

Estos son los resultados obtenidos considerando los siguientes factores:
 1 equipo para descargar el material de los trailers, 1 para inspeccionarlo y 1 para almacenarlo.

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA
 DATE 9/12/1994
 CURRENT TIME .3938E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .2175E+03

BY APOLINAR ZAPATA
 RUN NUMBER 1 OF 1

STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA TRAILERS	7.888	6.681	.00	34.00	3712.000	3.00
ESPERA INSPECTOR	.441	.922	.00	8.00	3712.000	2.00
ESPERA ALMACEN	1.140	1.882	.00	14.00	3712.000	3.00

En la tabla anterior se observa que hubo un máximo de 34 trailers esperando ser descargados, lo cual es indeseable para la administración. Debido a ello fue incrementado el factor de equipos de descarga.

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	7.888	6.681	34	3	24.985
2	QUE2 QUEUE	.441	.922	8	2	1.414
3	QUE3 QUEUE	1.140	1.882	14	3	3.663
4	CALENDAR	5.221	2.041	14	5	1.407

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1 DIAS SIMULA.	.1379	.3448	1	1	256
2 LLEGARON 1	.0000	.0000	1	0	36
3 LLEGARON 2	.0000	.0000	1	0	13
4 LLEGARON 3	.0000	.0000	1	0	27
5 LLEGARON 4	.0000	.0000	1	0	47
6 LLEGARON 5	.0000	.0000	1	0	43
7 LLEGARON 6	.0000	.0000	1	0	42
8 LLEGARON 7	.0000	.0000	1	0	32
9 LLEGARON 8	.0000	.0000	1	0	15
10 LLEGARON 9	.0000	.0000	1	0	1
11 LLEGAL	.0482	.2142	1	0	36
12	.0000	.0000	1	0	26
13	.0000	.0000	1	0	61
14	.0000	.0000	1	0	188
15	.0000	.0000	1	0	215
16	.0000	.0000	1	0	252
17	.0000	.0000	1	0	224
18	.0000	.0000	1	0	120
19	.0000	.0000	1	0	9
20 DESCARGADO	.0000	.0000	1	0	1157
21 INSPECCIONA	.0000	.0000	1	0	1154
22 ALMACENADO	.0000	.0000	1	0	1152

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	1	.947	.22	1	.00	14.39	908.14	1157
56	INSPECCION	1	.574	.49	1	.00	32.55	42.95	1154
57	ALMACENAR	1	.650	.48	1	.00	45.15	86.94	1152

REPORTE DEL SEGUNDO EXPERIMENTO.

Estos son los resultados obtenidos considerando los siguientes factores: 2 equipos para descargar el material de los trailers, 1 para inspeccionarlo y 1 para almacenarlo.

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA
 DATE 9/12/1994
 CURRENT TIME .3930E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .2175E+03

BY APOLINAR ZAPATA
 RUN NUMBER 1 OF 1

STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA TRAILERS	.193	.573	.00	5.00	3712.000	.00
ESPERA INSPECTOR	.516	1.013	.00	7.00	3712.000	1.00
ESPERA ALMACEN	1.086	1.699	.00	9.00	3712.000	.00

Se tuvieron un máximo de 7 lotes de material esperando ser inspeccionados y 9 esperando ser almacenados. Se recordó que el área para inspección tenía una capacidad máxima de 8 lotes. Por lo tanto, se debía incrementar el número de equipos que se encargaban de almacenar.

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.193	.573	5	0	.620
2	QUE2 QUEUE	.516	1.013	7	1	1.657
3	QUE3 QUEUE	1.086	1.699	9	0	3.482
4	CALENDAR	5.216	2.121	14	3	1.498

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1 DIAS SIMULA.	.1379	.3448	1	1	256
2 LLEGARON 1	.0000	.0000	1	0	36
3 LLEGARON 2	.0000	.0000	1	0	13
4 LLEGARON 3	.0000	.0000	1	0	27
5 LLEGARON 4	.0000	.0000	1	0	47
6 LLEGARON 5	.0000	.0000	1	0	43
7 LLEGARON 6	.0000	.0000	1	0	42
8 LLEGARON 7	.0000	.0000	1	0	32
9 LLEGARON 8	.0000	.0000	1	0	15
10 LLEGARON 9	.0000	.0000	1	0	1
11 LLEGA1	.0482	.2142	1	0	36
12	.0000	.0000	1	0	26
13	.0000	.0000	1	0	81
14	.0000	.0000	1	0	188
15	.0000	.0000	1	0	215
16	.0000	.0000	1	0	252
17	.0000	.0000	1	0	224
18	.0000	.0000	1	0	120
19	.0000	.0000	1	0	9
20 DESCARGADO	.0000	.0000	1	0	1155
21 INSPECCIONA	.0000	.0000	1	0	1154
22 ALMACENADO	.0000	.0000	1	0	1159

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.944	.81	0	.00	2.00	2.00	1155
56	INSPECCION	1	.573	.49	1	.00	24.69	41.61	1154
57	ALMACENAR	1	.651	.48	0	.00	28.24	99.79	1159

REPORTE DEL TERCER EXPERIMENTO.

Estos son los resultados obtenidos considerando los siguientes factores: 2 equipos para descargar el material de los trailers, 1 para inspeccionarlo y 2 para almacenarlo.

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA
 DATE 9/12/1994
 CURRENT TIME .3930E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .2175E+03

BY APOLINAR ZAPATA
 RUN NUMBER 1 OF 1

STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA TRAILERS	.193	.573	.00	5.00	3712.000	.00
ESPERA INSPECTOR	.516	1.013	.00	7.00	3712.000	1.00
ESPERA ALMACEN	.047	.256	.00	4.00	3712.000	.00

Se observó que en el área de inspección se tenía un máximo de 11 lotes de materiales, sobrepasando su capacidad. Aquí se sugirió aumentar el equipo de inspectores.

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.193	.573	5	0	.628
2	QUE2 QUEUE	.516	1.013	7	1	1.657
3	QUE3 QUEUE	.047	.256	4	0	.152
4	CALENDAR	5.218	2.210	14	3	1.575

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1 DIAS SIMULA.	.1379	.3448	1	1	256
2 LLEGARON 1	.0000	.0000	1	0	36
3 LLEGARON 2	.0000	.0000	1	0	13
4 LLEGARON 3	.0000	.0000	1	0	27
5 LLEGARON 4	.0000	.0000	1	0	47
6 LLEGARON 5	.0000	.0000	1	0	43
7 LLEGARON 6	.0000	.0000	1	0	42
8 LLEGARON 7	.0000	.0000	1	0	32
9 LLEGARON 8	.0000	.0000	1	0	15
10 LLEGARON 9	.0000	.0000	1	0	1
11 LLEGA1	.0482	.2142	1	0	36
12	.0000	.0000	1	0	26
13	.0000	.0000	1	0	81
14	.0000	.0000	1	0	188
15	.0000	.0000	1	0	215
16	.0000	.0000	1	0	252
17	.0000	.0000	1	0	224
18	.0000	.0000	1	0	120
19	.0000	.0000	1	0	9
20 DESCARGADO	.0000	.0000	1	0	1155
21 INSPECCIONA	.0000	.0000	1	0	1154
22 ALMACENADO	.0000	.0000	1	0	1158

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.344	.81	0	.00	2.00	2.00	1155
56	INSPECCION	1	.573	.49	1	.00	24.69	41.61	1154
57	ALMACENAR	2	.651	.72	0	.00	2.00	2.00	1158

REPORTE DEL CUARTO EXPERIMENTO.

Estos son los resultados obtenidos considerando los siguientes factores: 2 equipos para descargar el material de los trailers, 2 para inspeccionarlo y 2 para almacenarlo.

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA
 DATE 9/12/1994
 CURRENT TIME .3930E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .2175E+03

BY APOLINAR ZAPATA
 RUN NUMBER 1 OF 1

STATISTICS FOR TIME-PERSISTENT VARIABLES

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	TIME INTERVAL	CURRENT VALUE
ESPERA TRAILERS	.193	.573	.00	5.00	3712.000	.00
ESPERA INSPECTOR	.032	.222	.00	4.00	3712.000	.00
ESPERA ALMACEN	.071	.375	.00	6.00	3712.000	.00

Los valores máximos obtenidos son los siguientes: 5 trailers esperando ser descargados, 4 lotes de material esperando ser inspeccionados y 6 lotes esperando ser almacenados.

FILE STATISTICS

NUMBER	FILE LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.193	.573	5	0	.620
2	QUE2 QUEUE	.032	.222	4	0	.103
3	QUE3 QUEUE	.071	.375	6	0	.230
4	CALENDAR	5.217	2.224	14	4	1.646

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1 DIAS SIMULA.	.1379	.3448	1	1	256
2 LLEGARON 1	.0000	.0000	1	0	36
3 LLEGARON 2	.0000	.0000	1	0	13
4 LLEGARON 3	.0000	.0000	1	0	27
5 LLEGARON 4	.0000	.0000	1	0	47
6 LLEGARON 5	.0000	.0000	1	0	43
7 LLEGARON 6	.0000	.0000	1	0	42
8 LLEGARON 7	.0000	.0000	1	0	32
9 LLEGARON 8	.0000	.0000	1	0	15
10 LLEGARON 9	.0000	.0000	1	0	1
11 LLEGA1	.0482	.2142	1	0	36
12	.0000	.0000	1	0	26
13	.0000	.0000	1	0	81
14	.0000	.0000	1	0	188
15	.0000	.0000	1	0	215
16	.0000	.0000	1	0	252
17	.0000	.0000	1	0	224
18	.0000	.0000	1	0	120
19	.0000	.0000	1	0	9
20 DESCARGADO	.0000	.0000	1	0	1155
21 INSPECCIONA	.0000	.0000	1	0	1154
22 ALMACENADO	.0000	.0000	1	0	1157

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.944	.81	0	.00	2.00	2.00	1155
56	INSPECCION	2	.573	.70	2	.00	2.00	2.00	1154
57	ALMACENAR	2	.651	.72	0	.00	2.00	2.00	1157

SELECCION DE LOS FACTORES OPTIMOS.

Las dos últimas opciones parecían ser buenas, así que se compararon para tomar una decisión. Enseguida se presentan las estadísticas del servicio de esas alternativas.

****SERVICE ACTIVITY STATISTICS****

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	<u>MAX IDL TME/SER</u>	<u>MAX BSY TME/SER</u>	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.944	.81	0	.00	2.00	2.00	1155
56	INSPECCION	1	.573	.49	1	.00	<u>24.62</u>	<u>41.61</u>	1154
57	ALMACENAR	2	.651	.72	0	.00	2.00	2.00	1158

****SERVICE ACTIVITY STATISTICS****

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	<u>MAX IDL TME/SER</u>	<u>MAX BSY TME/SER</u>	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.944	.81	0	.00	2.00	2.00	1155
56	INSPECCION	2	.573	.70	2	.00	2.00	2.00	1154
57	ALMACENAR	2	.651	.72	0	.00	2.00	2.00	1157

Comparando las dos tablas se pudo apreciar que se tenía un mejor balance de trabajo con 2 equipos para cada una de las actividades. Con ello se planteó la siguiente recomendación.

DEDUCCION

Del análisis de los resultados de las corridas de simulación, se concluyó que es más favorable para la empresa tener asignados al departamento de materiales el personal, con sus respectivos accesorios, que a continuación se describe:

- 2 equipos cuya función sea descargar el material transportado por los trailers.
- 2 equipos para inspeccionar el material descargado de los trailers.
- 2 equipos que se encarguen de almacenar el material que haya sido inspeccionado.

Posteriormente se efectuarón varias corridas manteniendo fijos estos factores para hacer estimaciones.

Se calculó el número total de corridas de computadora, como previamente se indicó, utilizando la siguiente fórmula.

$$N = pq^k = (1)(2)^3 = 8$$

Por lo tanto, para que se pudieran hacer estimaciones fueron requeridas las observaciones de 8 corridas. De las cuales se presentan enseguida los reportes correspondientes.

CORRIDAS DEL MODELO DE SIMULACION

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 1 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.200	.588	5	0	.639
2	QUE2 QUEUE	.029	.197	3	0	.092
3	QUE3 QUEUE	.063	.336	5	0	.201
4	CALENDAR	5.255	2.208	14	4	1.647

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.949	.81	0	.00	2.00	2.00	1164
56	INSPECCION	2	.376	.69	2	.00	2.00	2.00	1162
57	ALMACENAR	2	.652	.72	0	.00	2.00	2.00	1162

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 2 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.213	.617	6	0	.676
2	QUE2 QUEUE	.049	.279	4	0	.155
3	QUE3 QUEUE	.101	.449	6	0	.321
4	CALENDAR	5.150	2.232	14	3	1.590

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.933	.82	0	.00	2.00	2.00	1169
56	INSPECCION	2	.569	.71	0	.00	2.00	2.00	1169
57	ALMACENAR	2	.643	.75	1	.00	2.00	2.00	1168

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 3 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.235	.651	5	0	.732
2	QUE2 QUEUE	.058	.351	6	0	.180
3	QUE3 QUEUE	.107	.503	6	0	.334
4	CALENDAR	5.266	2.302	14	2	1.593

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.966	.81	0	.00	2.00	2.00	1193
56	INSPECCION	2	.587	.71	0	.00	2.00	2.00	1193
57	ALMACENAR	2	.665	.75	0	.00	2.00	2.00	1193

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 4 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.225	.674	5	1	.739
2	QUE2 QUEUE	.043	.274	5	0	.140
3	QUE3 QUEUE	.078	.403	6	0	.257
4	CALENDAR	4.947	2.223	14	6	1.589

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.877	.82	2	.00	2.00	2.00	1128
56	INSPECCION	2	.537	.69	1	.00	2.00	2.00	1127
57	ALMACENAR	2	.602	.72	1	.00	2.00	2.00	1126

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 5 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.327	.908	8	4	1.010
2	QUE2 QUEUE	.058	.334	4	0	.180
3	QUE3 QUEUE	.105	.450	5	0	.325
4	CALENDAR	5.252	2.264	14	5	1.578

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.936	.82	2	.00	2.00	2.00	1197
56	INSPECCION	2	.581	.71	1	.00	2.00	2.00	1196
57	ALMACENAR	2	.655	.74	0	.00	2.00	2.00	1196

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 6 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.252	.668	5	0	.796
2	QUE2 QUEUE	.049	.282	5	0	.155
3	QUE3 QUEUE	.101	.448	5	0	.319
4	CALENDAR	5.319	2.267	14	4	1.630

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.981	.83	1	.00	2.00	2.00	1173
56	INSPECCION	2	.592	.71	0	.00	2.00	2.00	1173
57	ALMACENAR	2	.673	.76	1	.00	2.00	2.00	1174

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 7 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.264	.742	7	0	.833
2	QUE2 QUEUE	.060	.365	7	0	.190
3	QUE3 QUEUE	.125	.604	9	0	.396
4	CALENDAR	5.259	2.354	15	5	1.608

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.947	.83	2	.00	2.00	2.00	1175
56	INSPECCION	2	.576	.72	0	.00	2.00	2.00	1175
57	ALMACENAR	2	.651	.75	1	.00	2.00	2.00	1174

SLAM II SUMMARY REPORT

SIMULATION PROJECT PLANTA MAQUILADORA BY APOLINAR ZAPATA
 DATE 9/12/1994 RUN NUMBER 8 OF 8
 CURRENT TIME .3713E+04
 STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE	AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	QUE1 QUEUE	.275	.781	8	0	.858
2	QUE2 QUEUE	.049	.264	4	0	.151
3	QUE3 QUEUE	.124	.519	6	0	.388
4	CALENDAR	5.343	2.399	15	5	1.612

SERVICE ACTIVITY STATISTICS

ACT NUM	ACT LABEL OR START NODE	SER CAP	AVERAGE UTIL	STD DEV	CUR UTIL	AVERAGE BLOCK	MAX IDL TME/SER	MAX BSY TME/SER	ENT CNT
55	DESCARGA	2	.977	.81	0	.00	2.00	2.00	1190
56	INSPECCION	2	.592	.72	1	.00	2.00	2.00	1189
57	ALMACENAR	2	.672	.75	2	.00	2.00	2.00	1187

INTERVALOS DE CONFIANZA.

