INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN UNA LINEA DE MANUFACTURA USANDO SIMULACION

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA
INDUSTRIAL

POR:

ING. HERIBERTO GARCIA REYES

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DE 2007

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN UNA LINEA DE MANUFACTURA USANDO SIMULACION

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA
INDUSTRIAL

POR:

ING. HERIBERTO GARCIA REYES

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DE 2007

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

TECNOLÓGICO DE MONTERREY®

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN UNA LÍNEA DE MANUFACTURA USANDO SIMULACIÓN

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

POR:

ING. HERIBERTO GARCÍA REYES

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DEL 2007

I. Dedicatoria

Dedico esta investigación primero que nada a Dios, de quien he recibido tanto y quien me otorgó los medios y la salud para poder concluir con este trabajo.

A mi familia por amor, cariño y apoyo incondicional, además de ser una inspiración para seguir adelante.

A mis padres por formar parte importante de mi vida y de mi formación personal y profesional

A mis hermanos y amigos que son parte importante de mi vida y un apoyo en los tiempos difíciles

A mi comité de tesis y maestros por su tiempo, apoyo y amistad.

ÍNDICE

LISTADO DE FIGURAS 1

LISTADO DE TABLAS. 3

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Definición del problema 2

1.3 Justificación 4

1.4 Objetivo 6

1.5 Objetivos específicos 6

1.6 Metodología. 7

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA 9

2.1 Modelación de problemas 9

2.2 Simulación de Eventos Discretos. 10

2.2.1 Pasos para realizar un estudio de Simulación 11

2.2.2 Definición de Simulación 16

2.2.3 Ventajas de la Simulación. 16

2.2.4 Desventajas de la Simulación 17

2.2.5 Aplicaciones de la Simulación a los SATD 18

2.3 Sistemas de soporte para la toma de decisiones. 20

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL MODELO 23

3.1 Módulo de presentación: 24

3.2 Módulo de etapa I: Conocimiento del modelo. 24

3.3 Módulo de resultados de la etapa I 28

3.4 Módulo de etapa II: Introducción de aleatoriedad. 29

3.5 Módulo de resultados de la etapa II 30

3.6 Módulo de etapa III: Tiempos de proceso aleatorios. 31

3.7 Módulo de resultados de la etapa III 33

3.8 Módulo de etapa IV: Operarios por proceso y desperdicios. 34

3.9 Módulo de resultados de la etapa IV 35

3.10 Módulo de la etapa V: Modelo final 37
3.11 Módulo de resultados de la etapa V 39
3.12 Esquema de incremento de complejidad en la toma de decisiones 40
CAPÍTULO IV: CASOS 42
4.1 Caso I: Etapa II 42
4.2 Análisis de resultados del caso I 45
4.3 Conclusiones y recomendaciones relevantes del caso 49
4.4 Caso II: Etapa IV 50
4.5 Análisis de los resultados del caso II 52
4.6 Conclusiones y recomendaciones relevantes del caso II 57
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS 59
5.1Conclusiones 59
5.2 Trabajos futuros 60
REFERENCIAS 61
ANEXO 1. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO I 65
ANEXO II. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA I 71
ANEXO III. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO II 74
ANEXO IV. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA II 80
ANEXO V. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO III 85
ANEXO VI. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA III 91
ANEXO VII. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO IV 98
ANEXO VII. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA IV 105
ANEXO IX. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO V 112
ANEXO X. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA V 120

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Metodología de solución de problemas 7
Figura 2. Proceso de modelación de un problema usando simulación 15
Figura 3. Fases y pasos para la toma de decisiones. 22
Figura 4. Módulo de presentación de escenarios 24
Figura 5. Pantalla de la etapa I 25
Figura 6 .Descripción del sistema 26
Figura 7. Diagrama de procesamiento de piezas 27
Figura 8. Resultados de la etapa I 28
Figura 9. Pantalla de la etapa II: Introducción de aleatoriedad 30
Figura 10. Resultados económicos de la etapa II 31
Figura 11. Pantalla de datos de la etapa III 32
Figura 12. Pantalla de resultados económicos de la etapa III 33
Figura 13. Pantalla de datos de la etapa IV 35
Figura 14. Resultados económicos de la etapa IV 36
Figura 15. Pantalla de datos de la etapa V 38
Figura 16. Resultados económicos de la etapa V 40
Figura 17. Incremento de complejidad del las etapas en la herramienta 41
Figura 18. Pantalla de datos para el caso I 43
Figura 19. Resultados de la etapa II con parámetros iniciales 44
Figura 20. Resultados de la simulación pantalla uno 45
Figura 21. Resultados de la simulación pantalla dos 45
Figura 22. Incremento en el nivel de inventarios para almacén de soldadura 46
Figura 23. Simulación del problema con disminución de tiempos de proceso 47
Figura 24. Resultados con modificaciones en los tiempos de proceso 48
Figura 25. Resultados económicos con modificaciones 48
Figura 26. Datos de arranque para el caso II 50
Figura 27. Resultados para el caso II con parámetros de arranque 51
Figura 28. Resultados económicos para el caso II 51
Figura 29. Impacto de las piezas defectuosas 53

Figura 30. Pantalla final de la simulación de las mejoras caso II 54
Figura 31. Datos de entrada de las mejoras en caso II 55
Figura 32. Resultados de mejora en el caso II 56
Figura 33. Resultado económicos para las mejoras del caso II 56

LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1. Tiempos entre fallas y reparación para los equipos 39
Tabla 2. Parámetros de operación para la etapa II 42

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

En la actualidad, el desarrollo de herramientas capaces de apoyar y fortalecer el proceso de toma de decisiones en una compañía se vuelve un factor clave. Las decisiones pueden implicar grandes beneficios o pérdidas dependiendo de cómo son tomadas, principalmente cuando estas decisiones implican ajustes para el mejoramiento del desempeño de diversos sistemas críticos tales como la cadena de suministro, el diseño de productos y procesos (Blackhurst *et al.*, 2005), la selección de equipo (Gopalakrishnan *et al.*, 2004), y administración del conocimiento corporativo (Haseman *et al.*, 2005) entre otros. Esto se debe a que el tiempo disponible para reaccionar ante un cambio en las variables que impactan en el desempeño de los sistemas y realizar los ajustes necesarios para mantener un cierto nivel requerido es muy corto. Por otro lado, en muchos problemas es difícil entender la interacción de estas variables con la medición final del desempeño. Más aun, la toma de decisiones crece en complejidad a medida que el número de variables consideradas para el análisis se incrementa. Entre más variables se deban controlar y/o modificar será más difícil determinar de que manera y cual o cuales de ellas afectan el desempeño obtenido (Orsoni *et al.*, 2001).

Esto hace que la modelación de un sistema de apoyo para la toma decisiones requiera de herramientas que permitan considerar la complejidad inherente a este tipo de problemas. Una de las mejores herramientas de modelación para sistemas complejos es la simulación, la cual permite generar y explorar posibles soluciones a los problemas, así como obtener proyecciones, predicciones y comparaciones entre diseños de procesos en desarrollo (Hicks, 1999). Por otro lado, dentro de las ventajas de la simulación está el tener bajos costos del proyecto, dado que no se tienen que implementar físicamente los cambios en los procesos, lo que permite ahorrar costos tanto en el número de pruebas piloto y en los costos de implementación y estabilización de los procesos o las mejoras en las variables

relevantes. La simulación también permite la generación de un modelo en el cual se puede observar con rapidez la respuesta ante cambios en los procesos bajo análisis.

Aun y cuando una empresa pueda desarrollar un sistema de apoyo para la toma de decisiones robusto, la efectividad y eficiencia en la aplicación del mismo dependerá de la experiencia del usuario. Sin embargo, este último puede cambiar de trabajo, de puesto, retirarse o incluso ausentarse temporalmente por vacaciones con lo que toda su experiencia en muchos casos no estará disponible y un nuevo usuario tendrá que aprender a tomar decisiones bajo las reglas desarrolladas previamente (Haseman *et al.*, 2005). Este hecho abre la oportunidad para diseñar y desarrollar herramientas de apoyo que permitan el entrenamiento en la toma de decisiones por medio del uso y aplicación de un modelo de simulación, de tal manera que el impacto en la introducción de un nuevo usuario sea minimizado. Este trabajo presenta un juego de manufactura, el cual utiliza un modelo simulación para analizar las implicaciones de las decisiones tomadas por los jugadores.

1.2 Definición del problema

No todos los problemas en las empresas se deben a las capacidades de las máquinas o al tipo de personal que las opera. Los problemas pueden también deberse a las malas decisiones tomadas por los administradores ante los cambios en los parámetros de operación de un sistema. Esto se debe entre otras cosas a la pobre calidad de la información que se utiliza para tomarlas, esta información generalmente está mal estructurada y es provista en grandes cantidades que impiden su análisis posterior usando modelos matemáticos o simulaciones (Centeno y Carrillo, 2001). En muchos casos la falta de información hace que se tomen decisiones poco sustentadas o basadas en la experiencia las cuales no siempre son las más adecuadas. La situación se complica aun más cuando el problema es complejo, lo cual implica que se tienen que tomar decisiones sobre una gran cantidad de variables relacionadas entre sí y que impactan directamente en el desempeño de un sistema. Esta complejidad para identificar el impacto colectivo de

un cambio en las variables de proceso hace relevante el desarrollo de sistemas de apoyo para la toma de decisiones.

Con el desarrollo de nuevas computadoras, las aplicaciones de la simulación se han incrementado de la misma manera, e incluso muchos de los paquetes computacionales de manufactura cuentan con una aplicación de simulación. Esto facilita ver los resultados de la programación de un código de maquinado para una pieza, de una corrida de producción, de los niveles de defectos esperados al realizar una cierta mezcla de productos en un equipo determinado, etc.

Para ello también se han desarrollado una gran cantidad de herramientas para realizar esta simulación, desde la utilización de lenguajes generales de programación como Basic, Pascal, Fortran, etc., y hojas de cálculo, pasando por los lenguajes generales de simulación como el GPSS, Slam, Siman y MOR/DS y hasta paquetes especializados de simulación que proveen además animación e interfaces gráficas como el Promodel, Taylor y Arena, haciendo más efectivo el análisis de el sistema bajo estudio.

Dados estos desarrollos, la flexibilidad en la aplicación de la simulación se ha extendido a casi cualquier sistema, por lo que en las últimas fechas se hacen más comunes los simuladores de vuelo, los simuladores del comportamiento de un material ante una excitación causada por una fuerza o la simulación de la elasticidad o plasticidad de presentará un material ante una fuerza externa y también en la simulación de la cantidad de piezas producidas al realizar un cierto programa de producción o al aplicar un cierto programa de mantenimiento.

Sin embargo, en la mayoría de los paquetes computacionales no se incluyen los efectos que pueden presentarse al aplicar conceptos de manufactura tales como Mantenimiento Total Productivo, Círculos de Calidad, Justo a Tiempo, Planeación de Requerimiento de Manufactura y todas las demás técnicas, filosofías y metodologías que existen para hacer más eficiente un sistema productivo.

En este trabajo se buscará realizar un modelo de simulación que sirva como sistema de apoyo en el entrenamiento para la toma de decisiones, de tal manera que el instructor pueda incluir algunos de los conceptos críticos de la administración de la producción en un sistema productivo y sus impactos de manera explícita. Es decir un modelo interactivo donde un instructor pueda generar aprendizaje en los usuarios por medio de escenarios simulados de un proceso de manufactura, para que cualquier tomador de decisiones pueda enfrentarse y capacitarse a problemáticas que simulan la realidad y ver el impacto que tienen sus decisiones en un sistema productivo. De esta manera, la experiencia generada con el apoyo de la herramienta y la comprensión del sistema que se está analizando servirán para que desarrolle criterios de toma de decisiones que podrá llevar a su trabajo cotidiano.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años las empresas han buscado medios para incrementar su ventaja competitiva, desarrollar mejores procesos de solución de problemas, mejorar la calidad de la solución obtenida y las operaciones de negocio relacionadas con esta solución. Una herramienta que puede lograr esto es un sistema de apoyo para la toma de decisiones (SATD), el cual incluye este conocimiento transformándolo en reglas de decisión (Owens y Philippakis, 1995). Dada la dinámica de los mercados y los niveles de competencia actual los tomadores de decisiones requieren de sistemas más complejos que aquellos que sólo colectan datos y los presentan organizados y sumarizados. Se requiere de sistemas capaces de proveer rápida y efectivamente un análisis de escenarios futuros ante las decisiones que se puedan tomar (Forgionne, 1988).

Con respecto a los sistemas de toma de decisiones, la investigación en esta área se centra comúnmente en la forma de mejorar la eficiencia en el tiempo para tomar una decisión y la efectividad de la decisión tomada (Pearson *et al*, 1995). Para

algunas empresas de manufactura, la competencia a la que se enfrentan ante la globalización de los mercados y el rápido desarrollo de sistemas de información ha generado cambios importantes en la manera de hacer negocios. Hoy en día muchas de estas empresas se han concentrado en desarrollar un proceso sistemático de generación de conocimiento enfocado a aportar valor a sus clientes por medio de sus productos y/o servicios (Lau *et al.*, 2001). Este proceso de generación de conocimiento se vuelve más complicado que en el pasado, esta complejidad se debe a la necesidad de considerar más ampliamente factores suaves que tienen que ver con la cultura de la empresa, su organización interna y aspectos éticos que anteriormente no eran considerados con tal nivel de detalle.

El reto en este sentido es lograr desarrollar sistemas de soporte para la toma de decisiones que no solo contemplen modelos matemáticos, sino que permitan considerar factores suaves como los antes mencionados; al incorporarlos, permitirá consolidar este tipo de enfoque dentro de la empresa y aportarle grandes beneficios (Shim *et al.*, 2002). Dada esta complejidad un elemento clave para poder representar la relación entre las variables de decisión es la modelación del sistema, en este sentido la simulación es una de las mejores herramientas que permite representar esta complejidad en un modelo, de una manera que pueda ser entendida con mayor facilidad por los analistas. Más aun, en una simulación no se requiere realizar demasiadas suposiciones con la finalidad de simplificar el problema como en los métodos analíticos, lo que le permite tener una representación más cercana a la realidad. Además, una vez que el modelo se construye puede ser usado las veces que sea necesario para realizar análisis e incrementar el conocimiento del sistema (Centeno y Carrillo, 1996).

En los últimos años, la relación de simulación y sistemas de apoyo para la toma de decisiones se ha fortalecido de tal manera que se han realizado muchas investigaciones al respecto. Esto ha generado un gran interés en el desarrollo de paquetes de simulación que puedan tener la facultad de analizar escenarios para proveer información para la toma de decisiones. Estos paquetes se enfocan entre

otros aspectos a lograr la mejora de los procesos por medio del entendimiento del proceso a través de la repetición de simulaciones, de probar diversas políticas óptimas de control, o la evaluación y comparación del desempeño de diferentes alternativas (Guariso *et al.*, 1996). El problema bajo estudio en este trabajo se relaciona principalmente con este último elemento de evaluación y comparación orientado al entrenamiento en la toma decisiones en un sistema de manufactura.

1.4 Objetivo

Diseñar y crear un sistema interactivo de entrenamiento para la toma de decisiones en una línea de manufactura, tal que este sistema permita de una manera sencilla y visual, observar el impacto de las decisiones tomadas por un usuario en un proceso productivo.

1.5 Objetivos específicos

Los objetivos que se esperan lograr con este trabajo son los siguientes:

- Desarrollar una herramienta para la toma de decisiones basada en escenarios de simulación para la capacitación de los tomadores de decisiones de sistemas de manufactura. Con la finalidad de proveer de un ambiente propicio para el aprendizaje y comprensión de los conceptos de administración de la producción y de un mejor entendimiento de las variables de control del proceso
- Diseñar una serie de escenarios que provean una plataforma de aprendizaje para los usuarios, por medio de la generación de casos de estudio aplicados a estudiantes que requieran desarrollar conocimiento práctico en la toma de decisiones relacionadas con la administración de procesos productivos.
- Realizar un modelo animado en el que puedan interactuar un instructor y diversos tomadores de decisiones en el que ante cambios en el sistema, programados por el instructor, los participantes realicen una selección de diversas acciones con la finalidad de incrementar ciertos indicadores de desempeño seleccionados por el instructor.

- Diseñar un par de casos para ilustrar el funcionamiento de la herramienta y como podría llegar a generar aprendizaje y adquisición de experiencia en procesos de toma de decisiones. De tal manera que este entrenamiento permita a los usuarios llevar estos criterios y experiencias a los procesos de administración de la producción y toma de decisiones en su trabajo cotidiano.

1.6 METODOLOGÍA.

La metodología utilizada es muy similar a la que se tienen en cualquier proceso de investigación de operaciones (Hillier y Liberman, 1997), esta metodología se representa en el siguiente diagrama de la Figura 1:

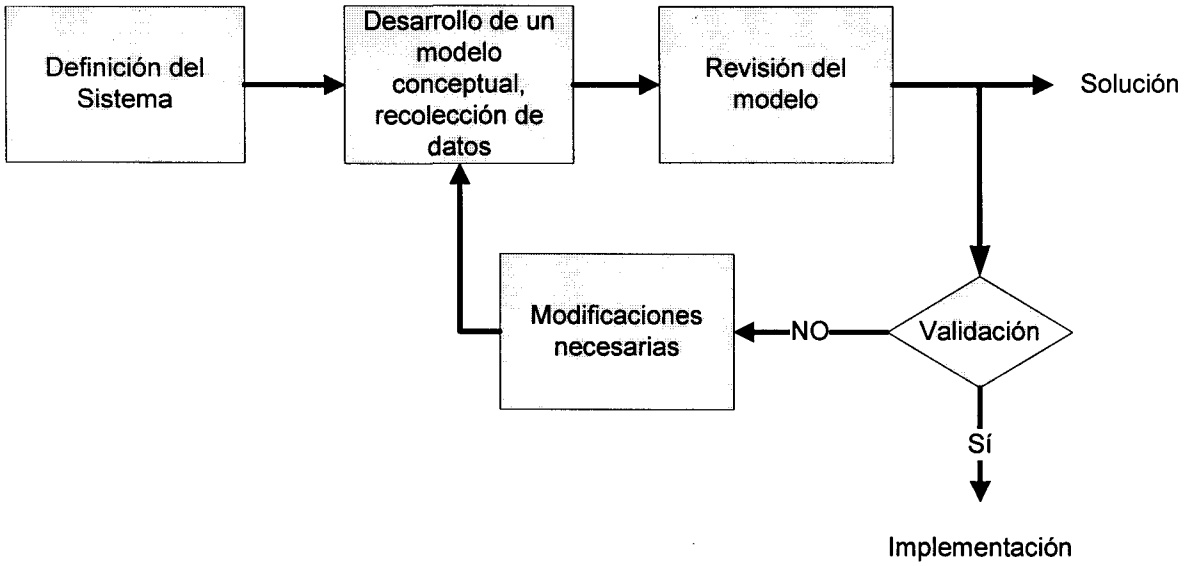


Figura 1 Metodología de solución de problemas

En la fase de definición del sistema se buscará el sistema de manufactura a simular. Así mismo, se realizará la selección del lenguaje a utilizar para la simulación, las características del modelo de simulación y la definición de las variables bajo análisis para cada caso. Es muy importante tener una buena definición

de estas variables pues entre mejor sea la modelación, más se apegará a la realidad (Law, 1991).

El desarrollo del modelo conceptual y la recolección de datos implican realizar una investigación de técnicas o algoritmos actuales relativos al sistema de producción, consolidar las variables que diferentes expertos en manufactura determinan como relevantes para ser analizadas y finalmente llegar a generar el modelo del sistema de simulación.

Una vez terminado el modelo se requerirá de ser probado por diferentes tomadores de decisiones o bajo diversos escenarios para validarlo (Naylor et al., 1967; Van Horn, 1979) y determinar que realmente se ajusta a la realidad y a la representación de los diferentes indicadores de desempeño de manufactura o administrativos que hayan definido.

Finalmente realizar los ajustes necesarios basados en la retroalimentación de los tomadores de decisiones o los casos de estudio y la determinación de áreas de mejora futuras posteriores a este trabajo.

El siguiente capítulo presenta una revisión de literatura sobre los dos principales temas de este trabajo, simulación y sistemas de toma de decisiones.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

Frecuentemente en la solución de problemas complejos se requiere considerar actividades en las que interviene el ser humano y donde las herramientas de sistemas de información con las que cuenta sólo pueden apoyarle parcialmente para tomar una decisión. Por otro lado, estos problemas por su propia complejidad pueden llegar a ser poco o nada estructurados por lo que la mejor manera de encontrar una solución es por medio de un continuo proceso de interacción entre el tomador de decisiones y el sistema de soporte utilizado (Guariso *et al.*, 1996). En el presente capítulo se presenta una revisión bibliográfica sobre los dos temas principales de este trabajo, simulación, y sistemas de apoyo o soporte para la toma de decisiones.

2.1 MODELACIÓN DE PROBLEMAS.

En la solución de problemas complejos es necesario en muchas ocasiones realizar representaciones de los mismos, o modelos, con la finalidad de analizarlos, comprenderlos y mejorarlos. Una de las principales ventajas de estos modelos es la comprensión del sistema como un todo por medio de la descomposición de un problema en elementos más fácilmente entendibles y analizables, lo que permite una mejor evaluación y mejoramiento de sistemas complejos como lo puede ser un sistema productivo (Kosanke and Zelm, 1999). Existen diferentes clasificaciones de modelos dependiendo de las características que estos tienen. Por ejemplo podemos hablar de modelos físicos, como lo puede ser una maqueta. Esta es una representación a escala de cómo quedaría una construcción una vez terminada y sobre la cual se pueden analizar detalles que de otra manera no serían visibles hasta que se hubiera terminado la construcción. Esto implica costo, tiempo y satisfacción de parte del cliente.

Por otro lado, existen modelos matemáticos que implican la utilización de ecuaciones que interrelacionan variables entre sí. Estos modelos a su vez pueden ser clasificados dependiendo del tipo de ecuaciones que los componen. Tenemos

modelos continuos si las relaciones entre variables implican el uso de ecuaciones diferenciales para determinar el comportamiento de las variables a lo largo de un espacio continuo de tiempo y modelos discretos donde las relaciones entre variables son evaluadas en puntos discretos del espacio de tiempo (García *et al.* 2006).

En cuanto a la simulación podemos encontrar modelos continuos y discretos, en la aplicación particular de este trabajo se seleccionó la simulación de eventos discretos. A continuación se profundizará más sobre la herramienta de simulación de eventos discretos, su definición, ventajas, desventajas y aplicaciones en los sistemas de soporte para la toma de decisiones.

2.2 Simulación de Eventos Discretos.

En los últimos años la simulación de eventos discretos se ha convertido en una de las herramientas más importantes en el análisis y mejoramiento de sistemas complejos tales como problemas logísticos (Bekker y Saaymann, 1999), en el análisis de la cadena de suministros (Chan *et al.* 2002), en el análisis del flujo de pasajeros en aeropuertos (Gatersleben y Van Der Weij, 1999) o en el entrenamiento para el manejo de emergencias (Granlund, 2001), entre otros.

Las empresas continuamente se ven en la necesidad de iniciar procesos de toma de decisiones orientados a la planeación de las operaciones de una empresa a los niveles operativo, táctico y estratégico. Éste último se convierte en el más difícil de alcanzar dada su complejidad por la incertidumbre natural que presenta. Es aquí donde la simulación de eventos discretos ha estado realizando aportaciones en los años recientes (Hicks, 1999). Implantar nuevos procesos en las empresas implica incertidumbre, riesgo y una gran inversión de capital por lo que se vuelve necesario contar con herramientas que les permitan a las empresas tomar decisiones sustentadas para alcanzar la tasa de retorno esperada o la mejor utilización de sus recursos monetarios, decisiones que pueden ser tomadas con el apoyo de la simulación de eventos discretos (Jain *et at.* 2001).

De acuerdo a Banks *et al.* (2001) Algunas de las razones que favorecen la aplicación de la simulación de eventos discretos como herramienta de modelación y análisis son:

1. Habilita el estudio de, o la experimentación con, las interacciones internas de sistemas complejos o de un subsistema con sistemas complejos.
2. El conocimiento que se obtiene por medio del modelo de simulación será de gran valor al momento de sugerir mejoras en el sistema bajo estudio.
3. Se requiere determinar cual variable es más relevante y como ésta interactúa con otras, lo que se consigue cambiando los valores de entrada de las variables y observando su comportamiento en el modelo.
4. La simulación se puede utilizar como un análisis de escenarios al momento de diseñar nuevos procesos o políticas, previo a su implantación, lo que favorece prever condiciones del tipo ¿Qué pasa si....?
5. Los modelos de simulación apoyan el entrenamiento, lo que genera aprendizaje con un costo menor a que causaría un proceso de entrenamiento directamente en la operación.
6. La animación de los procesos es relevante para visualizar lo que se está modelando

2.2.1 Pasos para realizar un estudio de Simulación

Para realizar un estudio de simulación es necesario seguir un proceso ordenado de pasos, esto con la finalidad de obtener el mejor provecho de la herramienta. De acuerdo a García *et al.* (2006) estos pasos serían los siguientes:

Definición del problema bajo estudio. En esta etapa se requiere de conocer a detalle el sistema a modelar, es necesario utilizar varios diagramas con la finalidad

de obtener la representación más adecuada del problema que se desea simular, se requiere reunir las expectativas por parte de los clientes del proyecto de simulación, en cuanto a que problema origina el estudio de simulación y que es lo que se espera obtener como resultado final del proyecto. En esta etapa también se definen los supuestos del modelo, las variables de decisión y sus interacciones. Al final de esta etapa es recomendable que se haya reunido la suficiente información para lograr establecer un modelo conceptual del sistema bajo estudio.

Generación del modelo base de simulación. Una vez que el problema está definido, que se han delimitado sus fronteras, que se han establecido los alcances del modelo y lo que se espera de él, se puede definir un modelo conceptual del problema a analizar. Esta etapa implica la generación de un modelo base de simulación. Este modelo es un primer intento de representar la realidad del sistema bajo análisis, por ello no será necesario incluir en él demasiado detalle. El resultado final de esta etapa dependerá de la creatividad del modelador para realizar un buen modelo que refleje la realidad del problema que se está analizando, en particular que sea capaz de representar las relaciones entre las variables de decisión y la interacción que estas tienen entre sí.

Recolección y análisis de datos. Este paso es clave pues dependiendo de la calidad de la información recopilada será la veracidad del modelo que se llegue a obtener. Este proceso puede hacerse de manera paralela a la generación del modelo base. Un punto relevante es la depuración de los datos obtenidos y su transformación en información tal y como es requerida para que el modelo pueda hacer uso de ella. En cuanto a un modelo de simulación esto implica la definición de las distribuciones de probabilidad asociadas a las variables de decisión del modelo y todo comportamiento de las variables que se incluyen en el modelo. En esta etapa se debe determinar qué información es útil para la determinación de las distribuciones de probabilidad asociadas a cada una de las variables aleatorias que se requiere incluir en la simulación. En algunos proyectos de simulación esta es una etapa que puede tomar la mayor parte del tiempo del estudio. Al finalizar la etapa, la

información obtenida puede ser usada para mejorar el modelo base en cuanto a la representatividad de la realidad que se está modelando. Esto implica que se tiene un modelo preliminar de la situación bajo estudio.

Generación del modelo preliminar. En esta etapa se integra la información que se obtuvo del análisis de los datos, los supuestos del modelo y toda la información que se requiera para tener un modelo lo más cercano a la realidad del problema bajo estudio. Al finalizar esta etapa el modelo está listo para ser comparado contra los resultados reales del sistema, es decir la validación del modelo. Sin embargo, se recomienda que antes de llevar a cabo esta validación, el modelo sea revisado a detalle en busca de relaciones mal establecidas, consideraciones mal asumidas o cualquier otro error de modelación que se pueda detectar. Esto con la finalidad de apegar el modelo lo más posible a la realidad que se busca representar. Este proceso de comprobación se conoce como la verificación del modelo de simulación.

Verificación del modelo. En esta etapa se revisan las relaciones de las variables del modelo y como se han establecido sus relaciones. En muchas ocasiones algunos problemas que requieren de mucha programación son más susceptibles a presentar errores en la manera en la que se ha modelado una relación o una interacción de variables incluidas en el modelo. Esto es natural debido a la posibilidad siempre latente del error humano que conlleva el o los analistas involucrados en la construcción del modelo de simulación. Por otro lado cabe la posibilidad de que conforme se va conociendo con más detalle el problema que se está modelando, se considere que algunos de los supuestos iniciales del modelo ya no son válidos por lo que se recomienda que se actualicen y revisen todas estas condiciones iniciales. Finalizada la verificación del modelo se puede proceder a su validación.

Validación del modelo. El proceso de validación del modelo consiste en realizar una serie de pruebas al modelo con información de entrada real para observar su comportamiento y analizar sus resultados. Estos resultados deberán de ser validados

por los mismos expertos en el proceso, o en su defecto por los clientes del proyecto de simulación. Sin embargo, es de esperarse que el modelo pueda estar bien construido y que muestre resultados que aparenten no tener sentido en base a la experiencia de los validadores. En este caso es importante para el analista conocer bien el modelo para poder justificar algún comportamiento del mismo que sea contrario a la experiencia de los expertos del proceso que participan de su validación.

Generación del modelo final. La validación del modelo implica la liberación del mismo, es decir, la certificación de que el modelo de simulación representa la realidad con suficiente apego para ser utilizado como herramienta de análisis y mejoramiento por lo cual una vez terminados los ajustes solicitados por los expertos en la fase de validación se cuenta con un modelo final del sistema a analizar. Este modelo podrá ser utilizado para comparar escenarios y situaciones tipo ¿Qué pasa si...?.

Determinación de los escenarios para el análisis. Una práctica común en este caso es crear escenarios para ver el comportamiento de las variables de decisión del modelo, lo que permite conocer cómo reacciona el sistema ante estos cambios. Sin embargo, esto es poco ordenado. Una mejor estrategia es definir un diseño de experimentos que permita un análisis estadístico confiable, lo que le dará un mayor respaldo estadístico al modelo. Este diseño deberá de considerar los escenarios que por experiencia resultan críticos para el sistema que se analiza.

Análisis de sensibilidad. Una vez que se obtienen los resultados de los escenarios es importante realizar pruebas estadísticas sobre estos resultados. Dado que en un modelo de simulación el comportamiento de muchas de las variables es aleatorio con respecto al tiempo, no es posible tomar decisiones utilizando solamente un resultado puntual del modelo. Por ello se requieren realizar varias repeticiones de cada escenario o réplicas con la finalidad de obtener información complementaria como lo pueden ser los intervalos de confianza.

Documentación del modelo, sugerencias y conclusiones. Una vez realizado el análisis de los resultados, es necesario documentar el modelo, desde las suposiciones y definiciones iniciales hasta los criterios para la definición de los escenarios y el análisis de sensibilidad de los mismos. Esto incluye también la programación del modelo y la manera en la que se establecieron las relaciones, todo esto para facilitar ajustes posteriores en caso de que la situación que se modeló cambie. Finalmente las conclusiones del proyecto de simulación para obtener los reportes ejecutivos y la presentación final y entrega del mismo.

Otros autores presentan esquemas similares, por ejemplo Centeno y Carrillo (2001), consideran los siguientes pasos ilustrados a manera de diagrama de flujo en la Figura 2

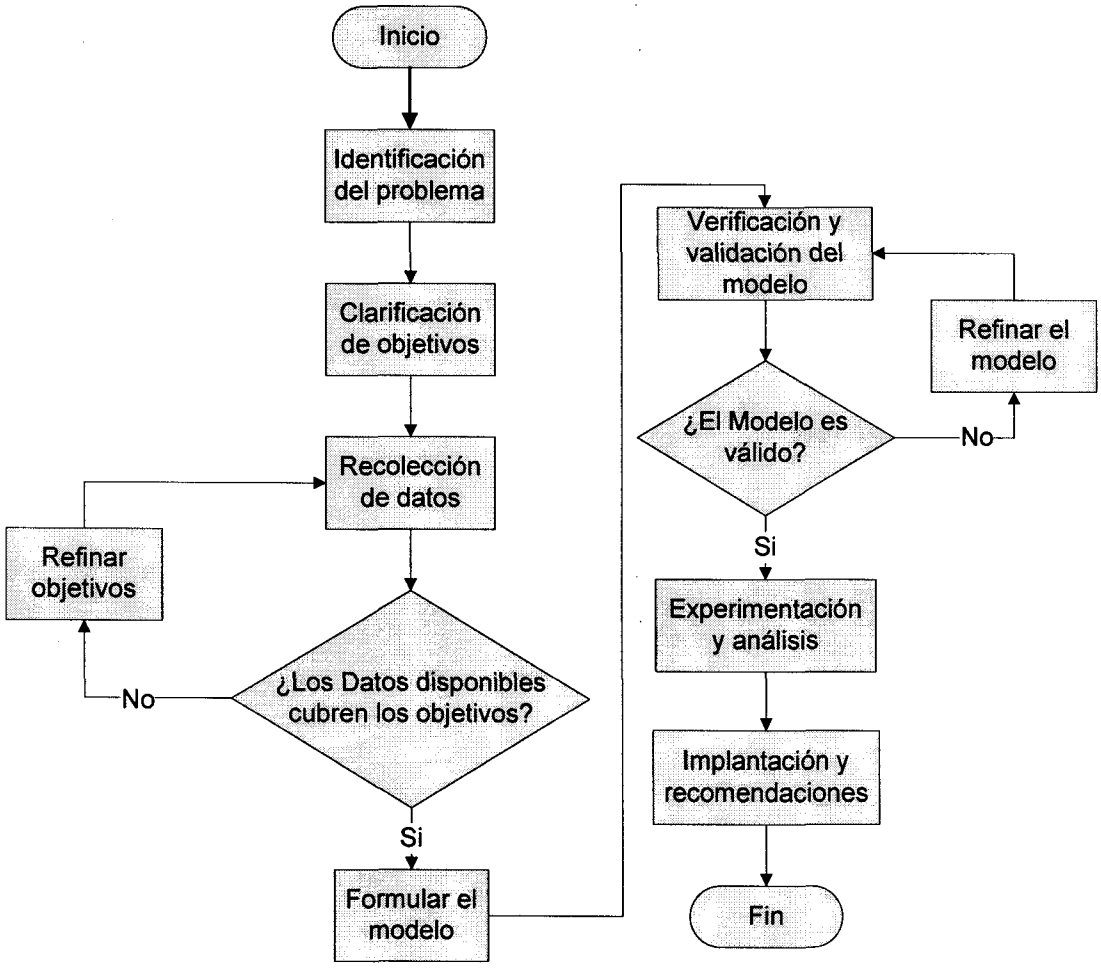


Figura 2. Proceso de modelación de un problema usando simulación

2.2.2 Definición de Simulación

Existen muchas y muy variadas definiciones de lo que es la simulación, a continuación presentamos algunas de ellas.