Analizando por separado cada una de las actividades realizadas en el Departamento de materiales, se tienen los siguientes resultados:

DESCARGA DE MATERIALES CON 2 EQUIPOS

									\bar{X}	S^2
Longitud máxima de trailers esperando	5	6	5	5	8	5	7	8	6.125	1.83
Tiempo promedio de espera	.639	.676	.732	.739	1.010	.796	.833	.858	.78	.013
Tiempo máximo de ocio/servidor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Tiempo máximo ocupado/servidor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Total de trailers descargados por año	1164	1169	1193	1128	1197	1175	1175	1190	1173.8	484.12

Los intervalos en los cuales se encuentra la media aritmética real que representa cada situación utilizando un nivel de confianza del 90%, se presentan a continuación.

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(.478) = 6.125 \pm .908 \Rightarrow (5.216, 7.033) \text{ ; longitud máxima}$$

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(.04) = 0.78 \pm 0.076 \Rightarrow (0.704, 0.856) \text{ ; tiempo de espera}$$

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(7.7) = 1173.8 \pm 14.63 \Rightarrow (1159.17, 1188.43) \text{ ; descargados por año}$$

INSPECCION DE MATERIALES CON 2 EQUIPOS

									\bar{X}	S^2
Longitud máxima de lotes esperando	3	4	6	5	4	5	7	4	4.75	1.35
Tiempo promedio de espera	.092	.155	.180	.140	.180	.155	.190	.151	0.15	0.0009
Tiempo máximo de ocio/servidor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Tiempo máximo ocupado/servidor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Lotes inspeccionados por año	1162	1169	1193	1127	1196	1175	1175	1189	1173.2	492.21

Los intervalos en los cuales se encuentra la media aritmética real que representa cada situación utilizando un nivel de confianza del 90%, se presentan a continuación.

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(.45) = 4.75 \pm 0.855 \Rightarrow (3.895, 5.605) ; \text{longitud máxima}$$

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(.01) = 0.15 \pm 0.019 \Rightarrow (0.13, 0.169) ; \text{tiempo de espera}$$

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(7.8) = 1173.25 \pm 7.8 \Rightarrow (1158.35, 1188.5) ; \text{lotes inspeccionados}$$

COLOCACION DE LOTES DE MATERIAL EN ALMACEN CON 2 EQUIPOS.

									\bar{X}	S^2
Longitud máxima de lotes esperando	5	6	6	6	5	5	9	6	6	1.71
Tiempo promedio de espera	.201	.321	.334	.257	.325	.319	.396	.388	0.31	0.004
Tiempo máximo de ocio/servidor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Tiempo máximo ocupado/servidor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Lotes almacenados por año	1162	1168	1193	1126	1196	1174	1174	1187	1163.7	639.64

Los intervalos en los cuales se encuentra la media aritmética real que representa cada situación utilizando un nivel de confianza del 90%, se presentan a continuación:

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(0.46) = 6 \pm 0.874 \Rightarrow (5.126, 6.874) \text{ ; longitud máxima}$$

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(0.22) = 0.31 \pm 0.0418 \Rightarrow (0.26, 0.35) \text{ ; tiempo de espera}$$

$$\bar{x} \pm t_{I-11-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{I}} = \bar{x} \pm 1.9(8.9) = 1163.75 \pm 16.91 \Rightarrow (1146.84, 1180.66) \text{ ; lotes almacenados}$$

CONCLUSION DEL ESTUDIO

Basándose en los resultados obtenidos por la simulación, se concluyó que el número óptimo de equipos que deberían estar asignados al Departamento de Materiales en cada turno era de:

- a) 2 para descargar el material de los trailers
- b) 2 para inspeccionar los lotes de material
- c) 2 para almacenar los lotes de material

Los equipos sobrantes ¹ fueron asignados a otros departamentos o dados de baja.

Al implementar esta propuesta se tuvo una confianza del 90% de que se dieran los siguientes resultados:

- Una longitud promedio máxima de 5.21 a 7.03 trailers esperando en las rampas.
- Un tiempo promedio de espera de 0.70 a 0.85 horas (42 a 51 minutos) por trailer en el área de descarga.
- Un máximo de 2 horas tanto de ocio como de actividad para cada equipo de descarga.
- Un total de 1159.17 a 1188.43 trailers descargados por año.
- Un máximo de 3.89 a 5.60 lotes de material esperando ser inspeccionados.
- Un tiempo promedio de 0.13 a 0.16 horas (7.8 a 9.6 minutos) para cada lote de material en espera de ser inspeccionado.

¹ ver la página 13.

- Un máximo de 2 horas tanto de ocio como de actividad para cada inspector de calidad.
- Un total de 1158.35 a 1188.5 lotes inspeccionados al año.
- Un promedio máximo de 5.12 a 6.87 lotes en espera de ser almacenados.
- Un tiempo promedio entre 0.26 a 0.35 horas (15.6 a 21 minutos) para los lotes que esperan ser almacenados.
- Un máximo de 2 horas tanto de ocio como de actividad para cada equipo (operador y montacargas) del almacén.
- Un total de 1146.84 a 1180.66 lotes almacenados por año.

Además, se comentó que debían mantenerse en funcionamiento las 8 rampas existentes y los 8 lugares del área donde se colocaba el material para su inspección.

Con esa propuesta se logró disminuir en gran medida los costos del Departamento de Materiales debido a los gastos ahorrados en personal y accesorios que no eran necesarios en ese Departamento.

En la siguiente tabla se describen dichas actividades, cantidades y ahorros semanales logrados implementando la propuesta.

Relación de ahorros logrados en nuevos pesos

actividad	cantidad/ turno	ahorro/uni- dad	ahorro total/ turno	ahorro en los 2 turnos
operadores manuales	4	216.1	864.4	1,728.80
operadores de montacargas en descarga	4	220	880	1,760.00
supervisores de materiales	2	622.12	1244.44	2,488.88
montacargas en descarga *	4	150.57	602.28	602.28
inspectores de calidad	2	357.92	715.84	1,431.68
operadores de montacargas en almacén	2	220	440	880.00
montacargas del almacén	2	150.57	301.14	301.14

Ahorro total por semana

N\$ 9,192.78

Lo anterior equivale a un ahorro total de N\$ 36,771.12 por mes, ó sea ,

¡ N\$ 441,253.44 anuales ! . . .

* El montacargas tiene un costo de 20,950 dólares que equivale a N\$ 72,277.5 y su vida útil es de 10 años, es decir, su depreciación es de N\$ 7,227.75 anuales.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSION.

La técnica de simulación resultó ser muy útil en la solución del problema presentado en esta tesis de aplicación a una situación real. Tanto fue así que sin ella no hubiera sido posible analizar todas las alternativas, teniendo en los resultados un nivel de confianza del 95%.

RECOMENDACIONES.

Es necesario que todos los estudiantes en ingeniería y ciencias de la administración conozcan y manejen al menos un lenguaje de simulación. En esta tesis se utilizó el lenguaje SLAM por la razón de que es el más recomendable en problemas de formación de colas. Sin embargo, en el mercado existen una gran variedad de lenguajes de simulación con propósitos especiales, algunos de ellos son: GPSS/H, PROMODEL,

WITNESS, SIMFACTORY; los cuales se pueden aplicar en la industria para el diseño de líneas de producción.

También recomiendo que cuando se aplique la simulación se formule claramente el problema, se definan los objetivos que se desean alcanzar con el estudio, así como tener un pleno conocimiento de las limitaciones en recursos y tiempo. Siempre que sea posible se deben hacer simplificaciones, pero cuidando no caer en el extremo de eliminar detalles importantes para el modelo, generando con ello una abstracción irreal del sistema modelado. Por lo tanto, toda simplificación debe estar apoyada en justificaciones bien fundadas y profundamente analizadas, siendo el punto de referencia la invariabilidad del sistema. La aplicación de métodos estadísticos es irremediable, debemos cuidar de no alimentar al modelo con basura porque también nos dará basura, por eso, se debe tener un dominio de las distribuciones de frecuencias, histogramas, pruebas de hipótesis, correlaciones, etc.

Es asimismo fundamental, que se programen reuniones semanalmente con el personal que directamente trabaja en el área que se está estudiando para recibir retroalimentación e involucrarlos para minimizar la resistencia al cambio.

Por último, deseo recordar al lector que el trabajo termina hasta que los cambios sugeridos se lleven a cabo al pie de la letra, dándoles seguimiento por algún tiempo para cuidar y verificar que los resultados esperados se den tal y como se tiene contemplado.

APENDICE A

PRODUCTOS QUE MAQUILA LA EMPRESA

Número	Nombre del Producto	Cantidad de Material
1	Big view mirror	36
2	Danc an Mble Twn	53
3	Assy Shape Ball	81
4	Chime Ball	31
5	Pop Up Bunny	65
6	Rattle	17
7	Medical Kit	100
8	Water Arcade	42
9	Rock'n Roll Xylo	28
10	Roller Skates Cip	31
11	Risin Star B Ball	33
12	Jwi Trav Tndr/Shp	52
13	Push Chime Assy	26
14	Chater Telephone	53
15	Assy Dishwaser	24
16	Pull Along Plane	31
17	L. P. Small Set Asst	84
18	L. P. Dump Truck	25
19	L. P. Access Asst	41
20	Trvl Tndr/Shipper	51
21	Assy Voyager	38
22	L. P. Nursery Set	18
23	Jetliner	43
24	L. P. Mini Set Asst	51
25	L. P. Vehicle Asst	47
26	Assy Fun Park	15
27	Activity Center	66
TOTAL:		27 PRODUCTOS
		1182 MATERIALES

LISTA DE MATERIALES DEL PRODUCTO DANC AN MBLE TWN.

No.	Descripción	Cantidad	No.	Descripción	Cantidad
1	Tape	A/R	28	Master Roll Leaf	Ft A/R
2	Unidad Musical	1	29	Tornillo inspec.	4
3	Botón	1	30	Turn Ph	1
4	Engrane	1	31	Goma liquida	Lbs A/R
5	Placa	1	32	Cubierta Posteri.	1
6	Huasa	1	33	Etiqueta/Cubierta	1
7	Tornillo inspec.	1	34	Tubo amarillo	1
8	Tornillo	1	35	Medio Cojinete	2
9	Housing RR/Litho	1	36	Unión de exhib	1
10	Assy mobile suprt	1	37	Unión conductor	1
11	Opresor	1	38	Shaft Flex/Formed	1
12	Hsg. Frt. Deco	1	39	Cable flexible	1
13	Seguro yel	1	40	Media manga	2
14	Apagador	1	41	Goma liquida	Lbs A/R
15	Remache 6/32 x 2	1	42	Etiqueta cubierta	1
16	Armazón	1	43	Hsg Front	1
17	Remache 4/32 x 1	3	44	Roll Leaf	25
18	Resorte	1	45	Cubierta Frente	1
19	Separador	1	46	Remache	4
20	Cartón	1	47	Bolsa de plástico	1
21	Clavo inspec.	3	48	Brazo rojo	1
22	Clavo	3	49	Brazo amarillo	1
23	Tape 3M #8458	RL	50	Brazo verde	1
24	Assy Parts Bag	1	51	Brazo azul	1
25	Shpr 0175	4	52	Animales / Bolsa	1
26	Individual G175	1	53	Instructivo	1
27	Perimeter Packer	1			

PRODUCCION REQUERIDA DEL PRODUCTO DANC AN MBLE TWN

Descripción	Cantidad Requerida	Fecha
Danc an Mble Twn	12,800	04/04/94
	16,000	04/11/94
	9,100	04/18/94
	15,600	05/02/94
	15,600	05/09/94
	19,500	05/16/94
	19,500	05/23/94
	19,500	05/30/94
	19,500	06/06/94
	16,000	06/13/94
	20,000	07/18/94
	20,000	08/15/94
	20,000	08/22/94
	20,000	08/29/94
	16,000	09/12/94

APENDICE B

PROVEEDORES DE LA EMPRESA.

	Proveedor	Ciudad
1.	A.C. Morgan Dyensbury	New York, NY
2.	A.E. Nathan	Wyoming, NY
3.	A&H Molded Products	Wyoming, NY
4.	Asl or American Trim Products	El Paso, Texas
5.	Accurate Color	El Paso, Texas
6.	Actra MFG Inc.	Bufalo, NY
7.	Admiral Coated Products	Moonachie, NY
8.	Adnik	New York, NY
9.	Advanced Custom Molding	George Town, Tx
10.	Allen Rodgers Corp.	Rochester, NY
11.	Alling & Cory	Buffalo, NY
12.	All Plastic Molding Inc.	Addison, Texas
13.	All Star Fastener Corp.	Addison, Texas
14.	Almac Plastics Inc	Rochester, NY
15.	American Fuji Seal	Fairfield, NY
16.	American Manufacturing Co. Inc.	Honesdale, PA
17.	American Braid	New York, NY
18.	Ansel Press Inc.	Buffalo, NY
19.	Apex Mills	Addison, Texas
20.	Artistic Ribbon	New York, NY
21.	Arden Fasteners	St. Paul, MN
22.	Armtex	Cheshire, CT
23.	Auburn Label and Tag Company	New York, NY
24.	Automatic Spring Products Corp.	Grand Haven, MO
25.	B.F. Goodrich Chemical	Cleveland, OH
26.	Ball and Socket Manufacturing Co.	Cheshire, CT
27.	Baron Fabrics	New York, NY
28.	Bazz Houston	New York, NY
29.	Belko Corporation	Kingsville, MD

(CONTINUACION)

	Proveedor	Ciudad
30.	Better Wire Products	Buffalo, NY
31.	Beu-TEX	New York, NY
32.	Boncraft	Orchard, NJ
33.	Bonice Enterprises	Cranford, NJ
34.	Botellas de Plástico	Monterrey, NL
35.	Brownsville Bolt & Screw	Brownsville, TX
36.	Buffalo Batt & Felt Corp.	Depew, NY
37.	Caldwell Button	New York, NY
38.	Camcar Divison	Connicute, OH
39.	Canpak Inc.	San Antonio, TX
40.	Caro Manufacturing Corp.	New York, NY
41.	Carlisle Diversifield Co.	Mc Allen, TX
42.	Caro Manufacturing Corp.	Jerico, NY
43.	Carolace Embroidery Company, Inc	New York, NY
44.	Cedar Metal Specialties Inc.	Wolcott, CT
45.	Cem Central	San Antonio, TX
46.	Century Narrow Fabrics	Chicago, IL
47.	Century Papers	Mc Allen, TX
48.	CFC International	Chicago, IL
49.	Century Springs Mfg	Connicute, OH
50.	Chicago Rivet & Machine Company	Buffalo, NY
51.	Chi Fung Toys Co.	Taiwan, ROC
52.	Close Purchase Order	New York, NY
53.	Cir Eastam Chemical Products	New York, NY
54.	Coats & Clark Sales Corporation	Doraville, GA
55.	Collins & Aikman	Jericho, NY
56.	Coomon Wealth Felt	New Hamton, MA
57.	Concord	Milaguille, GA
58.	Continental Warp Knits	Angier, NC.

Son en total 307 Proveedores distribuidos en diferentes ciudades de los estados de: New York, Texas, New Jersey, Nuevo León, Connecticut, Illionis, Ohio, Taiwan, Georgia, Massachusetts, North Carolina, Seoul Korea, Arkansas, Washington, Indiana, Lousiana, Pennsylvania, Rhode Island, Maine, Hong Kong, Tennessee, Michigan, Kentucky, South Carolina, Florida, Ontario Cánada, Mississippi, Alabama, New Ampshire, Vermont, Virginia, West Virginia, y Coahuila.