Simulación es la imitación de las operaciones de los procesos o sistemas del mundo real en el tiempo (Banks *et al.* 2001).

Simulación es el uso de la computadora para la evaluación de un modelo numérico, con la finalidad de estimar la realidad de ciertas características seleccionadas de éste (Law y Kelton, 1991).

Simulación de eventos discretos es el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un determinado evento. Con este modelo se busca comprender, analizar y mejorar sus condiciones de operación relevantes (García *et al.* 2006).

Con estas definiciones se puede decir que la simulación es la representación numérica de eventos reales apoyándose en el uso de la computadora, con el fin de observar el comportamiento e interrelación de diversas variables bajo estudio que son modeladas bajo diferentes condiciones de operación.

2.2.3 Ventajas de la Simulación.

Dadas las características necesarias para realizar un análisis de los procesos utilizando la simulación se pueden destacar las siguientes ventajas:

1. Poca inversión ya que no se lleva a cabo el cambio físico del sistema, es decir cuando alguna de las variables o varias de ellas se encuentran bajo estudio y

son modificadas, la simulación evitará realizar esos ajustes en el proceso físicamente para conocer cual es el escenario o los escenarios que se pueden esperar como resultado.

2. Tiempos de respuesta más rápidos ante cambios de características de los modelos si algún cambio en los procesos se presenta, como el comprar una nueva máquina, el introducir un nuevo producto o el descontinuar alguno de ellos, usando la simulación podremos ver estos cambios y tomar decisiones antes de tomar la decisión final sobre el cambio propuesto.

3. Facilidad de análisis de diversos escenarios, al poder modificar las variables relevantes del sistema bajo estudio se pueden realizar investigaciones sobre como optimizar los beneficios, bajo diferentes combinaciones de estas variables, sin necesidad de recurrir a un cambio físico en el proceso.

Dadas estas ventajas y el impacto que puede tener un sistema de simulación de procesos en la toma de decisiones, se pueden realizar grandes desarrollos en esta área.

2.2.4 Desventajas de la Simulación

Como toda herramienta la simulación presenta desventajas que deben de considerarse antes de utilizar esta técnica para la modelación de un problema. Algunas de las desventajas son:

1. Desconocimiento de lo que puede y de lo que no puede hacer simulación por parte de los clientes del proyecto. Esto ocasiona que se tengan discrepancias en las expectativas de lo que un modelo de simulación puede ofrecer y lo que no. En este sentido un error muy común es asumir que simulación es una herramienta de optimización de procesos, cuando sólo puede ayudarnos a determinar el mejor escenario de los que fueron probados en el modelo.

2. El costo de un proyecto de simulación puede ser alto cuando el modelo requerido es grande y complejo. Principalmente a que es una herramienta que requiere de especialización por parte del modelador, no sólo en el uso de un paquete computacional, sino en la generación de escenarios y en la interpretación de los resultados obtenidos. También este costo se relaciona con el hecho de que una simulación por su naturaleza estadística requiere de ser repetida en varias ocasiones para obtener confiabilidad de los resultados.

3. El tiempo requerido para realizar un modelo de simulación tiende a ser mayor que el requerido por otras herramientas analíticas que ofrecen resultados similares. Comúnmente se toman decisiones de utilizar simulación cuando lo mejor es usar un método analítico para la solución del problema bajo estudio. Una buena modelación de simulación implicará una gran inversión de tiempo en la generación del modelo base y en la determinación de los comportamiento de las variables que lo componen, así como en la recolección, depuración y ordenamiento de los datos que requiere el modelo en su construcción.

Aun y cuando la simulación tiene estas desventajas, la herramienta se ha popularizado en la modelación y análisis de sistemas complejos, así como apoyo para los procesos de toma de decisiones. A continuación se revisarán algunas de estas aplicaciones.

2.2.5 Aplicaciones de la Simulación a los SATD.

En los últimos años, con el desarrollo de los procesadores de las computadoras la simulación se ha visto beneficiada al reducir el tiempo requerido para realizar una prueba con un modelo. Con ello esta técnica se ha convertido en un elemento muy atractivo para ser incorporado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones. En

esta sección se presentan algunos ejemplos de estas aplicaciones y los beneficios de la incorporación de un modelo de simulación.

Meinert *et al.* (1999) utilizaron un enfoque modular de simulación para evaluar el desempeño de sistemas automáticos de manejo de materiales, este sistema se construyó utilizando un paquete computacional (Automod) sobre el cual se modelaron características relevantes del sistema. El modelo fue probado con datos reales provistos por el sistema postal norteamericano. Los datos estadísticos obtenidos de la generación de escenarios fueron analizados usando pruebas de análisis de varianza. El proyecto permitió comprobar la eficacia de los escenarios propuestos y se validó el uso del modelo como herramienta para evaluación de sistemas automáticos de manejo de materiales.

GoodSell y Van Kely (2000) realizaron un estudio de simulación en Caterpillar Logistics orientado a entender mejor las necesidades de sus clientes una vez que estos son incorporados a su sistema. El enfoque principal se basó en desarrollar un modelo de simulación que les permitiera analizar el impacto en su sistema de administración de demanda. La simulación les permitió lograr un mejor entendimiento de estos impactos y anticiparse a los requerimientos de los clientes. Otro de los resultados fue la determinación de las penalizaciones que podían establecer en su sistema de administración de inventarios, estas penalizaciones se definieron considerando los impactos de cambios en órdenes y retrasos que fueron simulados en el modelo.

Chan *et al.* (2002) utilizaron la simulación para comparar diferentes estrategias de liberación de órdenes en la cadena de suministro. Entre estas estaban la liberación a tiempo constante de órdenes, mantener trabajo en proceso constante, regular la carga de trabajo, y un heurístico basado en el tiempo de espera entre otros. Basados en sus resultados seleccionaron las dos mejores estrategias, para

diseñar una estrategia de liberación de órdenes orientada a incrementar el nivel de servicio a los clientes, considerando las principales ventajas y conceptos obtenidos de las estrategias seleccionadas. Este mecanismo fue probado y validado al igual que las estrategias previamente estudiadas, obteniendo mejores resultados bajo las mismas condiciones de validación.

O'Kane (2004) utilizó el análisis de escenarios por medio de simulación para realizar la evaluación de sistemas productivos ante cambios en esquemas y políticas de trabajo. En este caso se pudieron obtener conclusiones relevantes sobre cada uno de los escenarios bajo estudio. Como conclusión final del este proyecto se documentó como la simulación permite tomar decisiones sobre los mejores esquema de producción en una empresa, y como esta herramienta apoya también otros esfuerzos de mejora como la reingeniería de procesos.

2.3 SISTEMAS DE SOPORTE PARA LA TOMA DE DECISIONES.

Los sistemas de apoyo para la toma de decisiones (SATD) han evolucionado de diferentes áreas de investigación, principalmente de estudios teóricos y técnicos sobre los procesos de toma de decisiones en las organizaciones realizados por el Carnegie Institute of Technology (Simon, Cyret, Machrm y otros) y por el Massachusetts Institute of Technology (Gerrity, Ness, y otros) respectivamente en la mitad del siglo pasado (Keen, 1978). Los SATD típicos tienen los siguientes componentes (Shim *et al*, 2002):

1. Bases de datos que interactúan con acceso interno y externo a los datos, información y la posibilidad de almacenar conocimiento del sistema y las decisiones que se han realizado.
2. Modelos para la administración del sistema, los cuales interactúan con funciones de modelación especializadas

3. Interfaces para el usuario que le permiten diferentes funciones que apoyan el proceso de toma de decisiones como reportes de indicadores de operación claves o el manejo de la información de tal manera para que puedan ser comprendidos por todos los analistas que están relacionados con la decisión.

La investigación en esta área se centra comúnmente en como mejorar la eficiencia en el tiempo para tomar una decisión y la efectividad de la decisión tomada (Pearson *et al*, 1995). Aunque estas investigaciones describen los diferentes enfoques en el cual un SATD puede ser incluido en conceptos tales como sistemas colaborativos grupales de apoyo a la toma de decisiones y equipos virtuales, no se muestra un procedimiento explícito para integrar las diferentes herramientas computacionales necesarias para construir el sistema, ni los esquemas de modelación requerido para lograr dicho objetivo. Por otro lado, la investigación está centrada en el proceso interno del SATD pero no provee información relevante acerca como se definen los límites del sistema o como definir, diseñar o mejorar las interfaces incluidas en el sistema.

El proceso de toma de decisiones implica todas las fases por las que requiere pasar el tomador de decisiones a fin de llegar a una decisión final. Un modelo clásico que describe dichas fases fue desarrollado por H. Simon (Simon, 1945). Este modelo incluye las siguientes fases: Inteligencia, Diseño y Elección. La fase de Inteligencia incluye la definición del problema bajo estudio utilizando toda la información disponible y los limitantes del sistema. La fase de Diseño utiliza la información de la fase de inteligencia para así desarrollar alternativas factibles y determinar como pueden ser alcanzados los objetivos finales definidos en la fase de Inteligencia.

Finalmente, la fase de Elección implica la selección de una de las alternativas para su implantación. Estas fases se pueden expandir para obtener los pasos del proceso de toma de decisiones; varios autores proponen diferentes expansiones, Forgionne (Forgionne, 1999) define los siguientes pasos: Identificar el problema a modelar, definir el objetivo principal y los sub-objetivos, establecer el análisis y

criterios de selección, recopilación de datos, generación de alternativas factibles, análisis y evaluaciones de las alternativas y finalmente la selección de una alternativa para su implementación. De estos enfoques podemos llegar a la siguiente representación gráfica ilustrada en la Figura 3.

Fase de Inteligencia	**Fase de Diseño**	**Fase de Elección**
Identificar el problema Definir objetivo Definir sub-objetivos	Análisis del problema Criterios de selección Recopilación de datos Generación de alternativas	Análisis y evaluación de las alternativas Selección de la mejor decisión

Figura 3. Fases y pasos para la toma de decisiones.

Este proceso de toma de decisiones puede ser aplicado a diversos problemas tales como la selección de centros de maquinado (Gopalakrishnan *et al*, 2004), la administración de recursos naturales como ríos y reservas de agua (Salewicz and Kakayama, 2004), el mejoramiento de la gestión de infraestructura urbana (Quintero et al, 2005) y en aplicaciones para el mejoramiento de la cadena de suministro (Blackhurst *et al*, 2005).

En el siguiente capítulo se describe el desarrollo del modelo para generar aprendizaje en la toma de decisiones por medio de simulaciones de procesos de producción.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL MODELO

Dada la complejidad en la modelación de un sistema de manufactura se seleccionó la simulación como plataforma para generar escenarios de trabajo, principalmente por la capacidad de representar sistemas complejos y dinámicos (O'Kane, 2004). Después de analizar varios paquetes de simulación se decidió usar ProModel como programa de simulación por su facilidad de programación y su capacidad para interactuar con otros programas por medio de aplicaciones de Visual Basic (García *et al.*, 2006).

Este hecho representa una ventaja dado que uno de los retos de usar simulación como herramienta de apoyo para la toma de decisiones radica en que no cualquiera domina un lenguaje de simulación en particular. Esto podría provocar rechazo ante los usuarios debido al tiempo que tomaría aprender el lenguaje o escepticismo por considerar que los procesos a modelar son muy complejos (Centeno y Carrillo, 2001). Como estrategia para facilitar el uso del paquete se utilizó una interfase desarrollada en excel que es un paquete comúnmente usado en la industria y la academia. Investigaciones recientes han demostrado que a medida que la tecnología es más sencilla de operar, los usuarios tienden a rechazarla menos (Workman, 2005).

Por otro lado, tanto Excel o algún otro paquete con características similares, son comúnmente usados en la industrial para manejar información, hacer análisis de datos o tomar decisiones. Además, dada su capacidad para utilizar aplicaciones de Visual Basic resulta ideal para intercambiar datos con ProModel. Una vez seleccionados los paquetes a utilizar, se definieron los módulos que se integrarían en la interfase. Esto con el objetivo de que el usuario fuese alimentando datos y tomando decisiones de manera secuencial. Los módulos del juego son los siguientes:

3.1 MÓDULO DE PRESENTACIÓN:

Este módulo está en Excel y contiene los accesos a los 5 escenarios generados, además de una breve descripción de las características de los sistemas que cada módulo representa. Desde este módulo se pueden ir seleccionando de manera secuencial los escenarios de aprendizaje que se desean utilizar con solo oprimir el botón respectivo a cada uno de ellos. La Figura 4 muestra como luce este módulo

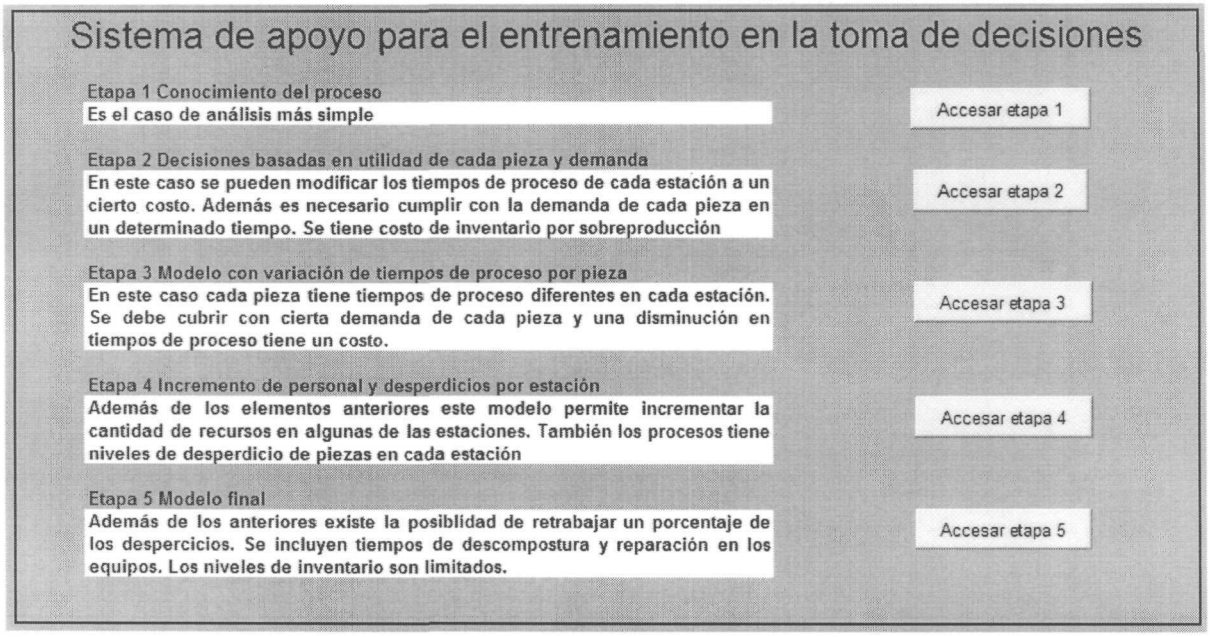


Figura 4. Módulo de presentación de escenarios

3.2 MÓDULO DE ETAPA I: CONOCIMIENTO DEL MODELO.

En este módulo los participantes se familiarizan con el sistema con el que tomarán las decisiones. Para lograr este objetivo en la simulación solo se les permite modificar el número de piezas totales que se desea fabricar y el tiempo de paro de la simulación. La simulación se detendrá en el momento en que una de las dos condiciones se cumpla. En este primer módulo todos los tiempos de proceso y llegadas de piezas son constantes por lo que se puede observar que la secuencia de producción de cada un de las tres piezas que se fabrican es alternada, es decir se

puede observar en el modelo que en cada proceso primero se toma una pieza "A", luego una "B" y finalmente una "C" para después repetir el ciclo. Este es el modelo más simple pues al ser todo constante es más sencillo predecir el comportamiento que el sistema tendrá. En la Figura 5 se muestra la pantalla de la etapa I así como la información que esta contiene.