APENDICE C

INFORMACION RECOPIADA

EFICIENCIA DE DESCARGA ENERO 94						
No. de Trailer	Llegada Día Hora	Inicio Día Hora	Terminación Día Hora	Tiempo/ Trailer	Tiempo/ Descarga	
12-536	03 13.00	04 15.25	03 21.25	08.25	6	
482315	03 18.75	05 07.00	04 15.00	20.25	8	
12-482	03 18.75	05 07.00	04 13.00	18.25	6	
12-250	03 18.75	05 08.75	04 14.60	19.85	5.85	
12-543	04 11.75	06 07.00	05 10.00	22.25	3	
294377	04 11.75	05 15.75	04 22.65	10.90	6.9	
12-468	04 11.75	05 11.75	04 15.25	03.50	3.5	
294408	05 13.50	06 15.25	05 22.75	09.25	7.5	
482315	06 11.15	08 15.25	07 18.50	31.35	3.25	
12-536	06 12.15	07 12.15	07 15.00	02.85	2.85	
12J162	06 12.15	07 15.25	06 18.90	06.75	3.65	
482315	06 14.00	08 18.50	07 22.85	32.85	4.35	
PH1532	06 18.00	07 20.15	07 22.15	04.15	2.00	
13-660	07 13.00	12 07.00	11 16.25	99.25	9.25	
12-432	07 13.00	09 15.25	08 17.25	28.25	2.00	
13-655	07 13.00	08 13.00	07 18.30	05.30	5.30	

(CONTINUACION)

EFICIENCIA DE DESCARGA							ENERO 94	
No. de Trailer	Llegada Día Hora		Inicio Día Hora		Terminación Día Hora		Tiempo/ Trailer	Tiempo/ Descarga
294353	10	10.90	13	10.90	11	11.50	48.50	0.60
GW5078	10	10.90	11	10.90	09	15.60	04.70	4.70
294408	10	11.75	12	07.00	10	09.75	22.00	2.75
12-386	10	11.75	13	09.75	11	15.25	51.50	5.50
13-620	11	13.25	12	13.25	10	14.00	00.75	0.75
PH1526	11	13.25	12	16.25	10	16.75	03.50	1.50
12-407	11	13.25	12	16.75	10	22.50	09.25	5.75
12-491	11	13.25	13	15.25	11	19.00	29.75	3.75
GW4966	11	13.25	13	07.00	12	09.25	20.00	2.25
380366	11	13.25	17	07.00	14	11.00	141.75	4.00
285790	11	9.50	13	09.50	12	11.00	25.50	1.50
294345	12	14.65	13	15.25	12	21.25	06.60	6.00
ME4309	12	14.65	13	15.25	12	20.00	05.35	4.75
13-282	13	17.50	14	17.50	13	22.00	04.50	4.50
294408	13	14.00	18	07.00	17	11.00	97.00	4.00
391008	13	14.00	18	07.00	17	09.65	95.65	2.65
GW4973	13	14.00	15	07.00	14	14.00	24.00	7.00
294353	13	18.50	14	18.50	13	21.75	03.25	3.25
NA5350	13	18.50	14	20.25	13	21.50	03.00	1.25
MO8054	13	18.50	18	11.00	17	15.00	92.50	4.00
294377	14	19.00	15	19.00	14	20.60	01.60	1.60
287071	14	17.00	15	17.25	14	23.00	06.00	5.75
12-439	14	14.25	18	07.00	17	12.60	70.35	5.60
289529	14	16.00	15	16.00	14	17.25	01.25	1.25
12-459	14	17.00	18	07.00	17	10.15	65.15	3.15
22-255	14	17.00	18	15.25	17	19.15	74.15	3.90
12-318	14	17.00	19	07.00	18	12.00	91.00	5.00
12-408	14	20.50	18	10.25	17	14.40	65.90	4.15
12-538	14	20.50	18	07.00	17	13.30	64.80	6.30

(CONTINUACION)

EFICIENCIA DE DESCARGA ENERO 94						
No. de Trailer	Llegada Día Hora	Inicio Día Hora	Terminación Día Hora	Tiempo/ Trailer	Tiempo/ Descarga	
12-451	17 12.50	18 15.25	17 22.60	10.10	7.35	
13-616	17 12.50	19 07.00	18 10.60	22.10	3.60	
294408	17 18.00	19 07.00	18 09.60	15.60	2.60	
MA3625	17 18.00	19 07.00	18 10.25	16.25	3.25	
121393	18 14.25	20 15.25	19 17.30	27.05	2.05	
13-740	18 14.25	20 07.00	19 12.30	22.05	5.30	
12J581	18 14.25	20 07.00	19 09.65	19.40	2.65	
13-672	18 14.25	20 07.00	19 12.85	22.60	5.85	
294346	18 14.25	19 20.85	18 22.25	08.00	1.40	
289798	18 18.00	20 07.00	19 14.25	20.25	7.25	
GW3641	18 18.00	20 15.25	19 18.50	24.50	3.25	
294353	19 15.50	21 07.00	20 13.00	21.50	6.00	
294345	19 15.50	20 16.25	19 18.25	02.75	2.00	
12-230	19 15.50	20 18.50	19 22.75	07.25	4.25	
12-239	19 15.50	21 07.00	20 10.00	18.50	3.00	
004608	20 12.50	21 12.50	20 15.00	02.50	2.50	
294377	20 12.50	22 07.00	21 15.25	26.75	8.25	
285794	20 18.50	22 07.00	21 09.00	14.50	2.00	
12-202	20 18.50	22 09.00	21 13.00	18.50	4.00	
12-463	21 20.25	26 07.00	25 09.50	83.25	2.50	
13-715	21 20.25	25 07.00	24 15.00	64.75	8.00	
12-400	21 20.25	26 07.00	25 08.25	82.00	1.25	
13-628	21 18.00	25 15.25	24 15.75	69.75	8.75	
13-573	21 18.00	22 18.00	21 21.50	03.50	3.50	
294355	21 20.25	22 22.25	21 23.75	01.50	1.50	
380366	24 18.00	26 07.00	25 11.25	17.25	4.25	
MA4015	24 18.00	25 18.00	24 22.00	04.00	4.00	
12-529	24 18.00	26 15.25	25 21.50	27.50	6.25	
294345	25 12.00	27 15.25	26 18.75	30.75	3.50	
294346	25 12.00	27 07.00	26 09.75	21.75	2.75	
GW4966	25 12.00	26 12.00	25 14.50	02.50	2.50	
530056	25 12.00	27 07.00	26 10.25	22.25	3.25	

(CONTINUACION)

EFICIENCIA DE DESCARGA ENERO 94						
No. de Trailer	Llegada Día Hora	Inicio Día Hora	Terminación Día Hora	Tiempo/ Trailer	Tiempo/ Descarga	
12-242	25 16.00	27 09.75	26 10.50	18.50	0.75	
12-235	25 18.00	27 15.25	26 21.00	27.00	5.75	
MA3509	26 18.00	29 07.00	28 12.00	42.00	5.00	
289798	26 13.00	27 15.25	26 21.00	08.00	5.75	
12-326	26 18.00	29 07.00	28 10.25	40.25	3.25	
294345	26 18.00	29 10.50	28 15.00	69.00	4.50	
13-580	26 18.00	29 07.00	28 10.00	64.00	3.00	
285794	27 13.50	28 15.25	27 17.25	03.75	2.00	
12-471	28 13.00	31 15.25	31 20.75	07.75	5.50	
893117	28 13.00	31 13.00	31 14.50	01.25	1.25	
12-471	28 13.00	1 Feb 07.00	1 Feb 13.25	72.25	6.25	
12-487	28 17.00	1 Feb 07.00	1 Feb 10.50	65.50	3.50	
12.270	28 18.25	31 18.25	31 21.00	02.75	2.75	

Se continuó de esta manera obteniéndose la eficiencia de descarga para los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio.

APENDICE D

SLAM II •

INTRODUCCION

Una red de SLAM consiste de nodos y ramas. Una rama representa una actividad que implica un tiempo de proceso o un retraso. Los nodos son lugares antes y después de una actividad y son usados para representar acontecimientos, puntos de decisión, y líneas de espera. Lo que fluye a través de la red son entidades, las cuales representan objetos físicos, información, o una combinación de ambos. Un conjunto de atributos es usado para describir una entidad y para distinguir una entidad de otra. Por ejemplo, una entidad podría tener atributos que describan su tipo, peso y valor. Las entidades fluyen a través de la red de un nodo a otro de acuerdo a las condiciones de la ruta en las actividades. La red SLAM es un modelo de las operaciones y procedimientos de un sistema.

• Traducción del libro:
SLAM II NETWORK MODELS FOR DECISION SUPPORT
A. Alan B. Pritsker • C. Elliott Sigal • R. D. Jack Hammerström

En el modelo de red de SLAM, una entidad se origina en un nodo CREATE y es dirigido a las actividades que salen desde ese nodo. En cada actividad, la entidad permanece en ella y llega al nodo final en el tiempo que se marque como la duración de la misma. Cuando se alcanza el nodo final de una actividad, la disposición de la entidad es determinada por el tipo de nodo, los atributos de la entidad, y la condición del sistema establecido por la variables modeladas. Regularmente, la entidad es despachada a una o más actividades desde el nodo al cual llegó. Alternativamente, la entidad permanece en el nodo hasta que un servidor se encuentre disponible o un recurso se coloque para su liberación. La entidad continua a través de la red moviendose desde un nodo a una actividad hasta que se encuentre con el nodo TERMINATE, o no pueda encontrar más una ruta. Cuando esto ocurre, la entidad se elimina, o sea, se borra de la red.

El procedimiento de simulación es usado para analizar una red generando entidades y procesando sus movimientos a través de la misma. Como las entidades fluyen por la red modelada, se hacen observaciones de tiempo de viaje, tiempo de abandono de nodos y estado de los servidores, recursos y filas. Los nodos de colección de datos son insertados directamente en la red para coleccionar observaciones de las variables en el modelo. Las estadísticas son presentadas para esos nodos y para las variables SLAM.

ACTIVIDADES

Cada actividad en la red, tiene una duración especificada de abandono para cada entidad que la cruza. Gráficamente, la duración se especifica directamente sobre la rama. La duración podrá ser constante, variable, o condicional. Las variables utilizadas para especificar la duración de una actividad podrán ser tomadas como (1) un atributo de la entidad al entrar en la actividad, $ATRIB(I)$, (2) una variable global, $XX(I)$ o $ARRAY(I,J)$, o (3) una función escrita por el usuario $USERF(N)$.

La duración especificada como una variable aleatoria indica que el valor de una distribución será usado. Las variable aleatorias se presentan en seguida.

Nombre	Definición
DRAND(IS)	Un número aleatorio con semilla IS.
EXPON(XMN,IS)	Una muestra de una distribución exponencial con media XMN usando semilla IS.
UNFRM(ULO,UHI,IS)	Una muestra de una distribución uniforme en el intervalo ULO a UHI usando la semilla IS.
WEIBL(BETA,ALPHA,IS)	Una muestra de una distribución Weibul con parametros BETA y ALPHA usando la semilla IS.
TRIAG(XLO,XMODE, XHI,IS)	Una muestra de una distribución triangular en el intervalo XLO a XHI con moda XMODE usando la semilla IS.
RNORM(XMN,STD,IS)	Una muestra de una distribución normal con media XMN y desviación estandar STD usando la semilla IS.

RLOGN(XMN,STD,IS)	Una muestra de una distribución lognormal con media XMN y desviación estandar STD usando la semilla IS.
ERLNG(EMN,XK,IS)	Una muestra de una distribución Erlang la cual es la suma de XK muestras exponenciales cada una con media EMN usando la semilla IS.
GAMA(BETA,ALPHA,IS)	Una muestra de una distribución gama con parámetros BETA y ALPHA usando la semilla IS.
BETA(THETA,PHI,IS)	Una muestra de una distribución beta con parámetros THETA y PHI usando IS como semilla.
NPSSN(XMN,IS)	Una muestra de una distribución Poisson con media XMN usando IS.
DPROB(IRCUM,IRVAL,IS)	Una muestra de una distribución de probabilidades donde las probabilidades acumulativas están en la fila IRCUM de un arreglo y los correspondientes valores de muestra están en el arreglo IRVAL usando IS.

La duración de una actividad no requiere ser determinada cuando una entidad entra, pero debe depender del tiempo de abandono de un nodo usando la especificación REL(NLBL), cuando NLBL es una etiqueta de un nodo en la red. Cuando la duración se especifica de esta manera, la entidad permanecerá en la actividad hasta que se libere el nodo NLBL. Para muchos nodos, la liberación ocurre cuando una entidad llega al nodo. Sin embargo, hay nodos ACCUMULATE, MATCH, BATCH y SELECT que requieren más de una entidad de llegada para su liberación.

La duración de una actividad puede también depender de una asignación. Esto se logra usando la especificación STOPA(NTC), donde NTC es un código en enteros para distinguir entre entidades y actividades. Una actividad cuya duración se especifica por STOPA(20) continua en operación, manteniendo la entidad en la actividad, hasta que a STOPA se le da el valor de 20. Las especificaciones REL y STOPA son métodos que proveen espera.

La ruta de una entidad desde un nodo involucra la selección de una o más ramas para procesar la entidad (o copias idénticas de la entidad). La selección de una sola rama puede ser probabilístico, en cuyo caso, una probabilidad es parte de la descripción de la actividad. La selección de una o más ramas puede ser condicional, en cuyo caso una condición es parte de la descripción de la actividad. Si no se especifica una condición o probabilidad (una situación común), la actividad que se inicia es aquella con el menor número M, el número M de un nodo se define como el máximo número de actividades por el cual una entidad se ha dirigido desde ese nodo.

El símbolo para una rama representa una actividad. Las actividades que siguen a nodos QUEUE son actividades de servicio. El número de servidores en paralelo se especifica por actividades de servicio. El número de actividades procesadas en una actividad de servicio no puede exceder al número de servidores. Las actividades que no preceden a un nodo QUEUE son actividades regulares. Cualquier cantidad de entidades pueden ser procesadas a la vez en una actividad regular.

Las actividades se identifican por un número. Si el número I se prescribe en una actividad, luego la variable NNACT(I) se mantiene como el número de entidades procesadas a la vez en la actividad I. También, la variable NNCNT(I) está disponible y es el número de entidades que han completado la actividad I. Para actividades de servicio y actividades regulares, SLAM provee automáticamente estadísticas de los valores de NNACT y NNCNT.

RUTAS PROBABILISTICAS

La ruta probabilística de una entidad de un nodo involucra la selección de una actividad de un conjunto de actividades basado en una frecuencia relativa. Esta ruta puede ser usada para (1) caracterizar el flujo de entidades de acuerdo con el porcentaje de entidades que fluyen sobre una porción dada de una red, y (2) representa la fracción de tiempo como un tipo de especificación de la duración de la actividad empleada por las entidades. La ruta probabilística se modela especificando un valor de probabilidad para cada actividad emanada del nodo. La probabilidad puede ser especificado por un valor, 0.3, o un valor tomado de la variable ATRIB, XX, o ARRAY. Ejemplos de rutas probabilísticas desde un nodo GOON se presentan en la siguiente figura 1.

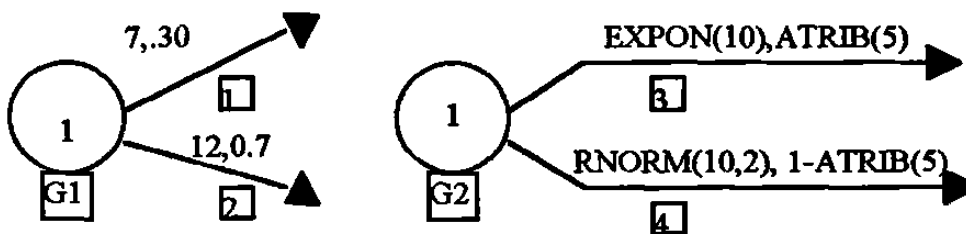


figura 1 (a)

figura 1 (b)

En la figura (a), el 30% de la entidades que llegan al nodo G1 son dirigidas a la actividad 1 y el 70% son dirigidas a la actividad 2. La actividad 1 tiene una duración de 7 unidades de tiempo y la actividad 2 tiene una duración de 12 unidades de tiempo. En la figura (b), las probabilidades son especificadas en el atributo 5 de la entidad a ser dirigida sobre cualquiera de las actividades 3 o 4. El atributo 5 de la entidad debe ser establecido como un numero entre 0 y 1 en el nodo ASSIGN antes de que la entidad llegue al nodo GOON G2. El valor de ATRIB(5) especifica la probabilidad del camino de la entidad sobre la actividad 3 cuya duración es distribuida exponencialmente con media de 10. Con

probabilidad 1-TRIB(5), la entidad sigue el camino de la actividad 4 cuya duración esta normalmente distribuida con media 10 y desviación estandar de 2. Esto muestra como las rutas probabilisticas pueden ser usadas para especificar el camino a seguir por una entidad.