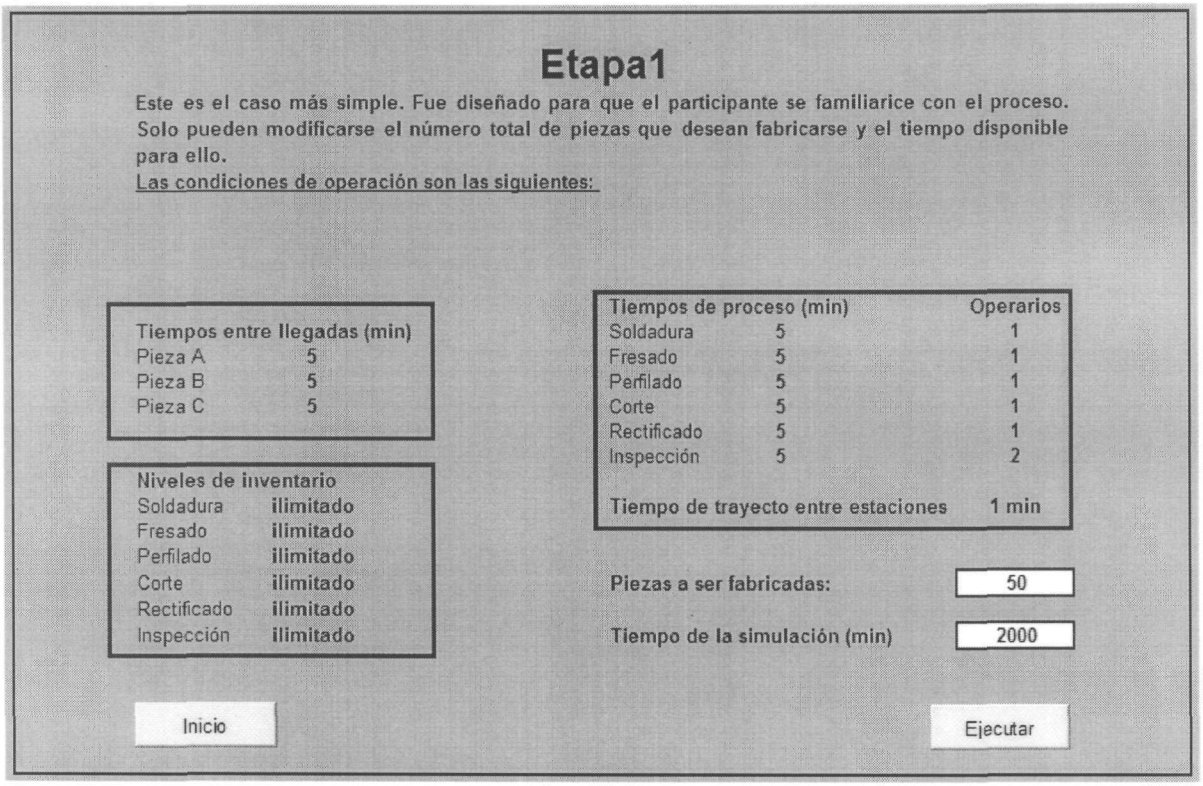


Figura 5. Pantalla de la etapa I

En esta etapa se consideran los niveles de inventarios en proceso con capacidad infinita, los tiempos entre llegadas de las piezas son constantes cada 5 minutos, también los tiempos de procesos en cada una de las estaciones son constantes con un tiempo de proceso de 5 minutos por pieza independientemente del tipo que se esté trabajando.

Vale la pena mencionar que en el archivo de Excel está protegido para que el usuario no modifique más que los datos que se le piden, además se utiliza un código de colores para hacer más sencilla la interacción con los participantes. Las leyendas

en azul implican datos que pueden modificarse, los recuadros blancos implican que son datos que se alimentarán al simulador. Los datos en rojo son modificables e implican costos que son tomados solamente en cuenta por parte del Excel. Las demás leyendas contienen información que no es modificable en cada escenario. En este caso tanto el número total de piezas a ser fabricadas, así como el tiempo de paro de la simulación pueden ser modificados por parte del usuario. La Figura 6 muestra el sistema de producción diseñado para la toma de decisiones.

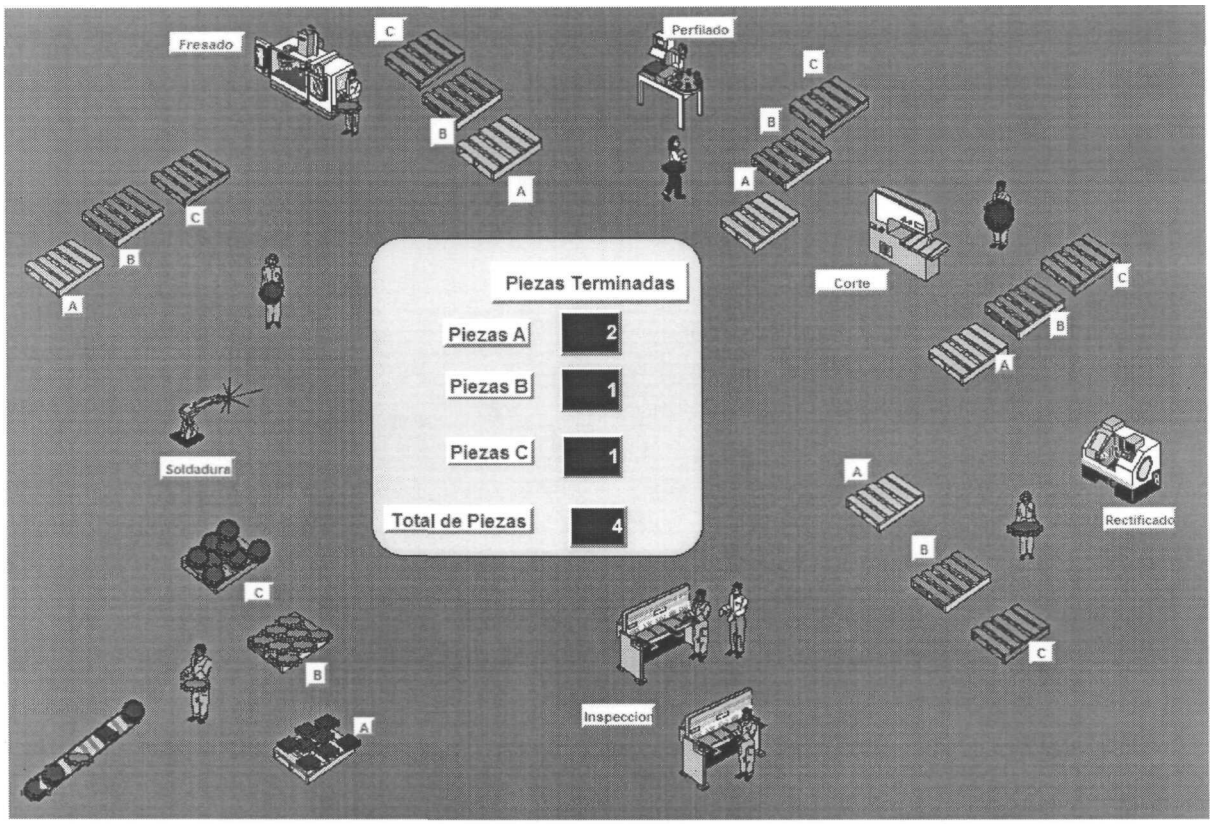


Figura 6 .Descripción del sistema

En este sistema se procesan 3 piezas diferentes. La pieza "A" es un bloque, la pieza "B" es un engrane, y la pieza "C" es una esfera. Estas piezas llegan a una banda con capacidad infinita de almacenamiento, de ahí son separadas por un operador de carga que las acomoda en sus respectivos inventarios. De estos inventarios el operario de la estación de soldadura las selecciona, procesa y envía al almacén de fresado. De este almacén el operador de fresado las toma, procesa y

envía al almacén de perfilado. La operación se repite en las estaciones de perfilado, corte y rectificado. Finalmente, un operador de inspección las transporta a los inspectores quienes revisan la calidad de la pieza. Una vez que está termina de inspeccionarse y es declarada conforme, el contador de piezas terminadas se incrementa. Cabe mencionar que los tiempos de trayecto entre almacenes y estaciones se considera constante de un minuto por tramo. La secuencia de procesamiento explicada anteriormente se representa por medio del siguiente diagrama ilustrado en la Figura 7.

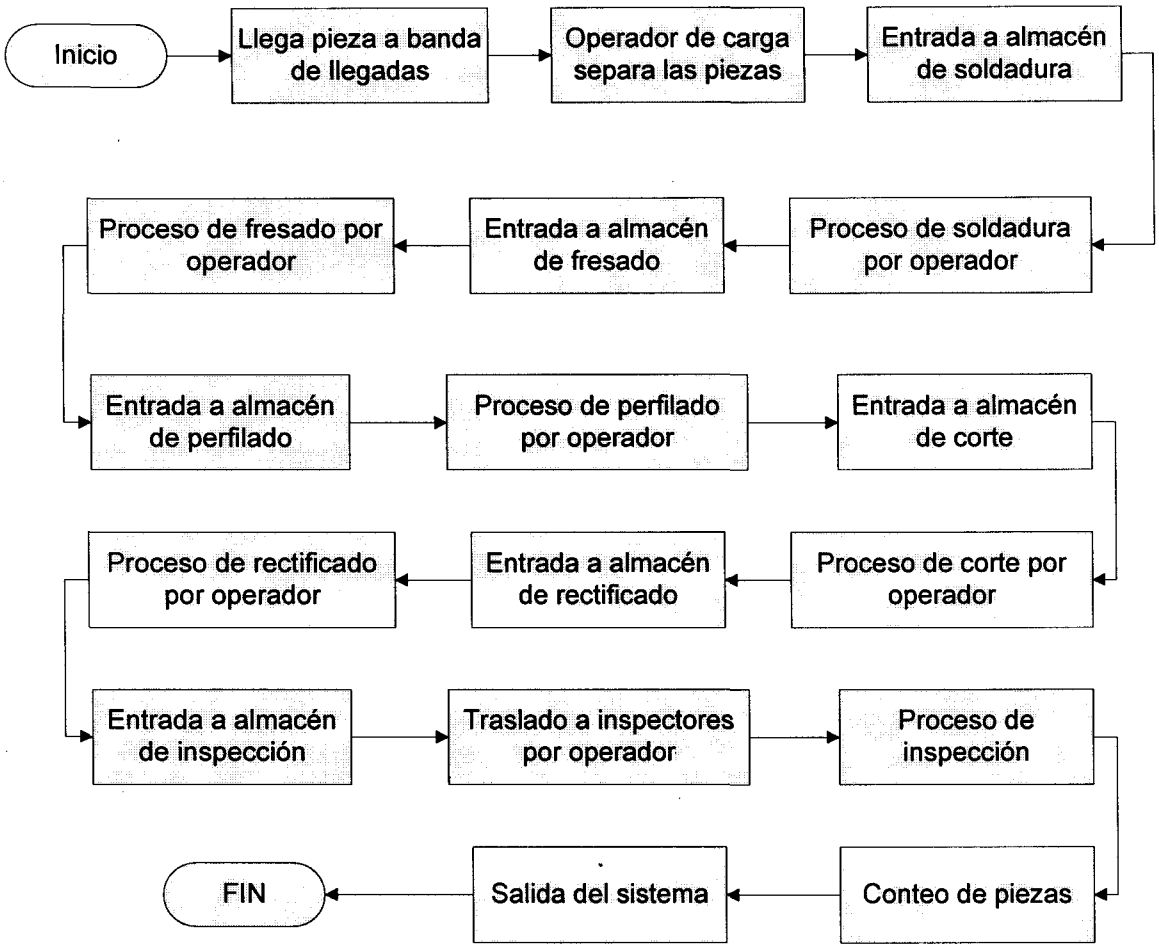


Figura 7. Diagrama de procesamiento de piezas

Al oprimir el botón *Ejecutar* de este módulo se realiza un intercambio de datos con el paquete del ProModel, el cual los utiliza como parte de su sistema, con esto se logra activar la simulación desde Excel. De esta manera el usuario podrá ver los

efectos que tienen sus decisiones y realizar las mejoras que considere pertinentes. Una vez concluida la simulación ProModel genera los datos estadísticos de la misma los cuales pueden ser leídos desde Excel por medio de la aplicación Visual Basic para Aplicaciones (VBA). Para poder realizar este intercambio es necesario que las referencias de ProModel se encuentren activas en el menú de referencias de VBA. Estas referencias aparecen en Excel cuando el paquete de ProModel es instalado en un equipo y es necesario seleccionarlas del menú de referencias.

3.3 MÓDULO DE RESULTADOS DE LA ETAPA I

En este módulo se presentan los resultados obtenidos de la simulación. Para el ejercicio se consideran relevantes las utilizaciones de los equipos, de los operadores, el tiempo de permanencia en el sistema de las piezas, el tiempo efectivo de operación de cada pieza, la relación en porcentaje de estos tiempos y los niveles de inventario en cada una de las estaciones de almacenamiento. La Pantalla de resultados se muestra en la Figura 8.

Resultados del modelo en la etapa 1

Utilización de equipos (%)	
Soldadura	54.98
Fresado	53.98
Perfilado	52.97
Corte	51.97
Rectificado	50.97

Utilización de los operarios	
Inspector 1	50.16
Inspector 2	0.00
Carga	98.72
Soldadura	98.72
Fresado	96.92
Perfilado	95.11
Corte	93.31
Rectificado	91.50
Inspección	20.07

Tiempo promedio en el sistema (min)	
Pieza A	228.12
Pieza B	226.36
Pieza C	235.36
Tiempo efectivo en operación (min)	
Pieza A	30.36
Pieza B	30.36
Pieza C	30.36
Relación efectivo/sistema	
Pieza A	0.13
Pieza B	0.13
Pieza C	0.13

		Inventarios en almacenes					
		Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección
Pieza A	Máximo	64.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	31.52	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03
	Final	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pieza B	Máximo	64.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	31.52	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03
	Final	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pieza C	Máximo	64.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	31.52	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03
	Final	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 8. Resultados de la etapa I

Con la información obtenida en este módulo el participante podrá comprender como en muchas ocasiones en los sistemas de manufactura el tiempo de permanencia en el sistema tiende a ser mucho mayor que el tiempo efectivo de operación de cada pieza, además podrá analizar que tan utilizados están los recursos y equipos. Así mismo, con la información de los inventarios en proceso que se obtiene en este módulo, el participante podrá observar donde se encuentran los cuellos de botella del sistema. Toda esta información le servirá para tomar decisiones en los módulos siguientes donde se agregan otras condiciones de operación al modelo de simulación.

3.4 Módulo de etapa II: Introducción de aleatoriedad.

En este módulo se introduce el concepto de aleatoriedad. El tiempo entre llegadas de las piezas es ahora una distribución exponencial con media de 5 minutos. Por otro lado, los tiempos de proceso se mantienen constantes como en la etapa anterior. En este módulo, los usuarios pueden cambiar los tiempos de proceso, sin embargo, esto conlleva un costo por cada minuto que se incremente o disminuya del valor actual con el que el modelo fue creado. Así mismo el usuario deberá de cumplir con una demanda específica de cada tipo de pieza y podrá asignar un precio de venta a la misma. Además, dado que no tiene control de las llegadas, es posible que se genere un inventario al final del proceso ocasionado por el excedente de la producción sobre la demanda de cada pieza. Este inventario final tiene también un costo que es asignado por el usuario.

En este nuevo escenario se podrá observar el impacto de los cambios en los precios de venta de los productos así como el concepto de variación natural que genera el que ahora las llegadas de las piezas al sistema son aleatorias. Se recomienda que se ejecute el sistema en varias ocasiones con los datos iniciales del modelo para comprender y analizar su comportamiento y posteriormente comenzar a jugar con el modelo realizando los cambios que se consideren apropiados para obtener utilidades al final de la operación. Al igual que en la etapa anterior en este

caso se consideran inventarios con capacidad ¡limitada, tiempos de transporte de los operarios de un minuto por tramo y dos criterios para terminar con la simulación: Cumplir con la demanda de todos los tipos de piezas o un tiempo disponible para esta producción. La Figura 9 muestra la pantalla de esta etapa.

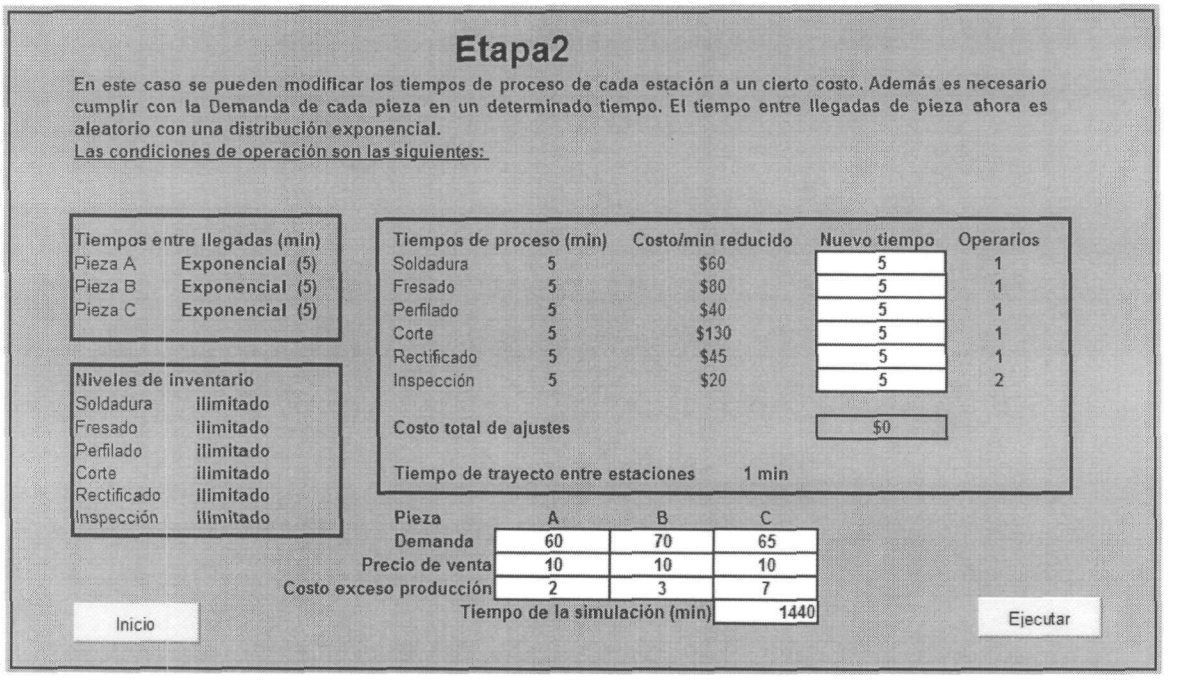


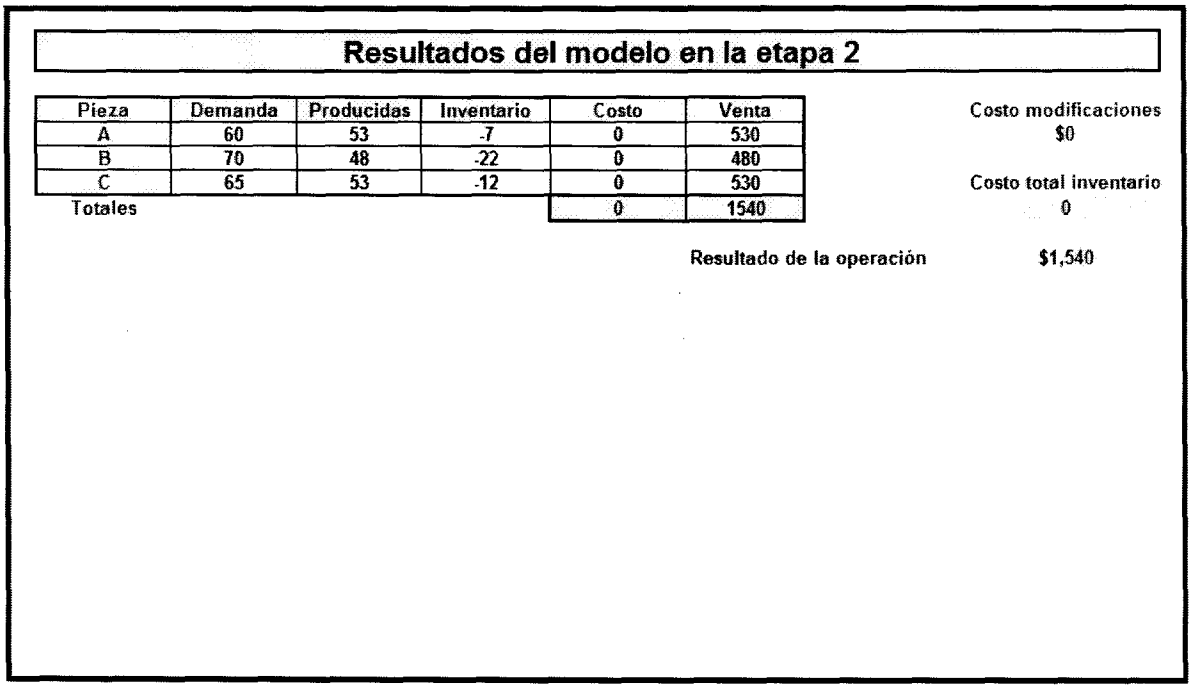
Figura 9. Pantalla de la etapa II: Introducción de aleatoriedad