RUTAS CONDICIONALES

Las rutas condicionales seleccionan actividades emanadas desde un nodo basadas en una condición prescrita por una actividad. Una especificación condicional es solamente colocada en actividades regulares, las actividades de servicio deben ser iniciadas solo si una entidad esta esperando por un servidor. Las condiciones son prescritas en las actividades en la siguiente forma.

VALUE. OPERATOR. VALUE

donde VALUE puede ser una constante, una variable slam o una variable aleatoria slam. El OPERATOR deberá ser uno de los siguientes codigos de relación:

<u>Codigo</u>	<u>Definición</u>
LT	Menor que
LE	Menor que o igual a
EQ	Igual a
NE	Diferente a
GT	Mayor que
GE	Mayor que o igual a

Las variables slam que pueden ser usadas en una condición se listan enseguida.

<u>Nombre</u>	<u>Definición</u>
TNOW	Tiempo actual.
ATRIB(I)	Atributo I de una entidad actual
XX(I)	Vector global.
NNACT(I)	Número de entidades activas en la actividad I en el tiempo actual.
NNCNT(I)	El número de entidades que han completado la actividad I.
NNGAT(GATE)	El estado de la puerta GATE en el tiempo actual : 0 → abierto; 1 → cerrado.
NNRSC(RLBL)	Número actual de unidades de la fuente tipo RLBL disponible.
NRUSE(RLBL)	Número actual de unidades de la fuente tipo RLBL en uso.
NNQ(I)	Número de entidades en el archivo I en el tiempo actual.
USERF(N)	Un valor obtenido de la N ^{es} ima función USERF.
ARRAY(I,J)	Un arreglo global.

Enseguida se dan varios ejemplos del uso de rutas condicionales.

<u>Condición</u>	<u>La entidad que llega se manda a la actividad</u>
TNOW .GT. 100	Si el tiempo actual es mayor que 100.
ATRIB(2) .EQ. ATRIB(4)	Si el valor del atributo (2) de la entidad es menor o igual que el valor del atributo(4) de la entidad.
NNCNT(5) .EQ. 1000	Si el número de entidades que han completado la actividad 5 es igual a 1000.
NNQ(4) .GE. UNFRM(2,6)	Si el número de entidades en el archivo 4 es mayor o igual a una muestra distribuida uniformemente entre 2 y 6.

La unión e intersección de dos o más condiciones pueden ser escritas por una actividad usando las especificaciones .AND. y .OR. Si más de dos condiciones son combinadas usando esas especificaciones, luego las condiciones son probadas secuencialmente de izquierda a derecha. Pruebas lógicas complicadas requieren parentesis pero esto no es permitido directamente en la red.

ENTIDADES CIRCULANDO.

El máximo número de entidades circulando por las actividades que salen desde un nodo se especifica por el número M del nodo. Si se asignan probabilidades a las actividades que salen de un nodo el valor de M debera ser 1. Si se especifican condiciones para las actividades que salen de un nodo el número M representa el máximo número de actividades

que pueden ser seleccionadas. Para cada actividad seleccionada, una entidad, con los atributos de la entidad que llega al nodo, se manda a la actividad.

TIPOS DE NODOS

En SLAM hay 20 tipos de nodos. Los cuales se enlistan enseguida.

Nodos básicos

CREATE	Genera y marca entidades.
QUEUE	Mantiene entidades para servicio.
TERMINATE	Destruye entidades.
ASSIGN	Fija valores a variables.
GOON	Separa actividades seriadas y rutas de entidades.
COLECT	Colecciona observaciones.

Recursos y puertas

AWAIT	Mantiene entidades esperando por recursos o una puerta.
FREE	Hace los recursos disponibles.
PREEMPT	Posiciona una fuente.
ALTER	Cambia la capacidad de una fuente.
OPEN	Abre una puerta.
CLOSE	Cierra una puerta.

Nodos lógicos y desiciones.

ACCUMULATE	Produce una entidad desde la llegada de entidades.
BATCH	Amontona entidades en una sola.
UNBATCH	Reestablece entidades amontonadas.
MATCH	Mantiene las entidades hasta que llega un conjunto de entidades relacionadas.
DETECT	Crea una entidad cuando se da cierta condición.
SELECT	Manda las entidades a y desde las filas a los servidores.

Nodos de interface

EVENT	Llama la subrutina EVENT.
ENTER	Acepta entidades encaminadas desde un código.

NODOS BASICOS

Los nodos básicos en slam son CREATE, QUEUE, TERMINATE, ASSIGN, GOON, y COLCT.

NODO CREATE (CREAR)

El nodo CREATE genera entidades y sus rutas en la red de actividades que surgen desde ese nodo. El simbolo y su enunciado son presentados en la figura 2.

El tiempo necesario para crear la primera entidad por el nodo CREATE esta especificado por el valor TF. El tiempo entre creaciones de entidades después de la primera esta especificado por el valor de la variable TBC. TBC puede ser especificada como una constante, una variable de slam o una variable aleatoria. La entidades continuan creándose hasta el máximo número de creaciones especificado por MC. Cuando MC creaciones han sido introducidas al sistema, el nodo CREATE se detiene. El tiempo en la cual la entidad es creada podría ser asignado como un atributo de la entidad. La variable ATRIB(MA) guarda ese valor.

CREATE, TBC, TF, MA, MC, M;

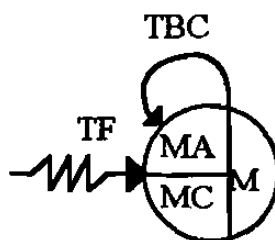


figura 2

NODO QUEUE (FILA)

Un nodo QUEUE es una localización en la red donde las entidades esperan por algún servicio. Cuando una entidad llega a un nodo QUEUE, su disposición depende de la política de servicio en ese nodo. Si el servidor esta libre, la entidad pasa a la actividad de servicio. Si los servidores están ocupados, la entidad espera en un archivo en el nodo QUEUE hasta que un servidor se encuentre disponible. Cuando un servidor se encuentre disponible, la entidad es tomada del archivo y el servicio se inicia. Cuando una entidad espera en un nodo QUEUE, se guarda en un archivo IFL el cual mantiene los atributos de la

entidad y la posición de la entidad con respecto a otras entidades que también esperan. El orden en el cual las entidades esperan es especificado fuera de la red en una instrucción **PRIORITY** que define la regla de servicio para el archivo **IFL**. Los archivos pueden ser atendidos de la siguiente manera: primero en llegar, primero en atenderse (**FIFO**); último en llegar, primero en atenderse (**LIFO**); El de menor valor del atributo **K** (**LVF(K)**); y el de mayor valor del atributo **K** (**HVF(K)**). **FIFO** es la prioridad por default.

El número inicial de entidades de un nodo **QUEUE**, **IQ**, es parte de la descripción del nodo. Esas entidades iniciales tiene atributos con valor cero. El símbolo y el enunciado para el nodo **QUEUE** se presentan en la figura 3.

QUEUE (IFL), IQ, QC, BALK(NLBL) o BLOCK, SLBLs;

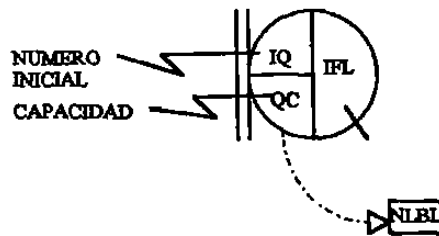


figura 3

NODO TERMINATE (FINALIZAR)

El nodo **TERMINATE** es usado para borrar entidades de la red. Es usado para especificar el número de entidades a ser procesadas en la corrida de la simulación. Cuando se emplean múltiples nodos **TERMINATE**, el primer contador de terminación **TC** alcanzado hace que la corrida de simulación concluya. El símbolo y su enunciado para el nodo **TERMINATE** se presentan en la figura 4.

TERMINATE,

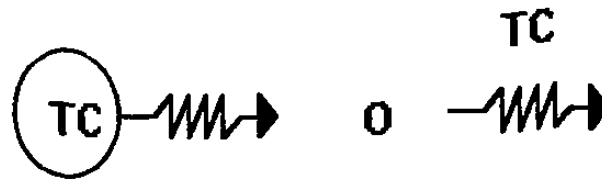


figura 4

NODO ASSIGN (ASIGNAR)

El nodo ASSIGN es usado para prescribir un valor para un atributo o para fijar un valor en una variable slam. Típicamente, las asignaciones son hechas para ATRIB(I), II, XX(I), Y ARRAY(I,J). Una asignación especial puede hacerse a la variable STOPA para terminar una actividad o conjunto de actividades. Múltiples asignaciones pueden ser hechas en un nodo ASSIGN. El símbolo y enunciado para éste nodo se presentan en la figura 5.

ASSIGN, VAR=valor, VAR=valor, ..., M;

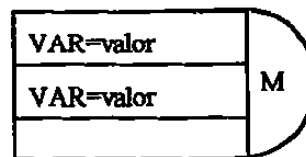


figura 5

Se evalúa empezando por la derecha, las multiplicaciones y divisiones se efectúan primero, y luego la suma y resta. La expresión se evalúa de izquierda a derecha. Note que el enunciado `ASSIGN, XX(3) = 5.0/10.0 * 2.0;` asigna a `XX(3)` el valor 1.0. Asignaciones complejas son hechas por la función `USERF`.

NODO GOON (DIRIGIRSE)

El nodo GOON separa actividades seriadas y actua como un nodo continuo. Este nodo se utiliza para actividades secuenciales. El símbolo y su enunciado se presentan en la figura 6.

GOON, M;



figura 6

NODO COLECT (COLECCIONAR)

Las observaciones de una variable SLAM o de tiempo son coleccionadas en un nodo COLECT. Las observaciones de tiempo se basan en la llegada de una entidad al nodo COLECT y puede ser el tiempo en que llega la primera entidad (FIRST), o el tiempo de la llegada de todas las entidades (ALL), el tiempo entre la llegada de entidades (BETWEEN), o un intervalo de tiempo (INT(NATR)) definida por TNOW-TRIB(NATR) donde TNOW es el tiempo de la llegada de una entidad y TRIB(NATR) es el valor del N'avo atributo

Para cada una de esas variables, una valor estimado de la media y la desviación estandar son obtenidas. Además, un histograma de los valores colectados podría obtenerse. Esto se logra, especificando el número de clases, NCEL; el límite superior de la primera clase, HLOW; y el rango de la clase, HWID. El símbolo y su enunciado se presentan en la figura 7.

COLECT, TIPO, ID, NCEL/HLOW/HWID,M;

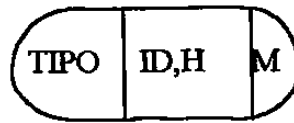


figura 7

La especificación para el TIPO será FIRST, ALL, BETWEN, INTERVAL(I), o cualquier variable SLAM.

RECURSOS

Surgen situaciones en donde una entidad requiere un recurso para una serie de actividades. Slam permite definir tipos de recursos usando un block recurso. La capacidad del recurso esta definido en el block recurso y es el número de unidades disponibles para colocar entidades. Una entidad espera por un recurso en un nodo AWAIT donde se requieren tanto el tipo de recurso como el número de unidades para la entidad especificada. Cuando una entidad llega a un nodo AWAIT, pasa a través del nodo si se disponen de las suficientes unidades del recurso. De otro modo, su flujo se detiene y se coloca en un archivo asociado con el nodo AWAIT. La entidad se pone en movimiento desde el archivo cuando las unidades del recurso son puestas para ese propósito.

BLOCK RESOURCE (RECURSO)

El block recurso identifica el nombre de un recurso o etiqueta, RLBL; la capacidad inicial del recurso, CAP; y el orden en el cual los archivos asociados con los nodos AWAIT y PREEMPT son puestos para liberar unidades del recurso. La palabra block es empleada porque las entidades no fluyen a través de él. El simbolo del block recurso y su enunciado se presentan en la figura 8.

RESOURCE/ RLBL(CAP), IFLs;

RLBL	CAP	IFL1	IFL2
------	-----	------	------

figura 8

La variable NRUSE(RES) mantiene el número de unidades del recurso RES que están en uso. NNRSC(res) es el número de unidades de RES actualmente disponible. Las estadísticas colectadas de la utilización del recurso son impresas como una parte del reporte resumido para cada recurso.

NODO AWAIT (ESPERAR)

Los nodos AWAIT son utilizados para almacenar entidades esperando por unidades UR de recursos RES. Cuando una entidad llega a un nodo AWAIT y las unidades del recurso requieren ser colocadas, la entidad pasa a través del nodo y continua de acuerdo al número M del nodo AWAIT. Regularmente las actividades salen de un nodo AWAIT. Si

la entidad tiene que esperar en el nodo, se coloca en un archivo IFL. El símbolo y su enunciado para el nodo AWAIT se presentan en la figura 9.

AWAIT(IFL/QC), RES/UR,BLOCK ó BALK(NLBL), M;

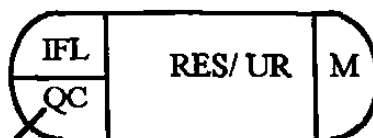


figura 9

Normalmente, RES es especificado por un recurso etiquetado RLBL. Las especificaciones del número de archivo, IBL, la capacidad de la fila, QC, y el bloqueo y obstáculo son idénticos para aquellos usos por los nodos QUEUE. Para nodos AWAIT, el mismo número de archivo puede ser asociado en más de un nodo AWAIT. Esto permite que las entidades esperen en el mismo archivo para diferentes nodos AWAIT en la red.

NODO FREE (LIBERAR)

Un nodo FREE deja libres la unidades UF de un recurso RES cuando una entidad llega a él. Las entidades liberadas son colocadas luego en línea de espera en nodos PREEMPT y AWAIT en el orden prescrito por lo archivos enlistados con el block RESOURCE. Las entidades que llegan a un nodo FREE son mandadas según el número M asociado con el nodo FREE. El símbolo y su enunciado se presentan en la figura 10.

FREE, RES/UF, M;



figura 10

NODO ALTER (ALTERAR)

El nodo ALTER es utilizado para cambiar la capacidad del recurso RES por unidades CC. Si CC es positivo, el número de unidades disponibles es incrementada. Si CC es negativo, la capacidad es disminuida. El simbolo y su enunciado se presentan en la figura 11.

ALTER, RES/CC, M;



figura 11

Cuando el nodo ALTER se usa para disminuir la capacidad, el cambio se invoca solamente si un número suficiente de unidades del recurso no se utilizan. Por consiguiente, las reducciones ocurrirán cuando los recursos son liberados a nodos FREE. En ningún caso se deberá reducir la capacidad del recurso a cero. Las peticiones que reduzcan la capacidad del recurso a cero serán ignoradas.

NODO PREEMPT (APODERAR)

Un nodo PREEMPT se apropia de una unidad del recurso de una entidad y la coloca en la entidad que llega al nodo PREEMPT. Si la entidad obtuvo el recurso en un nodo AWAIT, siempre se intentará apoderarse. Si el recurso fue obtenido en un nodo preempt, se intentará apoderarse sólo si la prioridad de la entidad que llega es mayor que la prioridad de la entidad con el recurso.

El símbolo con el enunciado para este nodo se presentan en la figura 12.