3.5 MÓDULO DE RESULTADOS DE LA ETAPA **II**

En este módulo, además de la información que se presenta en la etapa anterior relativa a las utilizaciones de los equipos y recursos, se incluye más información con respecto al exceso de producción de cada una de las piezas basado en la demanda que fue establecida por el usuario y las piezas que finalmente fueron contabilizadas por el modelo de simulación. Así mismo, se presentan los resultados económicos de la operación del sistema, considerando los precios de venta, el costo del inventario final y el costo generado por las mejoras que se hicieron en el sistema.

Dadas las características de este módulo, los participantes podrán sensibilizarse con el impacto de la aleatoriedad en los tiempos entre llegadas de las piezas,

observando su impacto aun y cuando los tiempos de proceso permanecen constantes para cada una de las estaciones. Considerando estos factores tendrán que determinar los precios de venta más adecuados y donde es más conveniente realizar mejoras en los tiempos de proceso de tal manera que al final de la simulación el usuario pueda obtener el mejor resultado de operación posible. La tabla de costos de los resultados de la etapa II se muestra en la Figura 10 .



Resultados del modelo en la etapa 2

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	53	-7	0	530
B	70	48	-22	0	480
C	65	53	-12	0	530
Totales				0	1540

Costo modificaciones
$0

Costo total inventario
0

Resultado de la operación $1,540

Figura 10. Resultados económicos de la etapa II

3.6 MÓDULO DE ETAPA III: TIEMPOS DE PROCESO ALEATORIOS.

En este módulo se incluyen, además de los elementos de la etapa II, las variables de tiempos de proceso por pieza y por equipo, así como se contabiliza el impacto de los inventarios en proceso que se tienen al final de la simulación. En cuanto a los tiempos de proceso, ahora se comportan de acuerdo a una distribución de probabilidad exponencial. La media de esta distribución es definida por el usuario, al igual que en el caso anterior, estas disminuciones o incrementos tienen un costo.

También como ingrediente adicional, el usuario debe de asignar costos a los inventarios en proceso que se tienen al finalizar la producción. Con la inclusión de estas variaciones se busca que el participante pueda visualizar el impacto que tiene la conjunción de tiempos entre llegadas y tiempos de servicio aleatorios sobre los resultados. Al comprender este comportamiento el usuario deberá de ser capaz de obtener resultados de operación positivos al final de la simulación. La Figura 11 muestra la pantalla de este módulo.

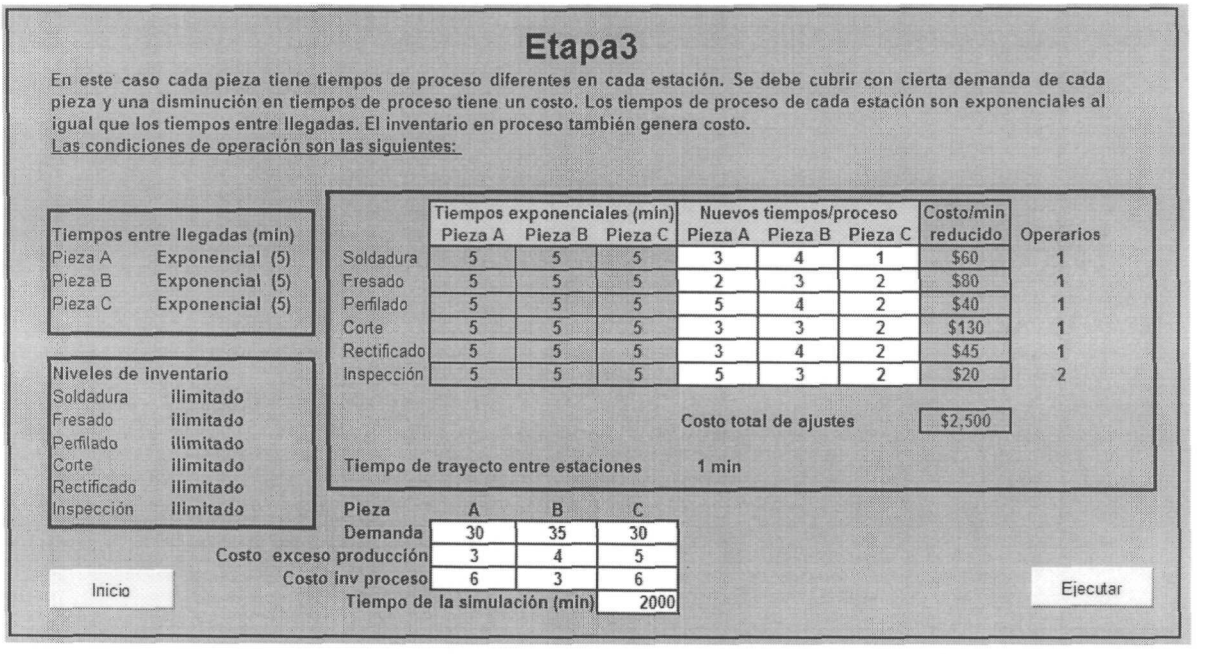


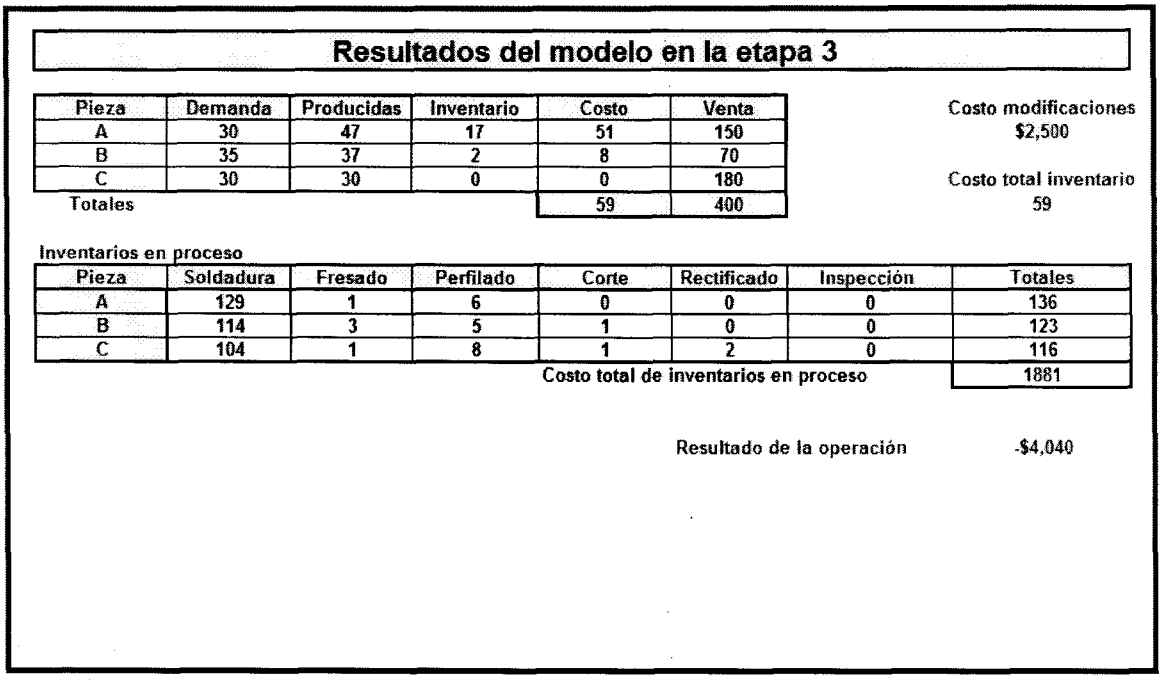
Figura 11. Pantalla de datos de la etapa III

Al igual que en la Etapa II, se recomienda que el participante ejecute en repetidas ocasiones el modelo con los valores iniciales para entender su comportamiento para posteriormente iniciar su proceso de mejora en el sistema. En esta etapa los inventarios no representan restricción alguna pues se consideran ilimitados. Se espera que en esta etapa el usuario observe que al generar cambios en los tiempos de proceso no sólo se puede mejorar el desempeño del sistema sino que también se hacen más complejos de evaluar los impactos de los cambios a medida que estos se incrementan. Así mismo se espera que el usuario observe la limitante que es generada por el número de operarios que atienden cada equipo.

Este análisis le servirá como entrada de la siguiente etapa en donde se puede definir por el usuario el número de operarios por proceso.

3.7 MÓDULO DE RESULTADOS DE LA ETAPA III

A diferencia del módulo de resultados de la etapa II, este módulo incorpora la información de los inventarios que quedan al final de la simulación y contabiliza su impacto en el costo. Con esta información el usuario podrá percibir como el precio de venta de un producto dependerá del nivel de utilidad deseado y de los costos relacionados con su producción. La Figura 12 muestra la pantalla de resultados económicos de esta etapa.



Resultados del modelo en la etapa 3

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	30	47	17	51	150
B	35	37	2	8	70
C	30	30	0	0	180
Totales				59	400

Costo modificaciones
$2,500

Costo total inventario
59

Inventarios en proceso

Pieza	Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección	Totales
A	129	1	6	0	0	0	136
B	114	3	5	1	0	0	123
C	104	1	8	1	2	0	116
				Costo total de inventarios en proceso			1881

Resultado de la operación -$4,040

Figura 12. Pantalla de resultados económicos de la etapa III

En esta etapa el usuario podrá ver como se modifica el resultado de la operación al momento de afectar las variables de precio de venta, demanda, costos de inventarios y costo de excesos de producción que fueron definidos previamente en el módulo anterior. Con estos resultados el usuario será capaz de analizar el sistema en busca de áreas de oportunidad que le permitan obtener resultados de operación

positivos. Esto implicará un proceso de toma de decisiones basado en las variables antes mencionadas. La ecuación que describe el resultado de operación es:

Resultado de la operación	=	Precio de venta **x** número de piezas	-	Costo de exceso de producción	-	Costo de modificaciones en los tiempos de proceso	-	Costo de inventarios en proceso

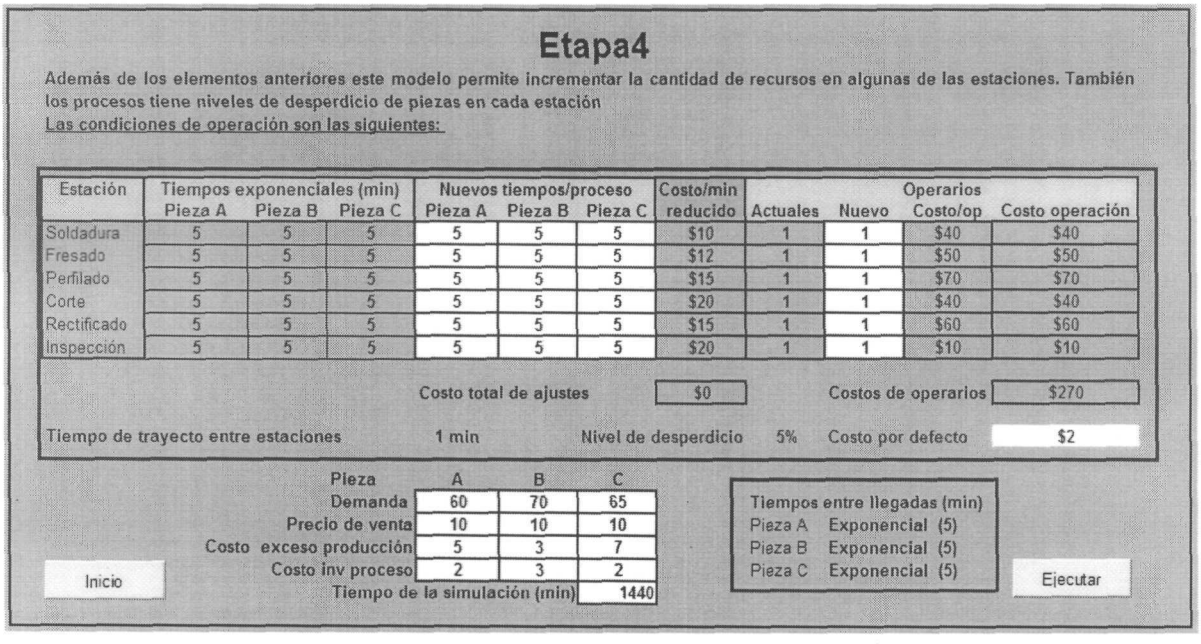
Una vez que en este nivel se analiza el impacto de la interrelación de las variables que determinan el resultado de operación, pueden determinarse acciones de mejora para lograr buen desempeño en este indicador. En la etapa siguiente se incorpora la posibilidad de modificar el número de operadores para ciertos procesos.

3.8 Módulo de etapa IV: Operarios por proceso y desperdicios.

En esta etapa se introducen dos cambios significativos para el proceso. El primero implica la posibilidad de cambiar el número de operadores que trabajan en las estaciones de soldadura, fresado, perfilado, corte, rectificado y transporte a inspección. El incrementar o disminuir el número de operadores traerá consigo un costo que será incorporado al resultado de la operación. Para que la simulación se ejecute deberá de haber por lo menos un operador en cada uno de estos procesos.

El segundo cambio asume que la empresa tiene un bajo nivel de calidad por lo que en todos sus procesos se tiene un 5% de piezas desperdiciadas que tienen que ser eliminadas del sistema. Estas piezas también representan un costo operativo por lo que se incluyen también en el resultado de la operación. Con esta acción se podrá observar como el tiempo para cumplir con una determinada demanda se incrementa debido a las mermas que el proceso presenta. Así mismo, el usuario podrá ver el impacto de estas mermas aleatorias lo que impactará en los niveles de inventario, en

proceso y excesos de producción que se obtengan. La Figura 13 muestra la pantalla de datos de esta etapa.