PREEMPT(IFL),PR,RES,SNLBL,NATR,M;

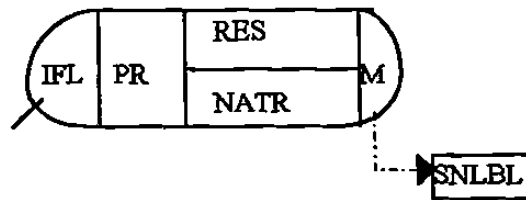


figura 12

Las definiciones de IFL y RES del nodo PREEMPT identifican el número de archivo y el recurso requerido. La prioridad, PR, está especificada como LOW(K) o HIGH(K), donde K es un número de atributo. La entidad que llega intentará apoderarse de otra entidad si el K'esimo atributo es de prioridad mayor. Un intento de apropiación no será invocada si el recurso está actualmente utilizándose por una entidad esto es, (1) está en proceso en una actividad de servicio, (2) esperando en un archivo, ó (3) ejecutándose una actividad con una duración indefinida (REL o STOPA). Las entidades que no invocan una apropiación esperan por un recurso en un archivo IFL.

Una entidad apropiada se manda a un nodo, el cual se especifica por la etiqueta SNLBL. El tiempo restante para procesar la apropiación se almacena como su

NATR'esimo atributo. Si no se especifica una etiqueta, luego la entidad apropiada es regresada al nodo AWAIT ó PREEMPT donde fue colocado el recurso. A ese nodo, se inserta un archivo como la primera entidad esperando por el recurso. Cuando el recurso se coloca en la entidad apropiada, se devuelve a la actividad desde la cual fue apropiada, con su tiempo de proceso restante así como la duración para esa actividad.

Como se describió previamente, hay restricciones sobre las cuales una apropiación será invocada. Primero, las apropiaciones son solamente seguidas por recursos con capacidad de una unidad. Segundo, una entidad posicionada en un recurso que se encuentra en un archivo no será apropiada. También, si la entidad esta en una actividad de servicio de duración indefinida, no será apropiada. La razón de esas restricciones es el gran problema combinatorial que resulta de la determinación de cual de un grupo de recursos será apropiado. Si es necesario para el modelo la apropiación de un recurso cuya capacidad es mayor que uno, luego la interface SLAM para el usuario debe ser utilizada.

GATES (COMPUERTAS)

En SLAM, un GATE es usado para detener el flujo de una entidad. Un GATE es cualquier cosa abierta o cerrada. Ejemplos de usos de gates son (1) El modelo de envío de entidades que llegan durante la noche para ser procesadas el siguiente día, y (2) los carros como entidades que esperan por un cambio del semáforo. Las entidades pasan a través de un nodo gate para ser dirigidas a un nodo AWAIT. Si el GATE asociado con el nodo AWAIT esta cerrado, la entidad que llega espera en un archivo hasta que el GATE sea abierto. Si un gate esta abierto, la entidad que llega pasa hasta el nodo AWAIT. Un GATE esta abierto por mandar una entidad a través de un nodo OPEN. Esta cerrado cuando una entidad se manda por un nodo CLOSE. Los archivos en los cuales las entidades esperan por un GATE a abrirse son definidas en un block GATE. Cuando un

gate esta abierto, todas las entidades esperando al gate son dirigidas desde los nodos AWAIT asociados con el gate.

BLOCK GATE (COMPUERTA)

Un block GATE esta definido por su etiqueta GLBL, el estado inicial de la compuerta, y los numeros de archivo de nodos AWAIT donde las entidades esperarán a que la compueta se abra. El simbolo y enunciado del block GATE se presentan en la figura 13.

GATE/GLBL,OPEN ó CLOSE,IFL's;

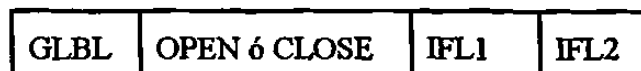


figura 13

y el uso de una compuerta con un nodo AWAIT, se presenta en la figura 14.

AWAIT (IFL/QC), GATE,BLOCK ó BALK(NLBL),M;



figura 14

NODO OPEN (ABRIR)

Un nodo OPEN se utiliza para abrir un GATE. Cada entidad que llega a un nodo OPEN hace que el GATE se abra. Cuando un gate es abierto, todas las entidades esperando son movidas desde los archivos asociados con los nodos AWAIT para el GATE.

La entidad que causa la abertura del GATE se manda desde el nodo OPEN. El símbolo y su enunciado para el nodo OPEN se presentan en la figura 15.

OPEN,GATE,M;



figura 15

NODO CLOSE (CERRAR)

Un nodo CLOSE se usa para cerrar un GATE. Una entidad que llega a un nodo CLOSE causa el cierre del GATE de referencia. La entidad se manda al nodo CLOSE tomando como guía su número M. El símbolo y su enunciado se presentan en la figura 16.

CLOSE, GATE,M;



figura 16

NODOS LOGICOS Y DE DECISION

Hay seis nodos en SLAM que ejecuta operaciones lógicas y de decisión. El nodo ACCUMULATE acumula un número específico de entidades dentro de una entidad simple. El nodo BATCH generaliza el concepto del nodo ACCUMULATE y permite identificar las entidades amontonadas individuales a ser retenidas. El nodo UNBATCH reintroduce las entidades amontonadas dentro de la red. El nodo MATCH hace que las entidades esperen hasta que un grupo de entidades con una característica común estén en nodos QUEUE precediendo el nodo MATCH. El nodo DETECT crea una entidad cuando una variable SLAM cruza un valor inicial. El nodo SELECT manda entidades a los nodos QUEUE, desde nodos QUEUE, para actividades de servicio. Una de las reglas para seleccionar la fila del nodo SELECT es ASSEMBLY, el cual une las entidades desde diferentes nodos QUEUE.

Los nodos lógicos y de decisión ejecutan operaciones en una entidad o un conjunto de entidades. En ellos se difiere la ruta probabilística o condicional en una actividad, la cual le indica a la entidad como moverse desde el nodo.

NODO ACCUMULATE (ACUMULAR)

El nodo ACCUMULATE produce una entidad la cual esta compuesta por un grupo de entidades la cual será puesta en movimiento desde ahí. El nodo ACCUMULATE puede ser usado para poner entidades que representen materia prima en un lote el cual se pondrá en una entidad que represente una tarima. Por ejemplo, cada unidad de materia prima que llega, es mandada a un nodo ACCUMULATE. Cuando el número de materia prima llena el lote, esa entidad de lote es mandada desde el nodo ACCUMULATE. El nodo ACCUMULATE tiene muchos usos en planeación de proyectos y situaciones de control donde las entidades representan pulsos de señales y tiempo. Por ejemplo en un

proyecto de construcción las actividades pueden ejecutarse o no. Cuando se inicia su ejecución, el tiempo de terminación empieza a decrecer. En redes de SLAM, esto corresponde a una entidad moviéndose sobre una actividad y completando el cruce por la actividad cuando el tiempo de ejecución ha concluido. La entidad que llega a un nodo indica que la actividad ha sido completada. Los nodos ACCUMULATE pueden ser usadas para contar el número de actividades terminadas y provee un mecanismo lógico para pedir todas las actividades de prerequisite a ser ejecutadas antes de iniciar una actividad. En la figura 17 se muestra un nodo ACCUMULATE presentando las actividades requeridas para comprar maquinaria y mover la maquinaria vieja antes de iniciar la actividad de instalación de la maquinaria.

EJEMPLO DEL USO DE UN NODO ACCUMULATE

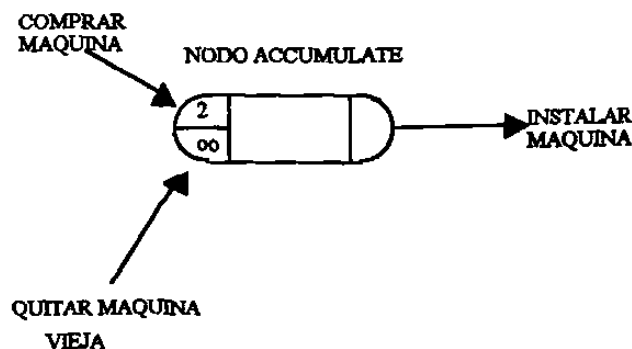


figura 17

El símbolo y enunciado para el nodo ACCUMULATE se presentan en la figura 18.

ACCUMULATE, FR, SR, SAVE, M;

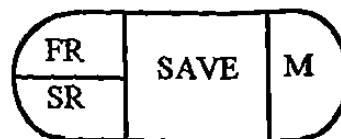


figura 18

La especificación de liberar esta dada por FR,SR, y SAVE, donde FR es un primer requerimiento de liberar, SR es el siguiente requerimiento de liberación, y SAVE es un criterio para guardar atributos. Los seis posibles criterios de SAVE son:

1. Guardar los atributos de la primera entidad que llega al nodo (FIRST).
2. Guardar los atributos de la entidad que libera el nodo (LAST).
3. Guardar los atributos de la entidad con el mayor valor de atributo I (HIGH(I)).
4. Guardar los atributos de la entidad con el menor valor del atributo I (LOW(I)).
5. Crear una nueva entidad cuyo atributo es la suma de los atributos de todas las entidades que contribuyen a la nueva entidad (SUM).
6. Crear una nueva entidad cuyos atributos es el producto de todas las entidades que contribuyen a la nueva entidad (MULT).

NODO BATCH (COLECCION)

El nodo BATCH combina entidades hasta que un nivel de inicio especificado sea descubierto y luego las libera como una entidad simple. Como una ilustración de un nodo BATCH, considere que una tarima será cargada con entidades tal que su peso no exceda a cien libras. El peso de una parte es definido como un atributo 2 de una entidad. En el proceso de la tarima, no es necesario conocer los pesos de cada entidad puesta en la tarima.

El nodo BATCH presentado en la figura 19 representa una tarima con entidades que representan las partes.

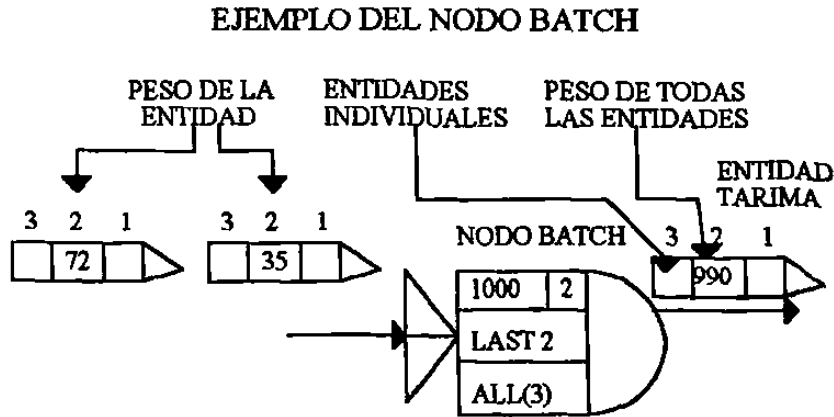


figura 19

En el centro del nodo, sobre la línea superior, el valor 1000 especifica una condición de inicio para una entidad acumulada basada en un atributo de las entidades individuales. El 2 sobre la misma línea indica que el atributo 2 es la variable la cual contiene el valor a ser sumado. Siempre que un entidad, representando una parte, llega al nodo BATCH, su atributo 2 es sumado y se continua así hasta alcanzar el valor 1000 sin excederse a la vez. La entidad tarima no incluye la última entidad que llegó y causó el exceso. La especificación a la mitad del nodo indica que el atributo 2 de la entidad acumulada es colocado a la suma de todos los valores del atributo 2 de las entidades de parte incluidos en la entidad tarima. El resto de los atributos de la entidad acumulada serán tomados de la última parte que llega al nodo. La línea inferior del nodo BATCH especifica que las partes individuales son retenidas y el atributo 3 de la entidad tarima es puesta por SLAM como un atributo puntual. Un nodo UNBATCH será usado para restablecer las entidades de parte y para insertarlas en la red posteriormente. El triangulo del lado izquierdo del nodo se usa para especificar el número de tipos de entidades diferentes desde el cual las ramas pueden

ser hechas. Un atributo de la entidad de parte especifica la rama en la cual se incluye. El símbolo y enunciado para el nodo BATCH se presentan en la figura 20.

BATCH,NBATCH/NATR,THRESH,NATRS,SAVE,RETAIN,M;

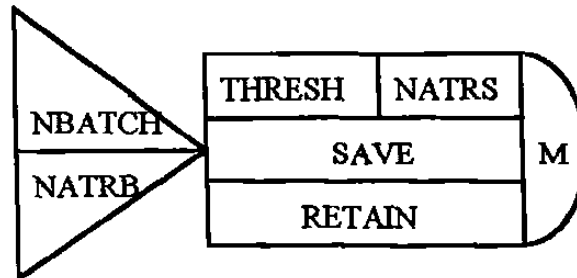


figura 20

NBATCH es el número total que puede ser acumulado simultaneamente en el nodo BATCH. NATR es el número del atributo a considerar de la entidad que llega; esto es, el valor de $ATRIB(NATR)$ es el mismo para las entidades en la colección. Un uso secundario para $ATRIB(NATR)$ es causar la liberación cuando el valor de este atributo es un número negativo. Para este caso, la entidad que llega es incluida en la colección. THRESH es el valor de entrada. NATRS es el número del atributo que contiene el valor a ser sumado y luego probado contra el de entrada. Cuando esta suma es mayor o igual a THRESH, la entidad coleccionada es liberada desde el nodo BATCH. Si NATRS no se especifica, luego THRESH es el número de entidades que necesariamente formaran la colección.

SAVE es usado para especificar un criterio definiendo los atributos de la entidad amontonada. El criterio especifica cual entidad en el montón es usado como base para los atributos de la entidad amontonada. Las opciones para el criterio son (1) La entidad que llega primero, FIRST; (2) la entidad que llega al final, LAST; (3) la entidad con el menor valor del atributo I, LOW(I); y (4) la entidad con el mayor valor del atributo I, HIGH(I). En resumen, para especificar un criterio, una lista de números de atributo seran dados para el

cual la suma es usada como el valor del correspondiente atributo de la entidad amontonada. Por ejemplo, FIRST/3,5 especifica que el atributo 3 y el atributo 5 de la entidad amontonada son para hacer la suma del valor de atributo 3 y el valor del atributo 5 de las entidades incluidas en el montón. El resto de los valores de atributo para la entidad amontonada son tomados desde la primera entidad que se coloca en el montón.

RETAIN indica que las entidades individuales incluidas en el montón serán retenidas para luego insertarlas en la red. La especificación ALL(NATRR) guarda todas las entidades individuales, y deja un punto interno de referencia para colocarse en ATRIB(NATRR) de la entidad amontonada. Referente a los NATRR disponibles de entidades individuales son recuperados en un nodo UNBATCH. Si no es necesario recuperar las entidades individuales, luego el campo RETAIN será especificado como NONE.

NODO UNBATCH (DESAGRUPAR)

Para reinsertar entidades de parte individuales en la red, una entidad amontonada se manda a un nodo UNBATCH con la referencia del atributo NATRR. Por ejemplo, cuando la entidad tarima creada en la explicación anterior llega al nodo UNBATCH, presentado en la si figura 21, cada entidad de parte que fue colocada en la tarima es introducida a la red en la actividad que sigue al nodo UNBATCH.

EJEMPLO DEL NODO UNBATCH

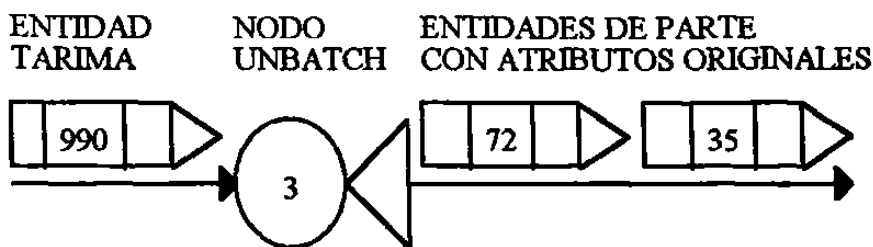


figura 21

El símbolo y enunciado para el nodo UNBATCH se presentan en la figura 22.

UNBATCH, NATRR, M;

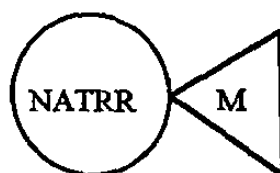


figura 22

El valor de NATRR especifica cada entidad individual del montón que es mandado desde el nodo UNBATCH. Si $ATRIB(NATRR)$ es puesto por SLAM en le nodo BATCH, cada una de las entidades individuales del montón es liberado desde le nodo UNBATCH y la entidad amontonada es terminada. Si la entidad que llega no es una entidad amontonada, luego $ATRIB(NATRR)$ define el número de entidades identicas a ser mandadas desde el nodo UNBATCH. Este uso del nodo UNBATCH modela una operación de una entidad dividida ó separada. En este caso, los atributos de la entidad en circulación de una entidad mandada desde un nodo UNBATCH son los valores de los atributos de la entidad que llega.