Etapa4

Además de los elementos anteriores este modelo permite incrementar la cantidad de recursos en algunas de las estaciones. También los procesos tiene niveles de desperdicio de piezas en cada estación

Las condiciones de operación son las siguientes:

Estación	Tiempos exponenciales (min)			Nuevos tiempos/proceso			Costo/min	Operarios			
	Pieza A	Pieza B	Pieza C	Pieza A	Pieza B	Pieza C	reducido	Actuales	Nuevo	Costo/op	Costo operación
Soldadura	5	5	5	5	5	5	$10	1	1	$40	$40
Fresado	5	5	5	5	5	5	$12	1	1	$50	$50
Perfilado	5	5	5	5	5	5	$15	1	1	$70	$70
Corte	5	5	5	5	5	5	$20	1	1	$40	$40
Rectificado	5	5	5	5	5	5	$15	1	1	$60	$60
Inspección	5	5	5	5	5	5	$20	1	1	$10	$10

Costo total de ajustes $0 — Costos de operarios $270

Tiempo de trayecto entre estaciones 1 min — Nivel de desperdicio 5% — Costo por defecto $2

Pieza	A	B	C
Demanda	60	70	65
Precio de venta	10	10	10
Costo exceso producción	5	3	7
Costo inv proceso	2	3	2
Tiempo de la simulación (min)			1440

Tiempos entre llegadas (min)
Pieza A Exponencial (5)
Pieza B Exponencial (5)
Pieza C Exponencial (5)

Inicio

Ejecutar

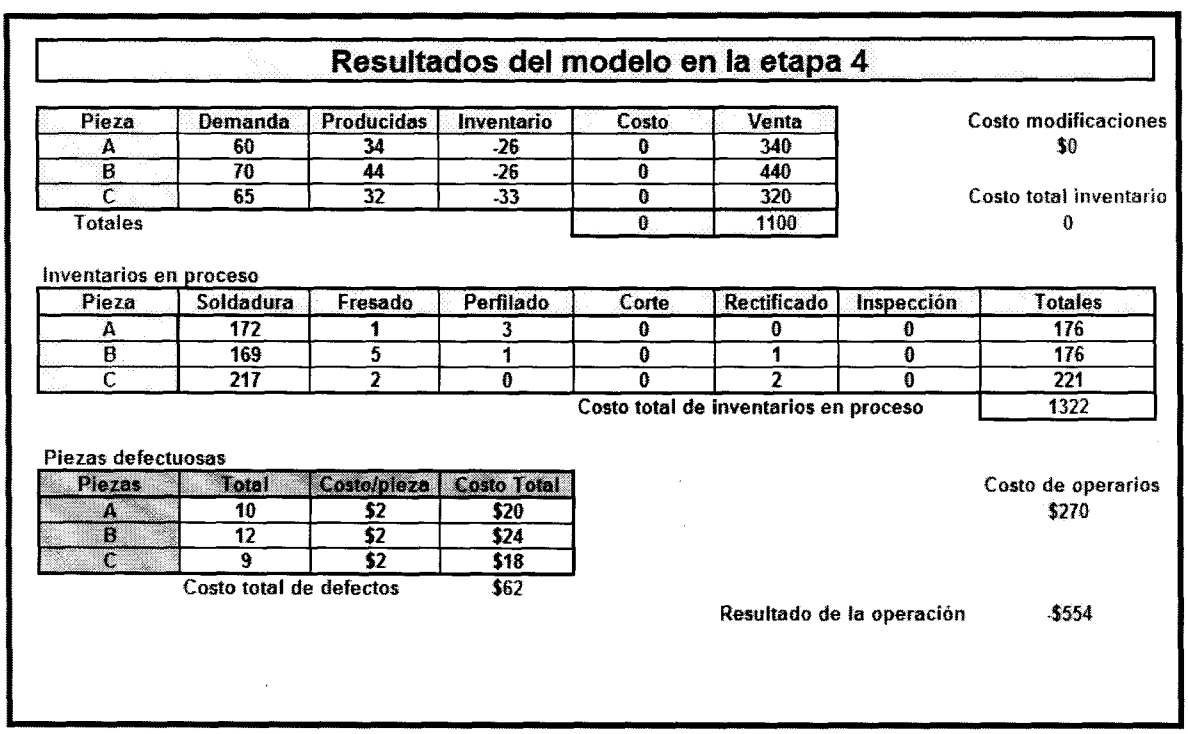
Figura 13. Pantalla de datos de la etapa IV

3.9 MÓDULO DE RESULTADOS DE LA ETAPA IV

De manera similar a los demás módulos de resultados, la información se condensa en tablas. En este módulo se agrega una tabla que muestra los productos defectuosos por tipo de pieza y los costos incurridos por esta falla de calidad. En esta ocasión la ecuación que describe el resultado de operación es la siguiente:

Resultado de la operación = Precio de venta x número de productos vendidos
- Costo de exceso de producción
- Costo de inventario en proceso
- Costo de modificar tiempo de proceso
- Costo de modificar número de operarios
- Costo de defectos

Al complicarse la ecuación sucederá lo mismo con el proceso de toma de decisiones que tendrá que realizar el usuario. Se espera que con el entrenamiento en los escenarios anteriores estas decisiones sean más sencillas de visualizar con ayuda del modelo de simulación y los resultados obtenidos. Por otro lado, en el siguiente capítulo se ejemplificarán un par de casos de estudio de como diseñar las sesiones de trabajo con la herramienta y de cómo ir obteniendo mejores resultados para un par de etapas. La Figura 14 muestra la pantalla de resultados económicos de esta etapa.



Resultados del modelo en la etapa 4

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	34	-26	0	340
B	70	44	-26	0	440
C	65	32	-33	0	320
Totales				0	1100

Costo modificaciones
$0

Costo total inventario
0

Inventarios en proceso

Pieza	Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección	Totales
A	172	1	3	0	0	0	176
B	169	5	1	0	1	0	176
C	217	2	0	0	2	0	221
				Costo total de inventarios en proceso			1322

Piezas defectuosas

Piezas	Total	Costo/pieza	Costo Total
A	10	$2	$20
B	12	$2	$24
C	9	$2	$18
	Costo total de defectos		$62

Costo de operarios
$270

Resultado de la operación -$554

Figura 14. Resultados económicos de la etapa IV

Una vez que en este nivel se analiza el impacto de la interrelación de las variables que determinan el resultado de operación y que pueden determinarse acciones de mejora para lograr buenos desempeños en este indicador, el usuario está listo para pasar a la siguiente etapa. En ésta se incorporan los cambios finales: considerar paros de máquina en los procesos y además de considerar niveles de defectos, incluir un porcentaje de retrabajos para cada una de las piezas en cada una de las estaciones y establecer niveles de inventario en proceso, es decir limitar

la capacidad de piezas que pueden permanecer en el sistema en un determinado momento. Este modelo será el modelo final de esta herramienta.

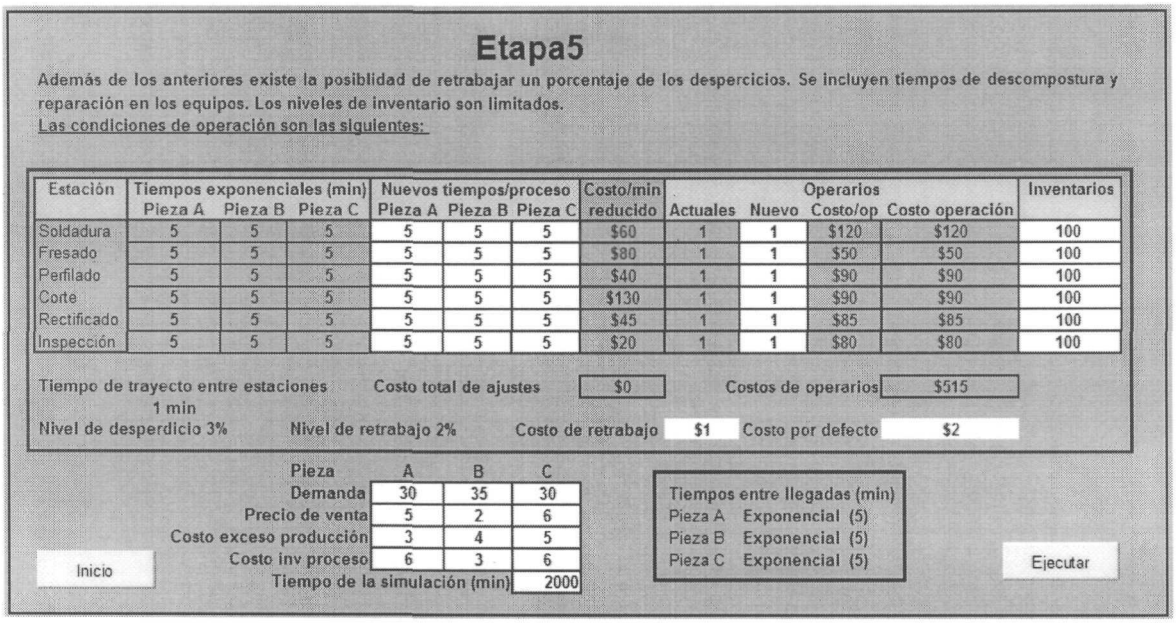
3.10 Módulo de la etapa V: Modelo final

Aun y cuando se pueden generar una mayor cantidad de escenarios y considerar otras variaciones en trabajos futuros, la herramienta finaliza con la incorporación de un porcentaje de retrabajo del dos por ciento y la disminución en consecuencia del nivel de desperdicios a tres por ciento. Este cambio disminuye la cantidad de piezas producidas, sin embargo incrementa los niveles de inventario en proceso. Esto se debe a que como supuesto de programación las piezas que requieran ser retrabajadas deberán pasar nuevamente por el proceso en el cual se rechazaron, de tal manera que regresen al inventario en proceso de la pieza en esa estación de trabajo. En esta etapa, estos almacenes de trabajo en proceso están limitados en cuanto al número de piezas que puede haber en cada inventario en un determinado punto del tiempo.

En este módulo el usuario no solo se enfrenta a la variabilidad de las llegadas y los procesos y a la probabilidad de defectos o retrabajos, sino que al contar con una limitante de capacidad de inventarios en proceso, el análisis del sistema se vuelve más complejo. Esta complejidad radica en que se puede dar el caso que un operador se quede con una pieza y no pueda avanzar a ningún lado por falta de espacio en los inventarios o en el siguiente proceso secuencial, este fenómeno se conoce como bloqueo y podrá ser fácilmente detectado en la simulación dado que el reloj avanzará mientras que las piezas no lo lograrán y por consiguiente no se cumplirá la meta de demanda establecida.

Así mismo, la toma de decisiones implica considerar también el costo del retrabajo que es fijado por el usuario, es decir cómo afecta la relación de costo entre retrabajos y desperdicios en la ecuación final del resultado de la operación. Esta etapa se ha diseñado con la finalidad de dar una sensación de mayor apego a la

realidad que podría enfrentarse en un sistema de manufactura. La Figura 15 muestra la pantalla de datos de entrada de esta etapa.



Etapa5

Además de los anteriores existe la posiblidad de retrabajar un porcentaje de los despercicios. Se incluyen tiempos de descompostura y reparación en los equipos. Los niveles de inventario son limitados.
Las condiciones de operación son las siguientes:

Estación	Tiempos exponenciales (min)			Nuevos tiempos/proceso			Costo/min	Operarios				Inventarios
	Pieza A	Pieza B	Pieza C	Pieza A	Pieza B	Pieza C	reducido	Actuales	Nuevo	Costo/op	Costo operación	
Soldadura	5	5	5	5	5	5	$60	1	1	$120	$120	100
Fresado	5	5	5	5	5	5	$80	1	1	$50	$50	100
Perfilado	5	5	5	5	5	5	$40	1	1	$90	$90	100
Corte	5	5	5	5	5	5	$130	1	1	$90	$90	100
Rectificado	5	5	5	5	5	5	$45	1	1	$85	$85	100
Inspección	5	5	5	5	5	5	$20	1	1	$80	$80	100

Tiempo de trayecto entre estaciones 1 min — Costo total de ajustes $0 — Costos de operarios $515
Nivel de desperdicio 3% — Nivel de retrabajo 2% — Costo de retrabajo $1 — Costo por defecto $2

Pieza	A	B	C
Demanda	30	35	30
Precio de venta	5	2	6
Costo exceso producción	3	4	5
Costo inv proceso	6	3	6
Tiempo de la simulación (min)			2000

Tiempos entre llegadas (min)
Pieza A Exponencial (5)
Pieza B Exponencial (5)
Pieza C Exponencial (5)

Inicio — Ejecutar

Figura 15. Pantalla de datos de la etapa V

Adicionalmente a las variables antes mencionadas, en esta etapa el modelo incorpora la problemática de los paros de máquina durante el proceso. Estos paros detienen la producción y retrasan el tiempo para completar las demandas por pieza que se solicitan. El modelo considera que estas fallas en los equipos son aleatorias y con un tiempo de reparación también aleatorio.

El impacto de las descomposturas en los equipos viene a generar una mayor variación en el tiempo para completar las órdenes. Por otro lado los tiempos entre fallas para los equipos han sido programados de diferente manera para simular un comportamiento mucho más variable y al menos disminuir la posibilidad de que todos los equipos presenten una descompostura simultanea. Como parte de esta etapa el usuario tendrá que considerar estas interrupciones en la producción, más no podrá modificar su comportamiento. En la Tabla 1 se resumen las consideraciones de programación que definen los tiempos entre fallas en los equipos y la duración de las reparaciones para los mismos.

Equipo	Tiempo entre fallas	Tiempo de reparación
Soldadura	Exponencial con media 360 min	Exponencial con media 10 min
Fresado	Exponencial con media 480 min	Exponencial con media 5 min
Perfilado	Exponencial con media 600 min	Exponencial con media 12 min
Corte	Exponencial con media 240 min	Exponencial con media 5 min
Rectificado	Exponencial con media 420 min	Exponencial con media 8 min
Inspección.	Exponencial con media 120 min	Exponencial con media 3 min

Tabla 1. Tiempos entre fallas y reparación para los equipos

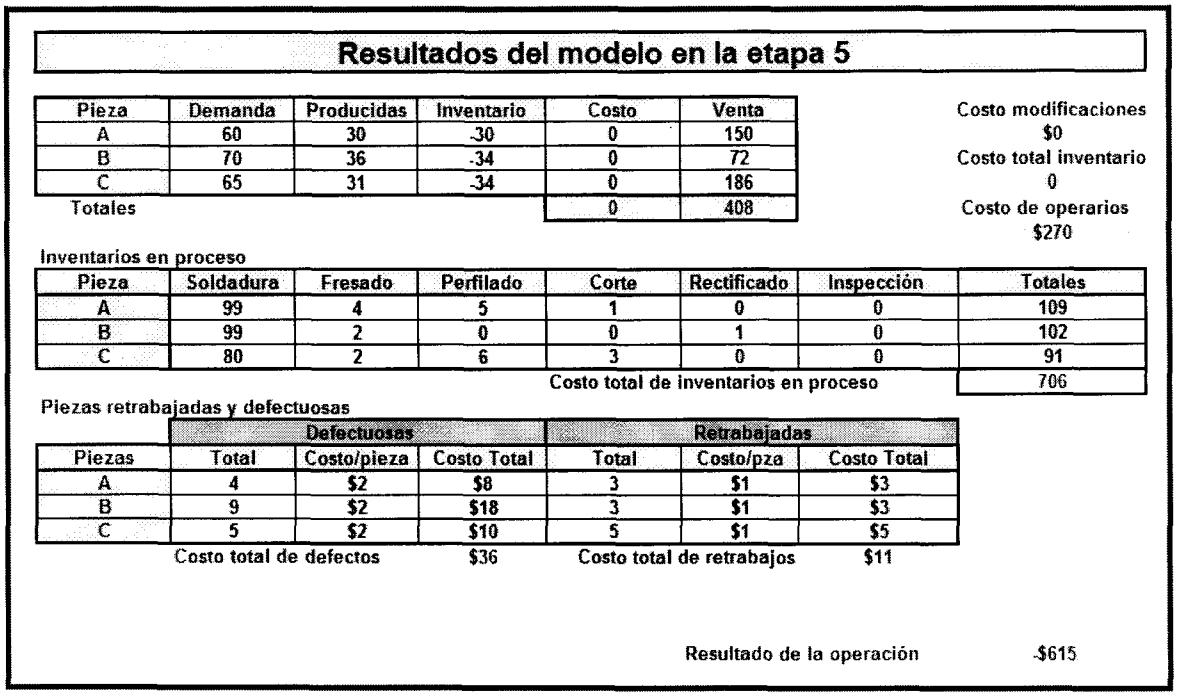
En el caso del proceso de inspección los tiempos entre fallas representan el tiempo en el que los inspectores toman sus descansos. Cada uno de los dos inspectores que atienden esta estación tiene tiempos entre fallas independientes por lo que puede ser que uno se detenga y el otro siga trabajando durante el proceso de simulación.

3.11 MÓDULO DE RESULTADOS DE LA ETAPA V

En este último escenario se incorporan los costos causados por el retrabajo de piezas por lo que la ecuación que describe el resultado de la operación quedaría de la siguiente manera:

Resultado de la operación = Precio de venta **x** número de productos vendidos
- Costo de exceso de producción
- Costo de inventario en proceso
- Costo de modificar tiempo de proceso
- Costo de modificar número de operarios
- Costo de defectos
- Costo de retrabajos

Con esta información la pantalla de resultados económicos del módulo de resultados de la etapa V quedaría como se muestra en la Figura 16.



Resultados del modelo en la etapa 5

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	30	-30	0	150
B	70	36	-34	0	72
C	65	31	-34	0	186
Totales				0	408

Costo modificaciones
$0
Costo total inventario
0
Costo de operarios
$270

Inventarios en proceso

Pieza	Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección	Totales
A	99	4	5	1	0	0	109
B	99	2	0	0	1	0	102
C	80	2	6	3	0	0	91
				Costo total de inventarios en proceso			706

Piezas retrabajadas y defectuosas

	Defectuosas			Retrabajadas		
Piezas	Total	Costo/pieza	Costo Total	Total	Costo/pza	Costo Total
A	4	$2	$8	3	$1	$3
B	9	$2	$18	3	$1	$3
C	5	$2	$10	5	$1	$5
	Costo total de defectos		$36	Costo total de retrabajos		$11

Resultado de la operación -$615

Figura 16. Resultados económicos de la etapa V

3.12 ESQUEMA DE INCREMENTO DE COMPLEJIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES

Como se puede apreciar en estos módulos el nivel de complejidad en la toma de decisiones se va incrementando conforme se avanza en cada una de las etapas. Este tipo de esquema favorece la mejor comprensión del sistema bajo estudio e influye en el desarrollo de las capacidades de toma de decisión de los participantes.