NODO MATCH (UNIR)

Los nodos MATCH requieren entidades residentes en un nodo QUEUE presidiendo el nodo MATCH que tiene el mismo valor para un atributo especificado. Cuando esto ocurre, el nodo MATCH retira cada entidad apropiadamente y lo manda a un nodo específico como el nodo que sigue asociado con el nodo QUEUE.

Así, cada entidad es movida individualmente. Los nodos asociados con el nodo MATCH son especificados por QUE/ NOD.

El simbolo y enunciado del nodo MATCH se presntan en la figura 23

WFM MATCH, NATR, QUE1/NOD1, QUE2/NOD2, QUE3/NOD3;

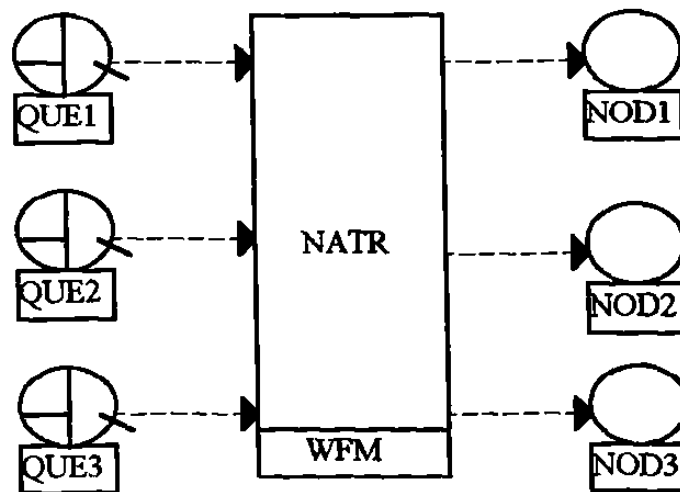


figura 23

Solamente los nodos QUEUE podran preceder a un nodo MATCH. Un nodo QUEUE dirige al nodo si la transferencia es hecha cuando una unión ocurre. Si no se especifica un nodo a seguir por un nodo QUEUE, la entidad en ese nodo QUEUE es terminado cuando una unión se realiza. El número de atributo, sobre el cual la unión esta basado, se especifica como NATR dentro del simbolo MATCH.

Considere el segmento de red de la figura 24 , donde se toman dos entidades: radio y avión. La entidad radio será instalada en la entidad avión.

EJEMPLO DEL NODO MATCH

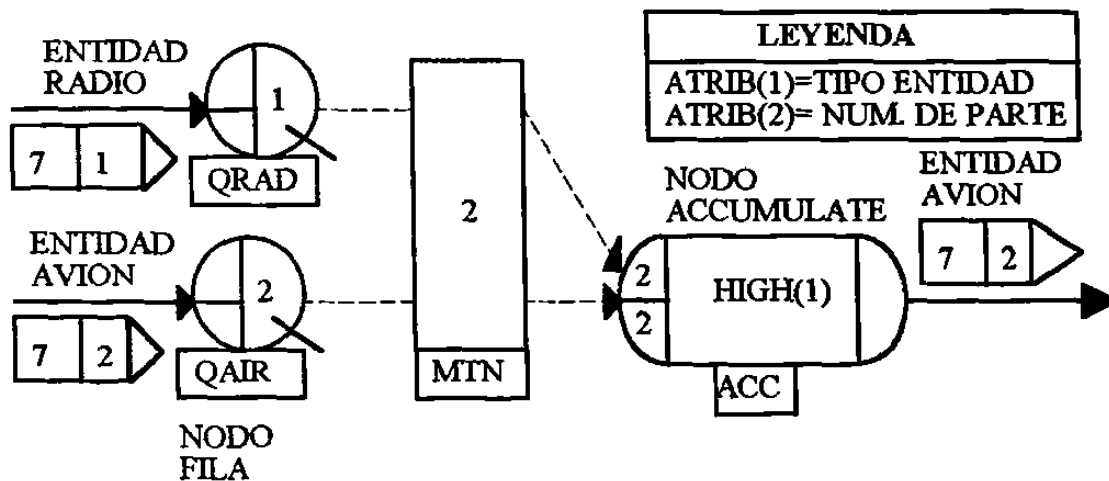


figura 24

Tanto la entidad radio como la entidad avión cruzan los segmentos de red, los cuales no se presentan en la figura, hasta que llegan a los nodos QUEUE: QRAD y QAIR. Se usan dos atributos, el atributo 1 es el tipo de entidad y el atributo 2 es el número de parte del avión. El nodo MATCH identificado como MTN modela el proceso de unir una entidad radio y una entidad avión que tengan el mismo valor para el número de parte como atributo. Cuando ocurre una unión, la entidad radio es sacada desde el nodo QRAD y mandada al nodo ACC. La entidad avión es sacada desde el nodo QAIR y mandada también al nodo ACC. En el nodo ACCUMULATE ACC, las entidades son combinadas y los atributos de la entidad con el valor más grande del atributo 1 es seleccionado como la entidad a ser movida desde el nodo ACC. En este ejemplo, la entidad avión tiene el mayor valor del atributo 1.

partes, se necesitan reglas de selección para decidir cuál parte debe procesarse cuando una máquina quede disponible. La selección también es necesaria cuando una parte llega a la fila y más de una máquina está disponible para procesar la parte. El nodo SELECT de SLAM provee la capacidad de hacer esas decisiones. Un diagrama de un centro de trabajo con 2 filas y 3 máquinas se presenta en la figura 26.

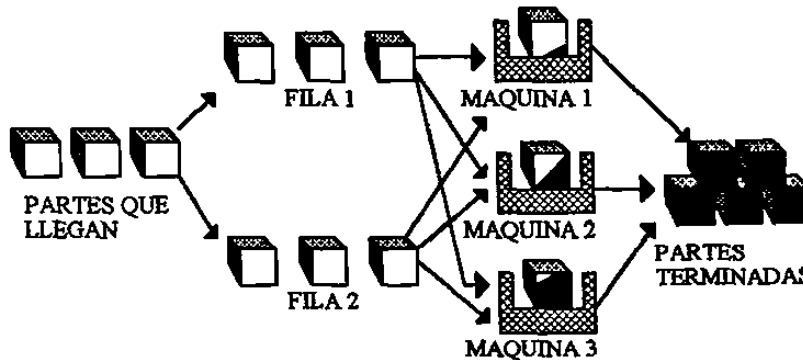


figura 26

El segmento de red de SLAM que modela este centro de trabajo de tres máquinas se presenta en la figura 27.

EJEMPLO DEL NODO SELECT

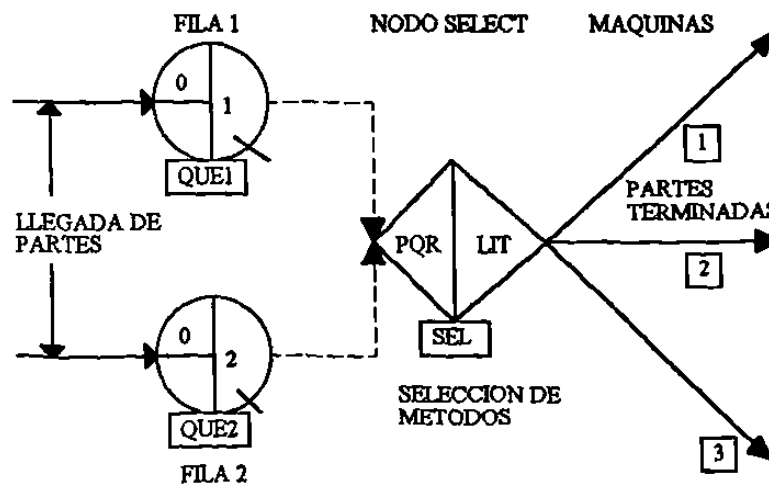


figura 27

Los dos nodos queue y las tres actividades son conectadas por medio del nodo SELECT SEL. Cuando una entidad de parte llega a cualquiera de las dos filas y una actividad de servicio se encuentra libre, el nodo SELECT transfiere la entidad de parte a esa máquina para que sea procesada. Si dos o más máquinas se encuentran libres, la regla de selección LIT es usada para hacer la elección entre las máquinas disponibles. LIT es la abreviación para seleccionar la máquina con el mayor tiempo libre. Cuando una máquina termina el procesado de una parte, el nodo SELECT busca en las filas para determinar si una entidad de parte se encuentra esperando. Si hay partes esperando en ambas filas, luego la preferencia se basa en la regla de selección POR. Esta regla selecciona una entidad de parte de la fila QUE1 primeramente. Los nodos SELECT mandan una entidad desde uno o varios nodos QUEUE a uno o varios servidores a la vez. Para completar el camino a el nodo SELECT, el modelador debe escoger una regla de selección de la fila (QSR) y/ó una regla de selección del servidor (SSR). El símbolo y enunciado para el nodo SELECT se presentan en la figura 28.

SLBL SELECT, QSR, SSR, QLBLs;

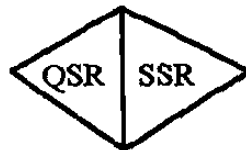


figura 28

En el enunciado del nodo SELECT, el QLBLs representa las etiquetas de los nodos QUEUE asociados con la regla de selección de la fila. Los nodos QUEUE pueden estar ya sea antes o después del nodo SELECT. Las reglas de selección de la fila y del servidor disponibles en SLAM son listadas enseguida.

REGLAS DE PRIORIDAD DE NODOS SELECT PARA SELECCIONAR LAS FILAS

CODIGO	DEFINICION
POR	Selecciona en orden de preferencia.
CYC	Selección ciclica.
RAN	Selección aleatoria.
LAV	Selecciona la fila con el mayor número promedio de entidades.
SAV	Selecciona la fila con el menor número promedio de entidades.
LWF	Selecciona la fila para el cual el tiempo de espera de su primera llegada es el mayor.
SWF	Selecciona la fila para el cual el tiempo de espera de su primera llegada es el menor.
LNQ	Selecciona la fila que tenga el mayor número de entidades.
SNQ	Selecciona la fila que tenga el menor número de entidades.
LRC	Selecciona la fila con el mayor tiempo ocioso.
SRC	Selecciona la fila con el menor tiempo ocioso.
ASM	Opción de modo ensamble: todas las filas de entrada deben contribuir con una entidad.
NQS(N)	Una función que se utiliza para seleccionar la fila N.

REGLAS DE PRIORIDAD PARA EL NODO SELECT PARA SELECCIONAR UN SERVIDOR.

CODIGO	DEFINICION
POR	Selección en orden de preferencia.
CYC	Selecciona los servidores de forma ciclica.
LBT	Selecciona al servidor con el mayor tiempo de utilización.
SBT	Selecciona al servidor con el menor tiempo de utilización.
LIT	Selecciona al servidor que ha estado ocioso la mayor parte del tiempo.
SIT	Selecciona al servidor con el menor tiempo ocioso.
RAN	Selecciona aleatoriamente de acuerdo a probabilidades preasignadas.
NSS(N)	Función para seleccionar al N servidor.

La regla ASM o regla de ensamble difiere de las otras reglas porque combina dos o más entidades en una entidad ensamblada. Para ensamblar, al menos una entidad debe estar en cada nodo QUEUE antes del nodo SELECT. Para las entidades ensambladas por un nodo SELECT, un criterio de atributo guardar se usa para especificar cual atributo de las entidades son asignadas a la entidad ensamblada. El concepto guardar es similar al que se presentó anteriormente para los nodos ACCUMULATE. El criterio guardar podrá especificarse como HIGH(I), LOW(I), SUM, o MULT.

NODOS DE INTERFACE.

Dos nodos de interface en SLAM permite interfaces para escribir subrutinas. El nodo EVENT permite que la subrutina EVENT sea activada cada vez que una entidad llegue a él. La subrutina EVENT es escrita por el usuario para permitir modelos especificaciones lógicas usando funciones y subrutinas de SLAM. Para introducir entidades dentro de la red, se dispone del nodo ENTER. Las entidades creadas por el usuario son dirigidas al nodo ENTER en respuesta al llamado de una subrutina ENTER.

NODO EVENT (EVENTO)

El nodo EVENT hace que la subrutina EVENT(JEVNT) sea llamada cada vez que una entidad llega al nodo EVENT. El simbolo y enunciado para el nodo EVENT se presentan en la figura 29.

EVENT, JEVNT, M;

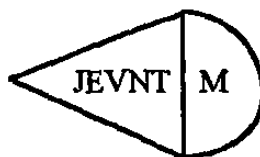


figura 29

El valor de JEVNT es un código de evento que se considera como un argumento de la subrutina EVENT. La subrutina EVENT mapea el código de evento JEVNT sobre el código apropiado de evento lógico. En el código lógico, el modelador tiene acceso a los subprogramas que ofrece SLAM para construir funciones, tales como acceso a variables, muestreo aleatorio, manipulación de archivos, y colección de datos.

Cuando una entidad llega a un nodo EVENT, el procesador de SLAM carga los atributos de la entidad que llega en un vector ATRIB antes del llamado de la subrutina EVENT(JEVNT). Después de volver de la subrutina EVENT(JEVNT), el procesador SLAM asigna valores en ATRIB como atributos de la entidad existando desde el nodo EVENT.

NODO ENTER (INTRODUCIR)

El nodo ENTER permite la introducción de una entidad en la red desde una subrutina escrita por el usuario. El símbolo y enunciado del nodo ENTER se presentan en la figura 30.

ENTER, NUM, M;

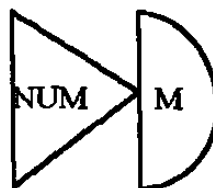


figura 30

El nodo ENTER tiene la libertad de regresar de una rutina del usuario en la cual una llamada haya sido hecha para la subrutina ENTER(NUM,A) donde NUM es un código

número del nodo ENTER siendo liberado y A es un vector conteniendo los atributos de la entidad a ser introducidos en el nodo ENTER.

EL PROCESADOR DE SLAM

El procesador de SLAM simula el flujo de entidades por la red cambiando, si se requiere, el estado de las variables en el modelo siempre y cuando se llegue a un nodo. Esos cambios se realizan de acuerdo a las funciones establecidas en el modelo. El procesador de SLAM empieza analizando e identificando los nodos CREATE en la red. En cada nodo CREATE, una entidad es generada, marcada, y enviada a las actividades que salen de ese nodo. El tiempo que una entidad permanece en una actividad esta simulada de acuerdo con la duración especificada para esa actividad. Un evento, que corresponda a la terminación de una entidad en alguna actividad, se programa y coloca en un calendario de eventos.

Cuando todos los nodos CREATE hayan sido considerados, el primer evento en el calendario es puesto en movimiento, y es entonces cuando se procesa la llegada al nodo. Si los nodos no están libres, esto es, si no se permite la entrada de más entidades, no se realizan acciones, y la simulación avanza hasta el próximo evento en el calendario. Si el nodo esta libre, las funciones del nodo son ejecutadas usando la lógica de los nodos de decisión. Ejemplos de tales funciones son coleccionar observaciones en el nodo COLLECT, asignación de valores en el nodo ASSIGN, y la distribución de recursos en un nodo AWAIT. Después de lo anterior, la entidad es enviada a todas las actividades que del nodo surgan.

Si de un nodo se ejecutan más de una actividad, entonces se envian entidades idénticas a cada actividad. Si las actividades que salen del nodo tienen probabilidades especificadas, la selección de una actividad es hecha utilizando un número aleatorio. Para una ruta condicional, las actividades son tomadas si la condición prescrita por la actividad es

satisfecha. Para cada actividad en acción, el tiempo de ejecución para la actividad es calculado, y la entidad es programada para que llegue final del nodo en el tiempo simulado por la duración de la actividad. El evento de la llegada de una entidad al final del nodo es colocado en un calendario de eventos. Después de que todas las actividades han sido evaluadas, se consulta el calendario para determinar el evento que sigue, el cual es activado y procesado como ya se mencionó anteriormente.