La Figura 17 ilustra de manera condensada las variables a considerar en cada una de las etapas y como esto va haciendo que el nivel de complejidad del proceso de toma de decisiones se vaya incrementando a medida que el usuario tiene mayor posibilidad de modificar las variables del proceso de manufactura que se está simulando. En el siguiente capítulo se presentarán un par de casos para ejemplificar el uso de la herramienta en el proceso de toma de decisiones para mejorar el desempeño del indicador de resultado de la operación.

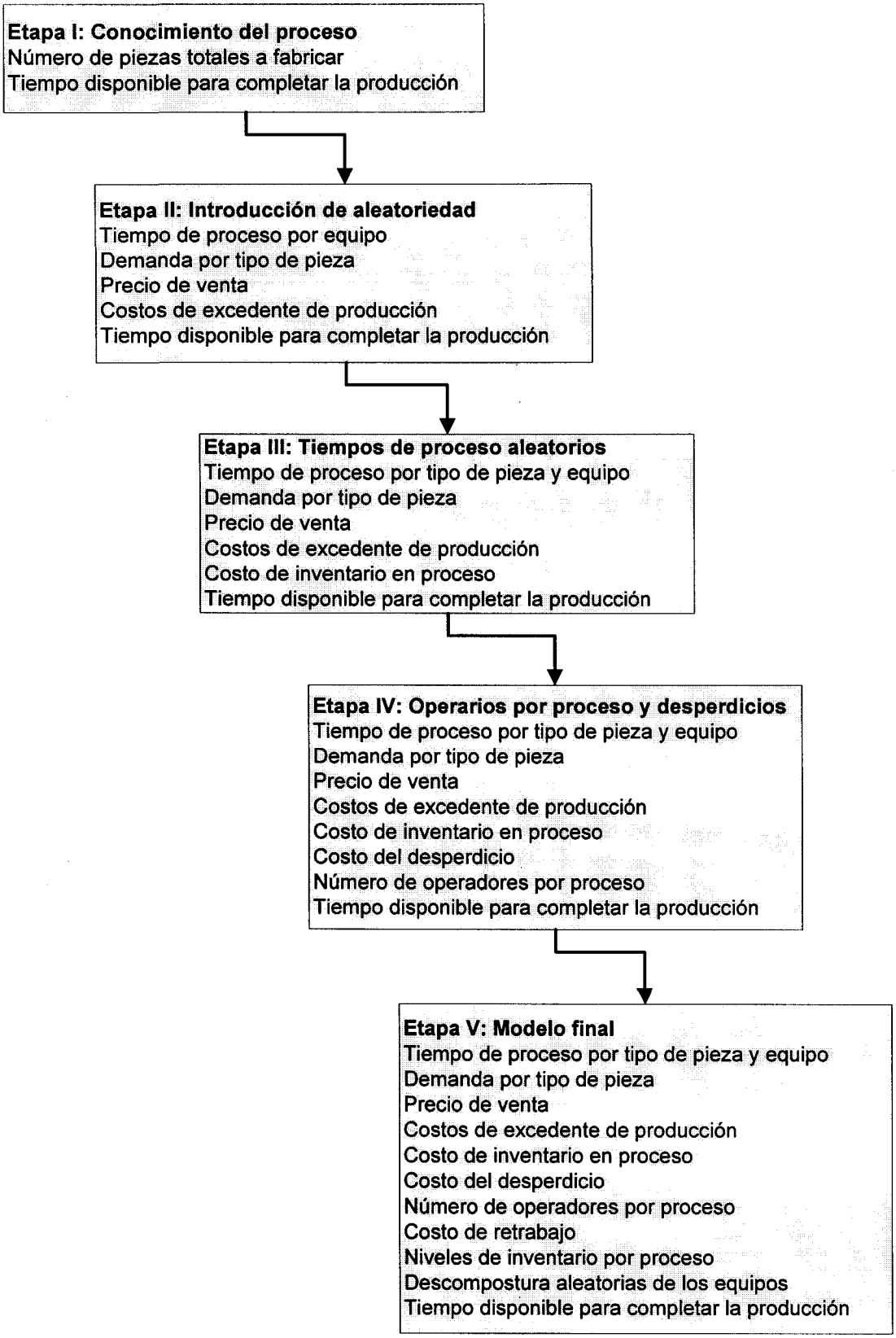


Figura 17. Incremento de complejidad del las etapas en la herramienta

CAPÍTULO IV: CASOS

En este capítulo se incluyen dos casos de como puede ser utilizada la herramienta. Para balancear la dificultad de los escenarios se decidió utilizar las etapas II y IV. En el primero se trabajará con la etapa II y en el segundo con la etapa IV. El objetivo de estos casos es proveer de un punto de partida para los instructores que usarían esta herramienta y así poder diseñar casos acordes a las necesidades que cada uno defina para el entrenamiento de los usuarios. Aunque estos casos no son exhaustivos, proveerán de una secuencia recomendada de pasos a seguir para los encargados de diseñar los casos de estudio en cada uno de los módulos de esta herramienta. A continuación presentaremos el caso número uno aplicado en la etapa II.

4.1 CASO I: ETAPA II

Para este primer caso de análisis se prueba primero el modelo bajo los mismos tiempos de proceso de la etapa anterior, es decir 5 minutos por pieza en cualquier proceso. También se asignan los parámetros iniciales de operación como se muestra en la Tabla 2. Como podemos ver los precios de venta de todos los productos son los mismos aunque no es así para la demanda y los costos del exceso de producción. El tiempo disponible para completar la demanda es de un día. Es importante mencionar que la unidad de tiempo usada en la herramienta es el minuto por lo que un día tendría que alimentarse como 1440 minutos.

Pieza	A	B	C
Demanda	60	70	65
Precio de Venta	10	10	10
Costo Inv.	5	3	7
Tiempo disponible de la simulación			1440

Tabla 2. Parámetros de operación para la etapa II

Al alimentar estos valores en el módulo correspondiente a esta etapa, se ejecuta el modelo de simulación, la pantalla de datos de entrada en este caso luciría de acuerdo a la Figura 18

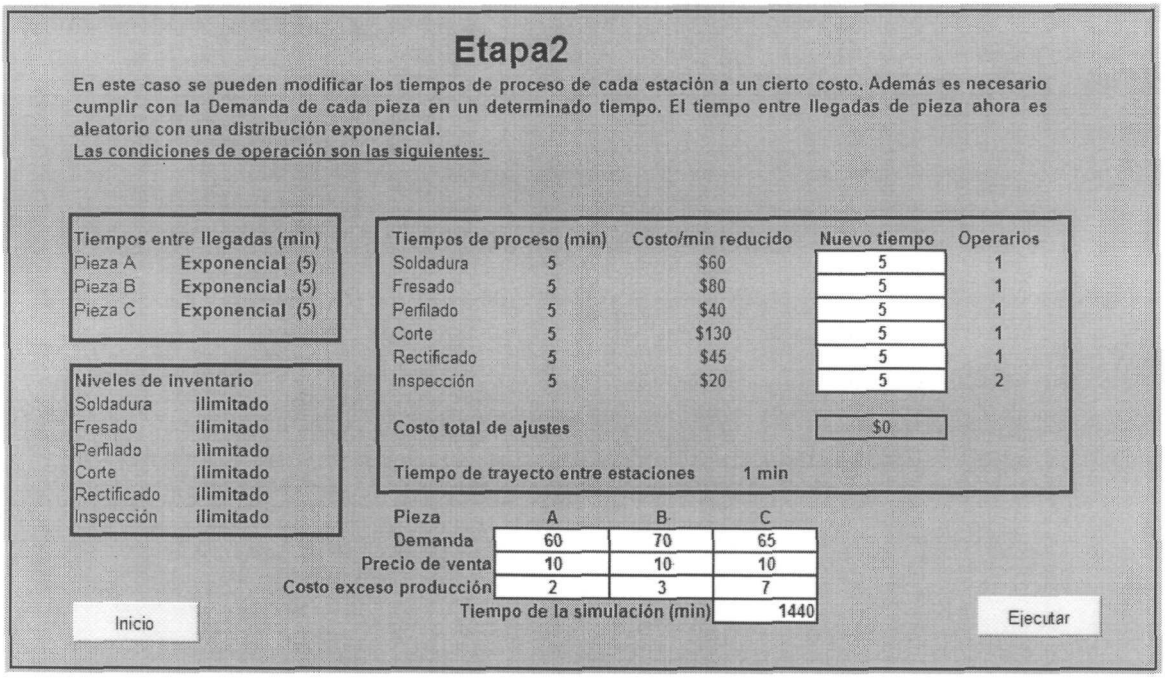


Figura 18. Pantalla de datos para el caso I

Al realizar la simulación observamos que la demanda no se puede cumplir con los tiempos de proceso actuales en un día. Los resultados obtenidos de las piezas que se lograron producir aparecen directamente en la pantalla del simulador, justo al centro del área de trabajo. Aquí se tiene contadores que indican el número final de cada tipo de pieza que logro terminarse, así como el acumulado total de las piezas que salieron terminadas del sistema. En la parte superior derecha se observa que el reloj de la simulación se detuvo en 24 horas. Además de manera visual se observa que existe un gran acumulamiento de inventario en el almacén de soldadura. La Figura 19 muestra el resultado gráfico de la simulación. Al terminar la misma aparece un aviso de que la simulación ha terminado. Al oprimir este botón ProModel envía los datos del archivo de resultados directamente a las celda de Excel preseleccionadas para mostrar los datos en las tablas de resultados.

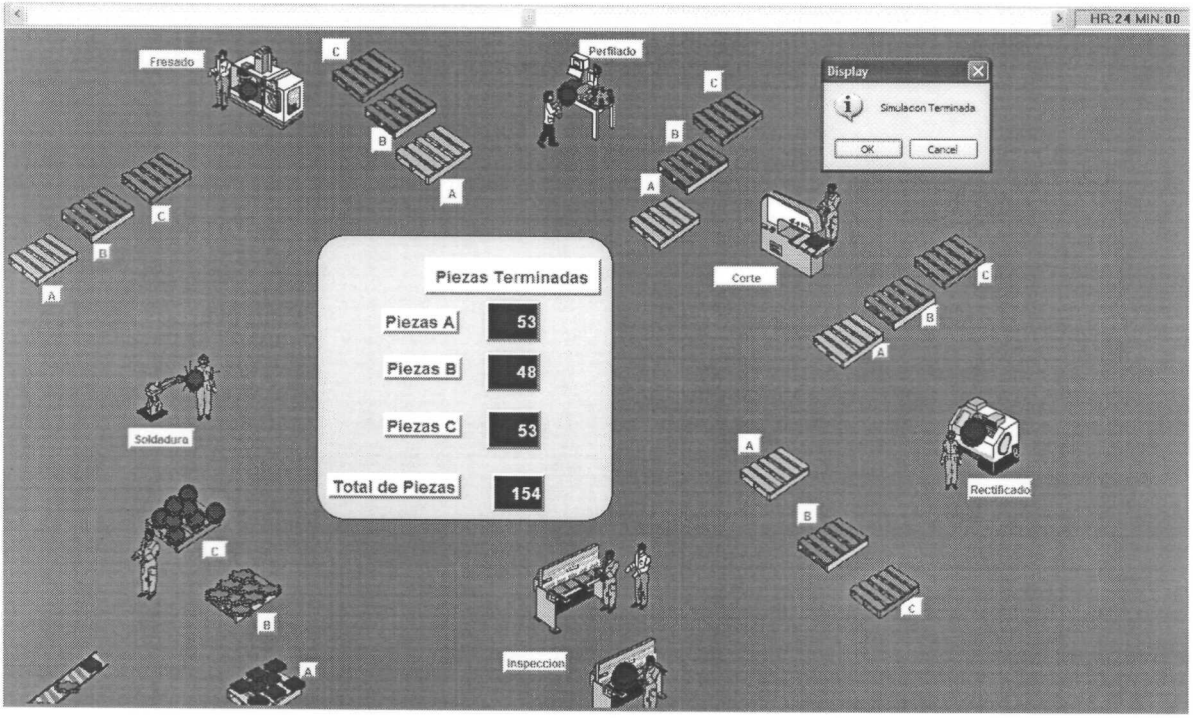


Figura 19. Resultados de la etapa II con parámetros iniciales

Dados los requerimientos de demanda es evidente que no se cumple con la misma y que por consiguiente se requiere de realizar modificaciones para lograr el objetivo de cada pieza. El proceso a cambiar es donde se acumulan las piezas, pero ¿Cuál es este proceso? Todas estas preguntas podrán ser respondidas una vez que se analicen los resultados de la simulación.

Al terminar la simulación los datos son cargados en el módulo de resultados de la etapa II, con estos datos se calculan los costos y el resultado de la operación. Cabe mencionar que el sistema no considera un costo por demanda insatisfecha sin embargo, es posible calcularlo con facilidad pues los resultados muestran en la columna de inventario un valor negativo que indica el faltante de cada pieza para satisfacer la demanda solicitada. En la Figura 20 y Figura 21 se pueden observar las dos páginas de información obtenidas de esta simulación

Resultados del modelo en la etapa 2

Utilización de equipos (%)	
Soldadura	55.43
Fresado	55.08
Perfilado	54.74
Corte	54.39
Rectificado	54.04

Utilización de los operarios	
Inspector 1	53.76
Inspector 2	0.00
Carga	99.74
Soldadura	99.74
Fresado	99.11
Perfilado	98.49
Corte	97.86
Rectificado	97.24
Inspección	21.53

Tiempo promedio en el sistema (min)	
Pieza A	640.91
Pieza B	544.37
Pieza C	654.72
Tiempo Efectivo en Operación (min)	
Pieza A	30.36
Pieza B	30.36
Pieza C	30.36
Relación efectivo/sistema	
Pieza A	0.05
Pieza B	0.06
Pieza C	0.05

		Inventarios en almacenes					
		Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección
Pieza A	Máximo	189.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	86.41	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03
	Final	189.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pieza B	Máximo	208.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	103.39	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04
	Final	208.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pieza C	Máximo	162.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	88.83	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04
	Final	162.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 20. Resultados de la simulación pantalla uno

Resultados del modelo en la etapa 2

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	53	-7	0	530
B	70	48	-22	0	480
C	65	53	-12	0	530
Totales				0	1540

Costo modificaciones
$0

Costo total inventario
0

Resultado de la operación $1,540

Figura 21. Resultados de la simulación pantalla dos

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CASO I

Como podemos apreciar en las figuras anteriores tenemos una demanda insatisfecha de 7 piezas tipo A, 22 piezas tipo B y 12 piezas tipo C. Aun y cuando obtenemos un resultado de la operación de $1,540 con un costo de $40 por pieza faltante, tendríamos resultados negativos en este apartado. En los problemas reales un faltante de piezas generalmente implica una nota de cargo que tiende a ser mucho mayor al precio de venta de los productos. Se sugiere que para motivar la

interacción con la herramienta los precios de faltante se consideren por arriba de $1000 por pieza.

Al analizar los resultados se observa lo siguiente:

1. Los equipos tienen utilizaciones menores al 56% por lo que se tiene un área de oportunidad para aprovechar mejor los equipos.
2. Los operadores de todos los procesos se mantienen ocupados casi todo el tiempo a excepción de el operador que transporta las piezas a los inspectores y los inspectores mismos que tienen altos niveles de ocio. Incluso en el caso de los inspectores solo uno de ellos fue requerido y aun así su utilización es del 54%.
3. el tiempo promedio de permanencia en el sistema para todas las piezas es cerca de 20 veces el tiempo efectivo de operación lo que sugiere que hay grandes inventarios y cuellos de botella en el sistema.
4. Se tiene una gran acumulación de piezas en los almacenes de soldadura, los máximos y los actuales coinciden con lo que sugiere que este inventario va creciendo con el tiempo. La Figura 22 muestra el resultado que ProModel ofrece en su interface de resultados.

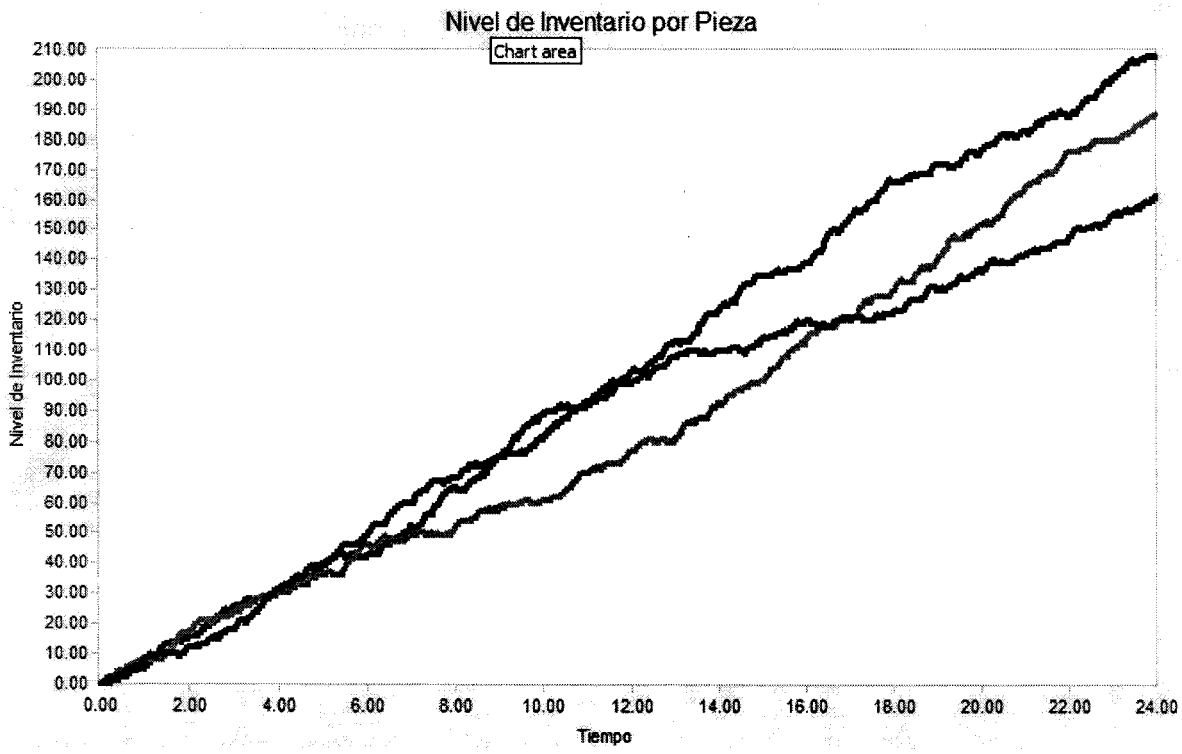


Figura 22. Incremento en el nivel de inventarios para almacén de soldadura

En base a estos resultados el usuario podrá tomar decisiones de que modificaciones realizar. Muy posiblemente su decisión será cambiar al mínimo el tiempo del proceso de soldadura. Sin embargo debemos recordar que los tiempos de los procesos en esta etapa son constantes e iguales, es decir cambiar solo uno de los tiempos solo moverá el inventario de almacén y no representará cambio alguno solo que aumentarán los costos.