Cada vez que un evento es activado desde el calendario, el tiempo del evento es comparado con el tiempo total disponible para la simulación. Si el tiempo del siguiente evento excede el tiempo total, la corrida de la simulación se termina. También, cuando una entidad llega a un nodo TERMINATE, la simulación se termina si el contador del nodo TERMINATE ha sido alcanzado. Si la corrida aún no se termina, el proceso de simulación continua. Cuando una corrida es completada, las estadísticas se calculan e imprimen.

Cuando una entidad llega a un nodo QUEUE ó AWAIT, se determinan las disposiciones de la llegada y el servidor ó el recurso. Primero se realiza una revisión para ver si el archivo asociado con el nodo esta completo, esto es, su capacidad de espera esta saturada. Si esto sucede, la entidad siempre será obstruida desde el nodo o bloqueada su actividad de servicio. Si es obstruida y hay un nodo de obstrucción preescrito, la entidad se programa para que llegue al nodo de obstrucción inmediatamente. Si el bloqueo ocurre, la actividad de servicio no procesa otra entidad.

Si el archivo no esta lleno pero los servidores o recursos están trabajando, la entidad es colocada en el archivo determinado por la regla de espera especificada para ello. Si un servidor o recurso esta disponible, la entidad es dirigida a la actividad que surge desde el nodo QUEUE ó AWAIT. A través de la simulación, las estadísticas se actualizan con el número de entidades en archivos y la utilización de servidores y recursos.

Cuando una entidad termina una actividad de servicio, se dirige al final de la misma y se considera disponible para otra entidad. Si no se encuentran entidades esperando en el nodo QUEUE ó en los nodos que preceden la actividad de servicio, la actividad de servicio

queda libre. Si se encuentran entidades esperando, se selecciona un nodo QUEUE y la entidad se coloca en su archivo y se pone en movimiento y se programa para llegar al final del nodo de la actividad de servicio. Si el archivo esta a su máxima capacidad, se hace una revisión para desconectar cualquier actividad de servicio que salga del nodo QUEUE.

ENTRADAS A LA RED.

Un modelo de red SLAM puede desarrollarse en forma gráfica o como un conjunto de instrucciones. La secuencia de gráficas o instrucciones especifica cómo las entidades fluyen a través del modelo. Una instrucción provee la información necesaria para hacer cambios de estado basados en el flujo de entidades. La construcción de un modelo de red gráfica se realiza a través del uso de SLAMSYSTEM ó TESS. Solo requiere la colocación del simbolo gráfico en la pantalla. SLAMSYSTEM usa ventanas para proveer una comunicación amigable.

CONSTRUCCION DE UNA RED GRAFICA.

El método gráfico para construir redes de SLAM elimina el requerimiento para codificar la red en instrucciones. La red gráfica traduce al modelo de instrucciones el cual podrá ser transmitida para análisis por cualquier computadora con procesador SLAM. El modelo de SLAM puede ser copiado y usado como un punto de referencia para otros modelos. Cada modelo tiene un nombre el cual se utiliza como guía para una fácil referencia de uso. Los procedimientos de edición están disponibles para agregar, introducir, y borrar elementos de la red y para cambiar y mover simbolos y parámetros. Se incluyen ayudas que sirven para agrandar el modelo de red.

En SLAMSYSTEM, la red se construye mediante ventanas. La figura 5.1 presenta una ventana sobrepuesta en una ventana de la red. Esta pantalla se obtiene seleccionando

ADD desde el menu que se encuentra en la función edit de la ventana de construcción de redes. En la ventana de simbolos, el nodo Awaiting se presenta con fondo negro para indicar que esa es la opción a seleccionarse. El simbolo del nodo Awaiting se presenta a la derecha. Después de seleccionar el nodo Awaiting, se debe hacer click en la opción OK , SLAMSYSTEM pregunta luego por el lugar donde se desea colocar el nodo Awaiting. Dada su localización, una forma es presentada la cual contiene los campos para el nodo Awaiting como se presenta en la figura 5.2. Inicialmente se dan los valores por default para los campos en la forma. La forma se completa seleccionando un campo y escribiendo la entrada deseada del campo. La forma puede ser llenada en el momento en que se selecciona el nodo Awaiting o puede ser editada en otro momento. Dando un click en la opción OK se conecta el nodo Awaiting a los otros simbolos de SLAM en la red con sus campos llenados con valores actuales.

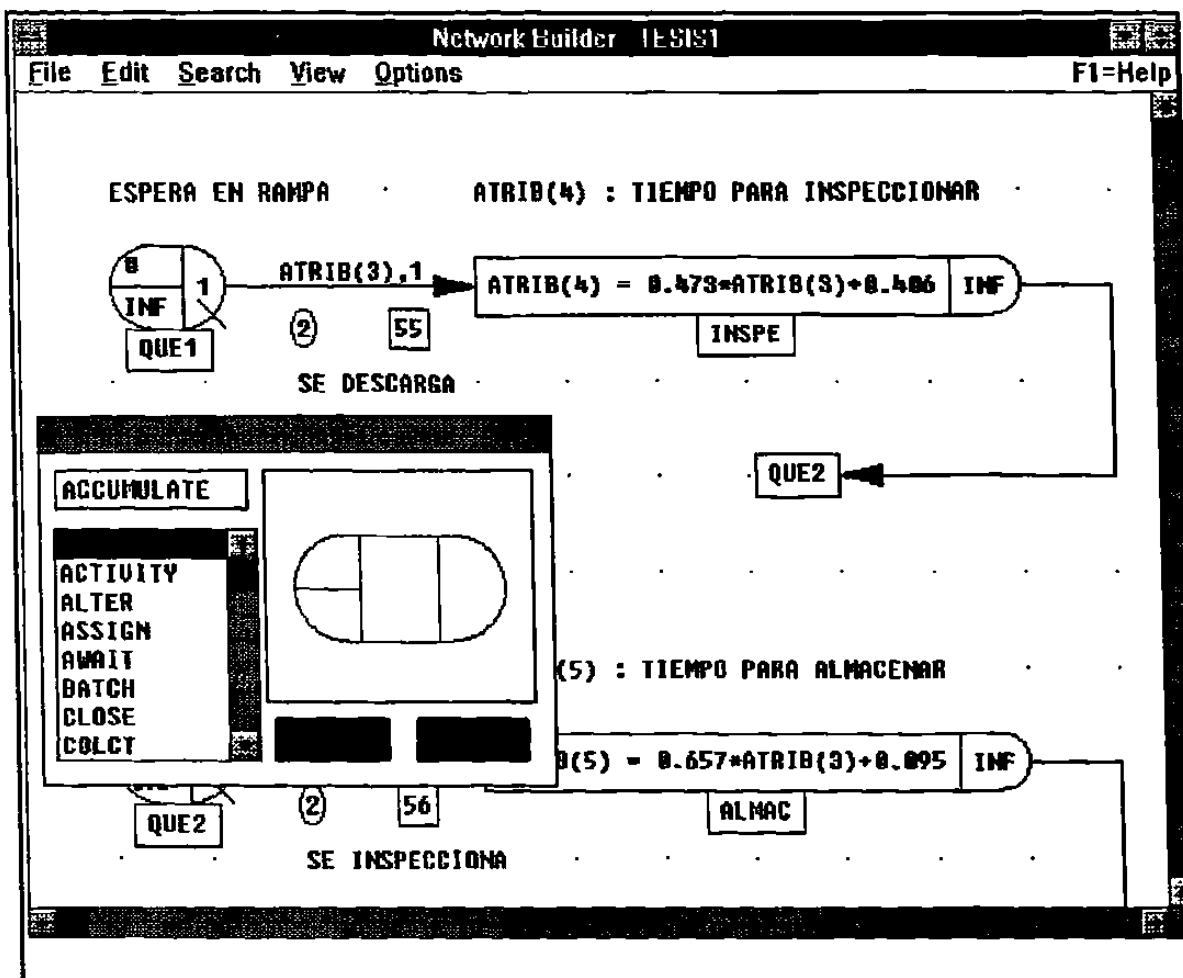


Figura 5.1 Ventanas de construcción de redes.

La red creada con SLAMSYSTEM es almacenada para integrarse con otras instrucciones y modelos, esto es, los enunciados de control y programas introducidos se mantienen disponibles para facilitar su uso. Las redes pueden ser copiados y dando diferentes nombres para tener acceso a puntos de referencia para nuevos modelos.

File Edit Search View Options F1=Help

AWAIT definition

Node Label:

File number:

Queue capacity: INF

RES or GATE:

Resource units: 1

BLOCK or BALK:

Max: INF

Optional node label for this node

Figura 5.2 Ventana de campos del nodo AWAIT

INSTRUCCIONES DE CONTROL

Las instrucciones de control se utilizan en conjunto con el modelo de red para ejecutar y documentar programas de simulación de SLAM. Una lista de los tipos de instrucciones de control se presentan en la tabla 5.1 en orden alfabético. En esta discusión, solamente los más frecuentemente usados son discutidos en detalle. Cuando se selecciona una instrucción en particular de control, una forma es presentada, con cada uno de los campos de control listados y los valores por default para cada campo es presentado como el valor actual. Cada campo que requiere un cambio es luego editado para completar la instrucción de control. Las instrucciones de control no son, en general, no dependen de

alguna secuencia pero deben apegarse a lo siguiente: (1) La instrucción GEN debe ser la primera, las instrucciones LIMITS deben estar en segundo lugar, y la instrucción FIN debe estar al final, (2) Las instrucciones de red deben estar inmediatamente precedidas por la instrucción NETWORK, (3) una instrucción INITIALIZE debe precedir las instrucciones ENTRY y MONTR, y (4) una instrucción MONTR con la opción TRACE, la cual incluye una lista de nodos, debe seguir la instrucción ENDNETWORK.

Tabla 1 Instrucciones de control.

```

ARRAY(IROW,NELEMENTS)/valores iniciales;
ENTRY/IFL,ATRIB(1),ATRIB(2),...,ATRIB(MATR)/repite;
EQUIVALENCE/SLAM 2.1 variable, nombre/repite;
FIN
GEN,NAME,PROJECT,MO/DAY/YEAR,NNRNS,ILIST,
IECHO,IXQT/TWARN,IPIRH,ISMRY/FSN,IO;
INITIALIZE,TTBEG,TTFIN,JJCLR/NCCLR,JJVAR,JJFIL;
INTLC,VAR=valor, repite;
LIMITS,MFIL,MATR,MNTRY;
MONTR,opción,TFRST,TSEC,variables;
NETWORK,SAVE ó LOAD, deseo;
PRIORITY/IFL,rango/repite;
RECORD(IPLOT),INDVAR,ID,ITAPE,P ó T ó B, DTPLT,
TTSRT,TTEND,KKEVT;
SEEDS,ISEED(IS)/R, repite;
SEVNT,JEVNT,XVAR,XDIR,VALUE,TOL;
SIMULATE;
STAT,ICLCT,ID,NCEL/HLOW/HWID;
TIMST,VAR,ID,NCEL/HLOW/HWID;
VAR,DEPVAR,SYMBL,ID,LOORD,HIORD;

```

INSTRUCCION GEN (GENERAL)

La instrucción GEN

GEN,NAME,PROJECT,MO/DAY/YEAR,NNRNS,ILIST,
IECHO,IXQT/TWARN,IPIRH,ISMRY/FSN,IO;

proporciona información general sobre la corrida o corridas de la simulación. Incluida en la instrucción GEN están el nombre del analista, identificación del proyecto, fecha, número de las corridas de la simulación, y las opciones del reporte. NAME y PROJECT son ambos campos alfanuméricos y son utilizados para identificar en los reportes de salida al analista y el proyecto. El MONTH, DAY, y YEAR son valores en enteros separados por diagonales. La variable NNRNS es un valor en entero, teniendo el valor de 1 por default, y denota el número de corridas de la simulación a efectuarse. Los siguientes seis campos son especificados como YES ó NO. La salida obtenida de una entrada YES es la siguiente:

ILIST	Se hace un listado de todas las instrucciones de entrada incluyendo los mensajes de error.
IECHO	Imprime un resumen de las entradas.
IXQT	Se ejecuta si no se detectan errores de entrada.
IWARN	Un mensaje de alerta es imprimido cuando una entidad es destruida antes de llegar a un nodo TERMINATE.
IPIRH	El encabezado INTERMEDIATE RESULTS es imprimido antes de ejecutar cada corrida de la simulación.
ISMRY	Se imprime un reporte sintético.

Si un reporte es impreso, un campo de frecuencia, FSN, es usado. Las opciones son F, S ó N para la frecuencia del reporte donde F, es para sólo después de la primera corrida; S, después de la primera y última corrida; ó N, un entero, especifica después de cada N'ésima corrida. El último campo de GEN es IO, el cual especifica el número de columnas para la salida del reporte. Las opciones son 72 ó 132 columnas, las cuales son típicamente usadas para la terminal e impresora respectivamente. Como un ejemplo de la forma de control de entrada para SLAMSYSTEM, la forma para completar la instrucción GEN es presentada en la figura 5.3. Para llegar a ella, seleccionamos Build, luego Control y en la ventana Open Control Name seleccionamos New; aparece luego la ventana Control Builder de la cual seleccionamos Edit y posteriormente Insert. Con ello debe aparecer la ventana Control Statement de la cual seleccionamos GEN y luego hacemos click en OK. Hacemos click en Name y empezamos a llenar los campos para Name y Project, puede notarse que el resto de los campos ya tienen valores por default, se cambia de campo utilizando la tecla Tab. Estando en Control Builder, se puede encender una instrucción de control seleccionandola y luego haciendo doble click sobre ella. Abajo de la ventana de instrucción GENERAL esta una ventanase mostrando la lista de instrucciones de control. HELP esta disponible para obtener una definición de cualquier campo. La instrucción que puede ser editada, la instrucción GEN, se presenta en video inverso. Esta ventana se presenta en la figura 5.4. En esta sección, las definiciones de las instrucciones de control de SLAM 2.1 son presentadas con énfasis en la importancia y usos de los controles.

Instrucción LIMITS (LIMITES)

El formato de la instrucción LIMITS es

LIMITS,MFIL,MATR,MNTRY;

La instrucción LIMITS es usada para especificar los límites del mayor valor usado para el archivo (MFIL), el mayor número de atributos por entidad (MATR), y una estimación del mayor número de entradas corrientes en todos los archivos (MNTRY).

The screenshot shows a window titled "LIMITS,3.5,200;" with a menu bar (File, Edit, Search) and a status bar (F1=Help). The main content area displays the following text:

```
LIMITS,3.5,200;
NETWORK:
INITIALIZE,,3712.5,Y;
FIN;
```

Below this text is a "GFN definition" form with the following fields:

- Name: [Redacted]
- Project: PLANTA MAQUILADORA
- Date: 09 / 12 / 94
- Number of runs: 8
- Input: Echo: Execution:
- Warning: Heading: Summary:
- F or S or N: 1
- Width: 132
- [Redacted]
- [Redacted]
- Analyst's name: [Redacted]

Figura 5.3 Ventanas de instrucciones de control.

Instrucción PRIORITY (PRIORIDAD)

El formato de la instrucción PRIORITY es

PRIORITY/ IFILE, rango/ repite;

La instrucción PRIORITY es usada para especificar el criterio para jerarquizar las entidades dentro de un archivo. Hay cuatro posibles especificaciones para jerarquizar:

- FIFO Las entidades son jerarquizadas basado en su orden de llegada, dandole prioridad a la que llega primero.
- LIFO Se le da prioridad a la que llega al último.
- HVF(K) Las entidades son jerarquizadas según tengan el valor más grande del atributo K.
- LV(K) Las entidades son jerarquizadas según el valor más pequeño del atributo K.

Instrucción STAT (ESTADISTICAS)

Cada variable para la cual se realizan observaciones estadísticas se hacen externas a la red por una subrutina llamada COLECT siendo definida con la instrucción STAT. Para llamar la subrutina COLECT, la variable es identificada por el código ICLCT. Los campos para la instrucción STAT son

STAT,ICLCT,ID,NCEL/HLOW/HWID;

donde ICLCT es un código entero, ID es un identificador alfanumerico, y NCEL/ HLOW/ HWID son parametros de histograma especificando el número de clases, el limite superior de la primera clase, y el rango de cada clase, respectivamente.

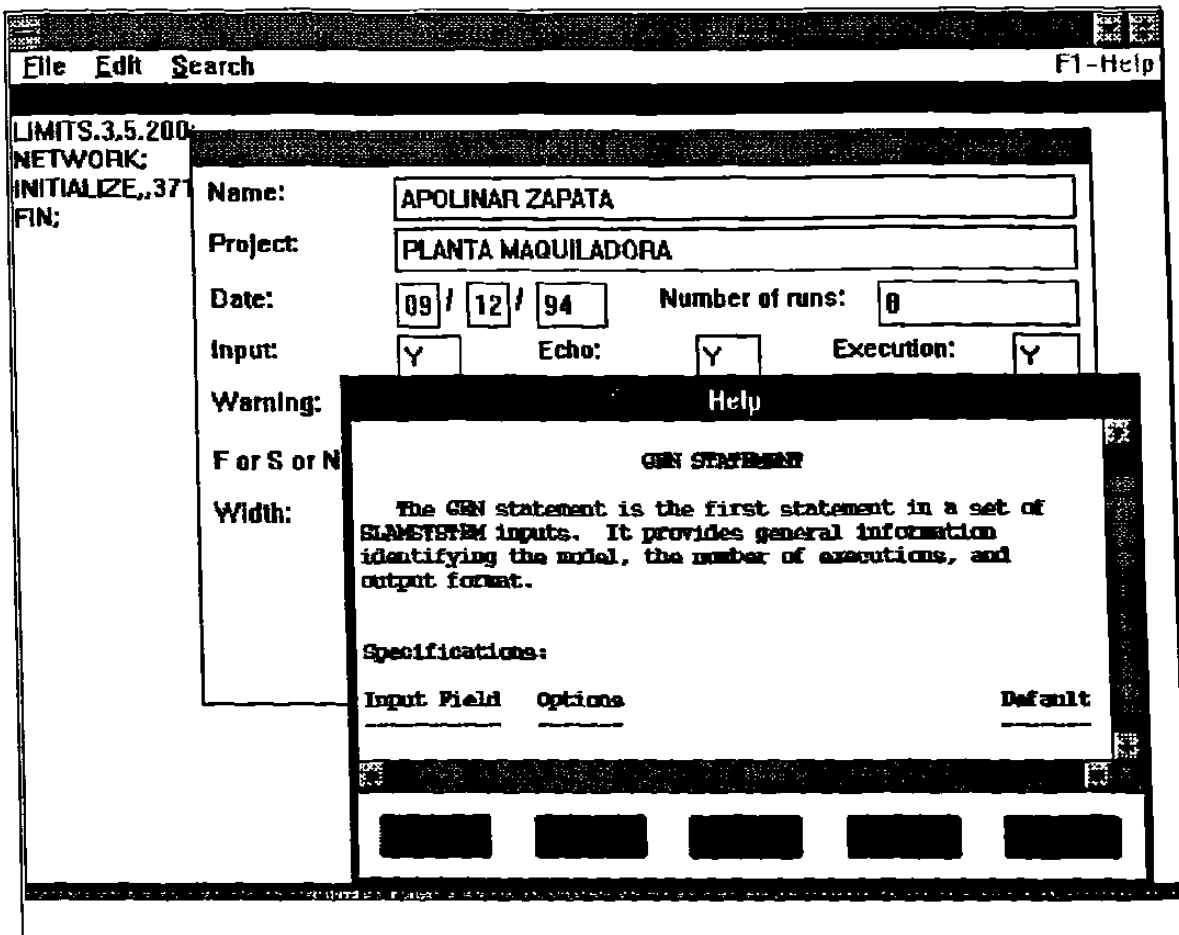


Figura 5.4 Ayuda para la instrucción de control GEN.

Instrucción TIMST (PERMANENCIA)

El formato para la instrucción TIMST es

TIMST,VAR,ID,NCEL/HLOW/HWID;

donde VAR es una variable de tiempo semejante a XX ó NNQ, ID es un identificador alfanumerico, y NCEL/ HLOW/ HWID proveen las especificaciones para un histograma.

Instrucción EQUIVALENCE (EQUIVALENTE)

Una instrucción EQUIVALENCE permite a los nombres de texto ser usados por las variables de SLAM. El formato para la instrucción EQUIVALENCE es

EQUIVALENCE/SLAM 2.1 variable, nombre/repite;

Las variables ATRIB, II, XX, y ARRAY, ó variables aleatorias de SLAM o el valor de una constante pueden ser usados en la instrucción EQUIVALENCE. Haciendo de un nombre la equivalencia a una variable ó valor permitiendo una mejor lectura del modelo.

Instrucción ARRAY (CADENA)

La instrucción ARRAY es usada para inicializar una fila de una arreglo bidimensional. El número de elementos de la fila puede variar. El formato para la instrucción ARRAY es

ARRAY(IROW,NELEMENTS)/valores iniciales;

donde **IROW** es una constante entera definida en la fila para el cual los valores iniciales están dados. **NELEMENTS** es el número de elementos en esta fila, y los valores iniciales son constantes a ser introducidos en el orden de la columnas para la fila.

Los elementos de **ARRAY** deben estar en relación a la red dondequiera que se encuentre una variable. Los subíndices deben ser constantes, **II**, **XX** y **ATRIB**.

INSTRUCCION INTLC (VALOR INICIAL)

La instrucción **INTLC** es usada para asignar valores iniciales a las variables. El formato para la instrucción **INTLC** es

INTLC, VAR = valor, repetir;

donde **VAR** puede ser **XX** ó **ARRAY**.

INSTRUCCION INITIALIZE (INICIALIZAR)

La instrucción **INITIALIZE** es usada para especificar el tiempo de inicio (**TTBEG**) y termino (**TTFIN**) para una simulación y opciones de inicialización para las estadísticas, inicialización de variables, y inicialización de archivos. El formato para la instrucción **INITIALIZE** es

INITIALIZE, TTBEQ, TTFIN, JJCLR/ NCCLR, JJVAR, JJFIL;

donde los últimos tres campos son especificados como YES ó NO y son normalmente dados por default como YES.

INSTRUCCION SEEDS (SEMILLA)

El propósito de la instrucción SEEDS es permitirle al usuario especificar el inicio (semilla) de los números aleatorios para el control de la reinicialización para corridas múltiples en la simulación. El formato para la instrucción SEEDS es

SEEDS, ISEED(IS)/ R, repetir;

Las semillas son introducidas como enteros (ISEED) con el número (IS) de la semilla dada entre paréntesis. Si el número anterior no se especifica, luego la asignación se basa en la posición de la semilla.

INSTRUCCION MONTR (PARCIAL)

La instrucción MONTR se usa para obtener pantallas de resultados intermedios en la simulación ó para limpiar las estadísticas. El formato para la instrucción MONTR es

MONTR, Opción, TFRST, TSEC, Variables;

donde TFRST es el tiempo para la primera ejecución de la opción, y TSEC es un tiempo para sucesivas ejecuciones o la terminación de la opción. El tiempo TFRST y TSEC se dan por default como TTBEQ e infinito, respectivamente. Si TSEC se da por default, la opción MONTR es ejecutada solamente en el tiempo TFRST. Sin embargo, si TSEC es

especificada, la opción MONTR es ejecutada en el tiempo TFRST y, excepto para las opciones TRACE y INTERACTIVE, cada TSEC unidades de tiempo. Las opciones disponibles se dan enseguida.

INTERACTIVE	Provee a las variables actuar entre sí en examinación, modificación, y almacenamiento del modelo actual.
SUMRY	Causa un resumen para ser impreso.
FILES	Causa la sección de archivos de un reporte para ser impreso, y una lista de todas las entidades en los archivos a ser impresos.
CLEAR	Causa que todas las estadísticas sea inicializadas.
TRACE	Causa el inicio y paro del seguimiento detallado de cada entidad de como se mueve a través de la red. El seguimiento inicia en el tiempo TFRST y termina en el tiempo TSEC. Una lista de nodos puede darse como sigue: TRACE (lista de nodos). Esto provoca una salida solo donde uno de los nodos en la lista es precedido. También, para la opción TRACE, una lista de variables a imprimir de la ruta seguida debe ser definido.

INSTRUCCION SEVNT (ADUANA)

La instrucción SEVNT es usada para detectar el cruce de una variable por una entrada. Se especifica una tolerancia para el detecteo del cruce. El cruce puede ser en la dirección positiva, negativa o ambas. La instrucción SEVNT es una instrucción de control que es análoga al nodo DETECT en modelos de red. El formato para la instrucción SEVNT es

SEVNT, JEVNT, XVAR, XDIR, VALUE, TOL;

donde JEVNT es código de evento para el usuario, XVAR es una variable, XDIR especifica la dirección del cruce con X→cualquier dirección; XP→dirección positiva; XN→dirección

negativa; VALUE es el cruce, y TOL es un valor numérico que especifica la tolerancia entre la cual el cruce es detectado. La instrucción SEVNT puede ser usado, por ejemplo, para detectar cuando la longitud de la fila rebasa el valor prescrito y cuando todos los servidores se encuentran ociosos. Cuando un cruce es determinado, se llama a la subrutina EVENT(JEVNT).

INSTRUCCION RECORD (GUARDAR)

La instrucción RECORD provee información general de los valores a ser almacenados periodicamente durante la corrida. La instrucción RECORD especifica la variable independiente, el modo de almacenamiento, y los detalles de especificaciones relacionados al tipo e intervalo de tiempo para la salida de los reportes. El formato básico para la instrucción RECORD es

RECORD,INVAR,ID,ITAPE, P ó T ó B, DTPLT,TTSRT,TTEND;

Las definiciones y valores que se dan por default para los campos de la instrucción RECORD estan dados en la tabla 1.

Tabla 1 Campos para la instrucción RECORD.

Variable	Definición	Default
INDVAR	Nombre de la variable independiente.	Requerido
ID	Identificación alfanúmerico para la variable independiente.	Blanco
ITAPE	Número deseado para almacenar variables.	0
PóTóB	Un formato de salida: Plot, Table ó ambos.	P
DTPLT	Tiempo entre líneas sucesivas graficadas.	5.0
TTSRT	Tiempo inicial para gravar.	TTBEG
TTEND	Tiempo final para gravar	TTFIN

INSTRUCCION VAR

Un conjunto de instrucciones VAR es usado en conjunto con una instrucción RECORD para definir las variables independientes que van a ser gravadas. El formato para la instrucción VAR es

VAR, DEPVAR, SYMBL, ID, LOORD, HIORD;

Las definiciones y valores por default para los campos para la instrucción VAR están dados en la tabla 2.

Tabla 2 Campos de la instrucción VAR

Variable	Definición	Default
DEPVAR	Nombre de la variable dependiente.	Requerido
SYMBL	Simbolo para identificar la variable dependiente	Requerido
ID	Identificador alfanumérico de la variable dependiente	Blancos
LOORD	Especificación de orden menor: el mínimo observado, MIN; ó MIN redondeado al multiplo más cercano de IVAL, MIN(IVAL).	MIN
HIORD	Especificación de orden mayor: un valor; el máximo observado, MAX; ó MAX redondeado al multiplo más cercano de IVAL, MAX(IVAL)	MAX

INSTRUCCIONES SIMULATE (SIMULAR) Y FINISH (TERMINAR)

La instrucción SIMULATE consiste de un solo campo, SIMULATE; o su abreviación SIM; La instrucción SIMULATE es usada cuando se corren simulaciones multiples. Una corrida de simulación es ejecutada por las instrucciones que preceden la

instrucción **SIMULATE**. Siguiendo a cada instrucción **SIMULATE**, el usuario debe introducir instrucciones de control.

La instrucción **FINISH** consiste del campo, **FINISH**; o su abreviación **FIN**; la cual denota el fin de todas las instrucciones de entrada.

TIPOS DE SALIDAS

Las variables de salida se dividen en tres categorías: (1) consistentes en el tiempo, (2) observaciones, y (3) conteo. Ejemplos de salidas persistentes en el tiempo son el número de entidades en un archivo y el número de recursos en uso. Esas variables tienen un valor hasta que ocurre un cambio, de aquí el nombre, persistente en el tiempo. Ejemplos de observaciones son el tiempo en que un nodo es abandonado y el tiempo de tránsito de una entidad de un nodo a otro. Las observaciones son ejemplos de variables usadas para estimar medidas estadísticas. El tercer tipo de variables representan un conteo del número de veces en que un evento específico ocurre, por ejemplo, el número de entidades rechazadas de un nodo **QUEUE**.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Gordon Geoffrey .
Simulación De Sistemas.
Editorial Diana. 1986.

- (2) Naylor Thomas H. .
Experimentos De Simulación En Computadoras Con Modelos De Sistemas
Económicos.
Editorial Limusa. 1982.

- (3) Naylor Thomas H.
Técnicas de Simulación en Computadoras.
Editorial Limusa. 1988.

- (4) Pritsker A. Alan B. .
Introduction To Simulation And SLAM II. Third Edition.
A Halsted Book, John Wiley & Sons. 1986.

- (5) Pritsker A. Alan B.
SLAM II Network Models For Decision Support.
Prentice-Hall, Inc. 1989

- (6) Shannon Robert E. .
Simulación De Sistemas, Diseño, Desarrollo E Implantación.
Editorial Trillas. 1988.

LISTA DE TABLAS

TABLA	PAGINA
• Elementos del modelo.	19
• Frecuencia de llegadas de los trailers.	22
• Frecuencia de la hora de llegada de los trailers.	24
• Frecuencia del tiempo para descargar los trailers.	27
• Tiempos de inspección y almacenamiento.	32
• Relación de ahorros logrados.	88
• Productos que maquila la empresa.	91
• Lista de materiales utilizados en dance and mobile twin.	92
• Producción requerida del dance and mobile twin.	93
• Proveedores de la empresa.	94
• Información recopilada.	96
• Variables aleatorias.	102
• Codigos condicionales.	106
• Variables SLAM.	107
• Nodos básicos.	109
• Recursos y puertas.	109
• Nodos lógicos y decisiones.	110
• Nodos de interface.	110
• Reglas de prioridad de nodos select para las filas.	135
• Reglas de prioridad para el nodo select para los servidores.	135
• Instrucciones de control.	144
• Campos para la instrucción RECORD.	154
• Campos de la instrucción VAR.	155

LISTA DE FIGURAS Y GRAFICAS

GRAFICA	PAGINA
• Sistema de fuentes para la planeación de necesidades.	16
• Proceso de adquisición de material.	17
• Materiales en manufactura.	18
• Distribución de la empresa.	18
• Histograma de llegadas de los trailers.	23
• Histograma de hora de llegada de los trailers.	24
• Comparación de frecuencia observada y teórica en descarga.	29
• Relación entre tiempos de descarga e inspección.	33
• Relación entre tiempos de descarga y almacenamiento.	34
• Red del modelo de simulación.	39
• Ejemplos de rutas probabilísticas.	105
• Nodo CREATE.	111
• Nodo QUEUE.	112
• Nodo TERMINATE.	113
• Nodo ASSINGN.	113
• Nodo GOON.	114
• Nodo COLECT.	115
• Nodo BLOCK.	116
• Nodo AWAIT.	117
• Nodo FREE.	118
• Nodo ALTER.	118
• Nodo PREEMPT.	119
• Block GATE.	121

• Nodo OPEN.	121
• Nodo CLOSE	122
• Nodo ACUMULATE.	123
• Nodo BATCH.	127
• Nodo UNBATCH.	129
• Nodo MATCH.	130
• Nodo SELECT.	134
• Nodo EVENT.	136
• Nodo ENTER.	137
• Ventana de construcción de redes.	142
• Ventana de campos del nodo AWAIT.	143
• Ventana de instrucciones de control.	147
• Ventana de ayuda para la instrucción GEN.	149