Para lograr el objetivo de cumplir con la demanda será necesario disminuir todos los tiempos de proceso en una misma cantidad a fin de encontrar el valor al cual se logra cumplir con la demanda establecida. El único tiempo de proceso que no requiere de ser modificado es el de los inspectores. La razón principal es que son dos y que su trabajo no implica traslado entre procesos y almacenes como en los demás casos. Trabajando con la herramienta se llegó a un tiempo de 2.2 minutos por unidad en cada uno de los tiempos de proceso para soldadura, fresado, corte, perfilado y rectificado. La Figura 23 muestra el resultado final de la simulación, la cual utilizó 23 horas y 55 minutos para cumplir con la Demanda.

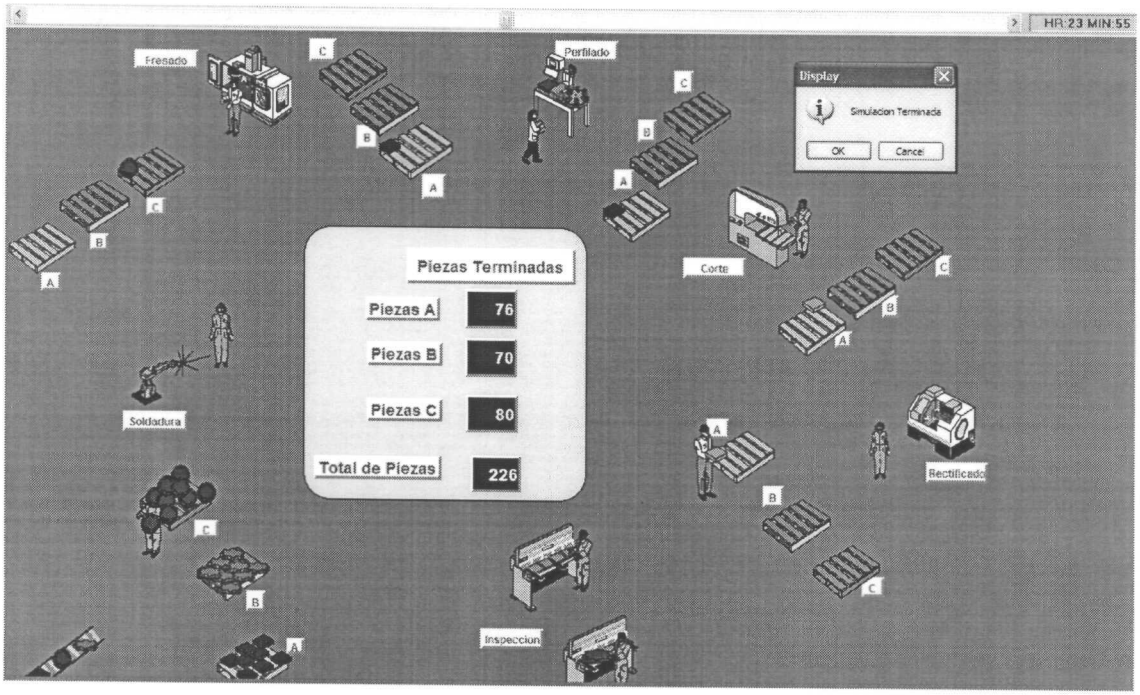


Figura 23. Simulación del problema con disminución de tiempos de proceso

Con estos resultados podemos concluir que si los tiempos de proceso de todas las estaciones modificadas disminuyen a menos de 2.2 minutos se cumplirá con la demanda en menor tiempo. Sin embargo, esto impactará directamente en el costo de las modificaciones y por consiguiente en el resultado de operación. En las siguientes figuras se muestran los resultados de la simulación.

Resultados del modelo en la etapa 2

Utilización de equipos (%)	
Soldadura	35.39
Fresado	35.24
Perfilado	35.09
Corte	34.93
Rectificado	34.78

Utilización de los operarios	
Inspector 1	34.70
Inspector 2	0.00
Carga	99.73
Soldadura	99.73
Fresado	99.30
Perfilado	98.87
Corte	98.44
Rectificado	98.00
Inspección	31.54

Tiempo promedio en el sistema (min)	
Pieza A	562.39
Pieza B	502.13
Pieza C	570.48
Tiempo Efectivo en Operación (min)	
Pieza A	13.56
Pieza B	13.56
Pieza C	13.56
Relación efectivo/sistema	
Pieza A	0.02
Pieza B	0.03
Pieza C	0.02

		Inventarios en almacenes					
		Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección
Pieza A	Máximo	166.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	75.28	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05
	Final	166.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pieza B	Máximo	184.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	91.31	0.11	0.11	0.11	0.11	0.05
	Final	182.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pieza C	Máximo	136.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Promedio	74.98	0.11	0.11	0.11	0.11	0.06
	Final	136.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 24. Resultados con modificaciones en los tiempos de proceso

Resultados del modelo en la etapa 2

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	76	16	32	600
B	70	70	0	0	700
C	65	80	15	105	650
Totales				137	1950

Costo modificaciones	$1,050
Costo total inventario	137
Resultado de la operación	$763

Figura 25. Resultados económicos con modificaciones

Aun y cuando los niveles de inventario en proceso en soldadura disminuyeron siguen siendo altos. Esto se debe básicamente a que los tiempos de proceso de las estaciones de trabajo son constantes.

4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RELEVANTES DEL CASO

Al utilizar el simulador en repetidas ocasiones y bajo diferentes condiciones de operación se pueden mencionar las siguientes conclusiones y recomendaciones del Caso utilizado como ejemplo.

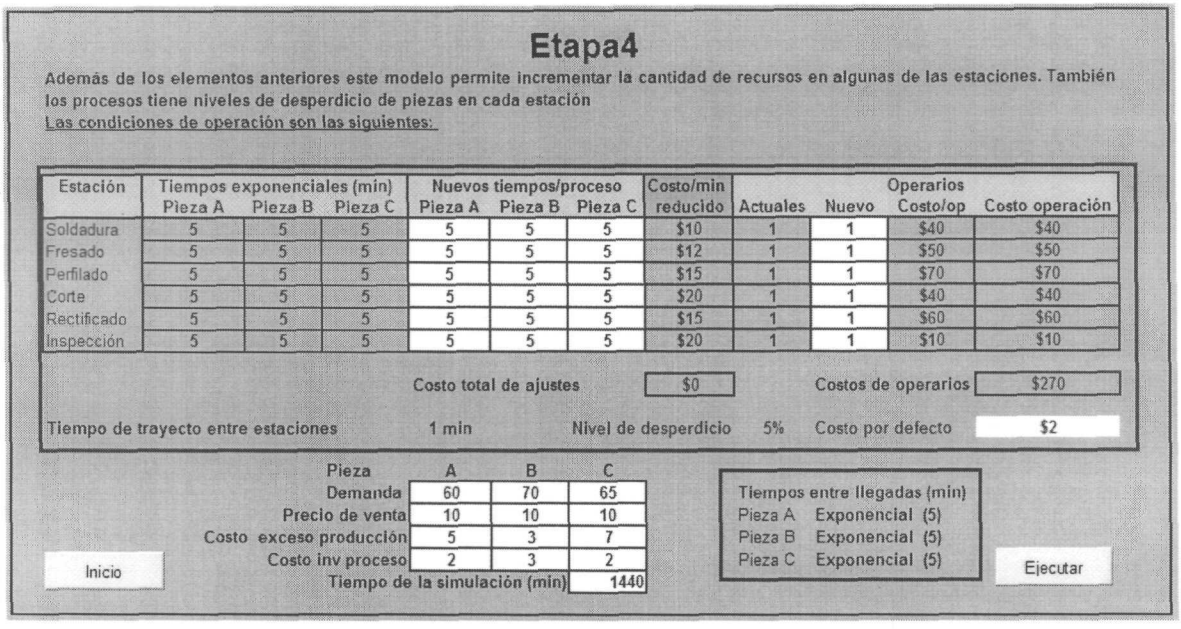
Al tener un proceso con tiempos constantes e iguales en las estaciones, el ritmo de producción se hace constante con lo que el flujo de productos también se hace constante en el sistema, lo que se puede comprobar en los niveles de inventario de todas las etapas que son cero, a excepción del almacén de soldadura el cual acumula las piezas antes de entrar al sistema. Se recomienda que se haga una analogía a un sistema de líneas de espera en donde los procesos admiten una nueva pieza cada 5 minutos de manera constante mientras que la llegada es aleatoria con media de 5 minutos lo que genera inventarios ilimitados dado que en promedio llega 3 piezas cada 5 minutos mientras que el sistema solo es capaz de procesar una cada 5 minutos.

Se recomienda que las iteraciones se hagan de manera ordenada y secuencial, el instructor puede sugerir cambiar el tiempo de una de las estaciones que no sea soldadura a un valor de un minuto. De esta manera se podrá ilustrar como no se dan cambios en el resultado final, esto debido a que no entran más piezas al sistema pues soldadura aun tiene un tiempo de 5 minutos por pieza. Por otro lado si es soldadura la que cambia de 5 a 1 minuto por unidad solo se genera un punto más de inventario en el almacén de fresado.

Este tipo de análisis permitirá también la explicación del concepto de análisis integral de procesos contra el análisis puntual o lo que es lo mismo la diferencia entre óptimos locales y óptimos globales.

4.4 Caso II: Etapa IV

Este módulo contiene muchos más factores de costo que el caso anterior, una posibilidad es probar con los mismos parámetros con los que se inicio en el caso anterior y comparar resultados. Con estas consideraciones la pantalla de datos de entrada para este caso sería como se muestra en la Figura 26 .



Etapa4

Además de los elementos anteriores este modelo permite incrementar la cantidad de recursos en algunas de las estaciones. También los procesos tiene niveles de desperdicio de piezas en cada estación

Las condiciones de operación son las siguientes:

Estación	Tiempos exponenciales (min)			Nuevos tiempos/proceso			Costo/min	Operarios			
	Pieza A	Pieza B	Pieza C	Pieza A	Pieza B	Pieza C	reducido	Actuales	Nuevo	Costo/op	Costo operación
Soldadura	5	5	5	5	5	5	$10	1	1	$40	$40
Fresado	5	5	5	5	5	5	$12	1	1	$50	$50
Perfilado	5	5	5	5	5	5	$15	1	1	$70	$70
Corte	5	5	5	5	5	5	$20	1	1	$40	$40
Rectificado	5	5	5	5	5	5	$15	1	1	$60	$60
Inspección	5	5	5	5	5	5	$20	1	1	$10	$10

Costo total de ajustes $0 Costos de operarios $270

Tiempo de trayecto entre estaciones 1 min Nivel de desperdicio 5% Costo por defecto $2

Pieza	A	B	C
Demanda	60	70	65
Precio de venta	10	10	10
Costo exceso producción	5	3	7
Costo inv proceso	2	3	2
Tiempo de la simulación (min)			1440

Tiempos entre llegadas (min)
Pieza A Exponencial (5)
Pieza B Exponencial (5)
Pieza C Exponencial (5)

Inicio

Ejecutar

Figura 26. Datos de arranque para el caso II

Observe que los niveles de demanda para cada tipo de producto son los mismos que en el caso anterior, al igual que los precios de venta y los costos por exceso de producción. Sin embargo en esta etapa se pueden variar los tiempos de proceso por tipo de pieza y el número de operadores en los procesos. También se incluye un costo por defectos de $2 por unidad y un costo por los inventarios en proceso dependiendo del tipo de pieza. Tanto los tiempos de llegadas de las piezas como los tiempos de proceso se distribuyen exponencialmente lo que genera gran variación en el proceso. Además de esta variación se tiene un 5% de desperdicio en cada proceso lo que afectará sin duda el tiempo requerido para completar la demanda pues se perderán piezas conforme se vaya avanzando en el proceso de transformación de cada producto. En este caso se esperan altos costos de calidad debido a los defectos por lo que las mejoras deberán ser mayores que las utilizadas

para el caso anterior si se desea cumplir con el objetivo de la demanda. Con estos datos se ejecuta el modelo y los resultados se muestran en la Figura 27 y Figura 28.

Resultados del modelo en la etapa 4

Utilización de equipos (%)	
Soldadura	55.99
Fresado	54.02
Perfilado	45.84
Corte	38.44
Rectificado	48.07

Utilización de los operarios	
Inspector 1	32.45
Inspector 2	4.57
Carga	99.74
Soldadura	93.58
Fresado	73.78
Perfilado	16.09
Corte	53.08
Rectificado	30.43
Inspección	12.21

Tiempo promedio en el sistema	
Pieza A	634.63
Pieza B	596.89
Pieza C	694.49
Tiempo efectivo en operación	
Pieza A	28.26
Pieza B	28.33
Pieza C	26.63
Tiempo efectivo en operación	
Pieza A	0.04
Pieza B	0.05
Pieza C	0.04

		Inventarios en almacenes					
		Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección
Pieza A	Máximo	172.00	6.00	3.00	2.00	3.00	1.00
	Promedio	89.03	1.36	0.39	0.22	0.30	0.03
	Final	172.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00
Pieza B	Máximo	172.00	6.00	6.00	4.00	3.00	1.00
	Promedio	88.85	1.52	0.62	0.45	0.42	0.03
	Final	169.00	5.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Pieza C	Máximo	217.00	5.00	3.00	3.00	3.00	1.00
	Promedio	101.75	1.22	0.45	0.33	0.33	0.03
	Final	217.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00

Figura 27. Resultados para el caso II con parámetros de arranque

Resultados del modelo en la etapa 4

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	34	-26	0	340
B	70	44	-26	0	440
C	65	32	-33	0	320
Totales				0	1100

Costo modificaciones
$0

Costo total inventario
0

Inventarios en proceso

Pieza	Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección	Totales
A	172	1	3	0	0	0	176
B	169	5	1	0	1	0	176
C	217	2	0	0	2	0	221
				Costo total de inventarios en proceso			1322

Piezas defectuosas

Piezas	Total	Costo/pieza	Costo Total
A	10	$2	$20
B	12	$2	$24
C	9	$2	$18
	Costo total de defectos		$62

Costo de operarios
$270

Resultado de la operación -$554

Figura 28. Resultados económicos para el caso II

Observe la cantidad de piezas desperdiciadas 10 piezas A, 12 Piezas B y 9 piezas C, estas piezas fueron eliminadas del sistema. Observe como la producción final fue de solo 34 piezas A, 44 Piezas B y 32 piezas C. Aun y cuando se sumaran las piezas defectuosas solo se tendrían 44 piezas A, 56 piezas B y 41 piezas C, cantidad menor a las obtenidas cuando los tiempos de proceso eran constantes. Este efecto de la aleatoriedad en los tiempos de proceso impacta directamente en el tiempo para fabricar un cierto número de piezas y en el flujo de las mismas a través del sistema, si observa los resultados notará que los inventarios después de soldadura ya no aparecen en ceros.

Por otro lado, dadas las ineficiencias del proceso y los costos considerados el resultado de la operación es negativo, es decir se tiene una pérdida de $554 pesos lo que implica la necesidad de hacer cambios, más aun si consideramos los costos por faltante de la demanda este valor se hace aun más negativo, de la misma forma que en el caso anterior

4.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CASO II

El sistema requiere de ser mejorado drásticamente dado que la demanda insatisfecha fue del 43%, 37% y 53% para cada tipo de pieza respectivamente; se podrá utilizar un enfoque de reducción de tiempos en los procesos de las piezas o en el incremento del número de operadores. En este caso habrá que observar que en algunos casos un nuevo operador es menos costoso que disminuir el tiempo en los procesos.

Como parte del análisis se puede observar que el número de defectos será directamente proporcional al número de piezas que son procesadas, es decir a mayor número de piezas en el sistema mayor será el número de piezas defectuosas y se requerirá de más piezas procesadas para cumplir con la demanda. Este efecto al combinarse con la aleatoriedad de las llegadas de las piezas y a los tiempos de proceso hace más complejo el proceso de toma de decisiones, sin embargo, permite

visualizar el efecto de estos desperdicios y el costo de los mismos, el cual impacta en los resultados finales de operación. En la Figura 29 podemos ver el impacto de este comportamiento.

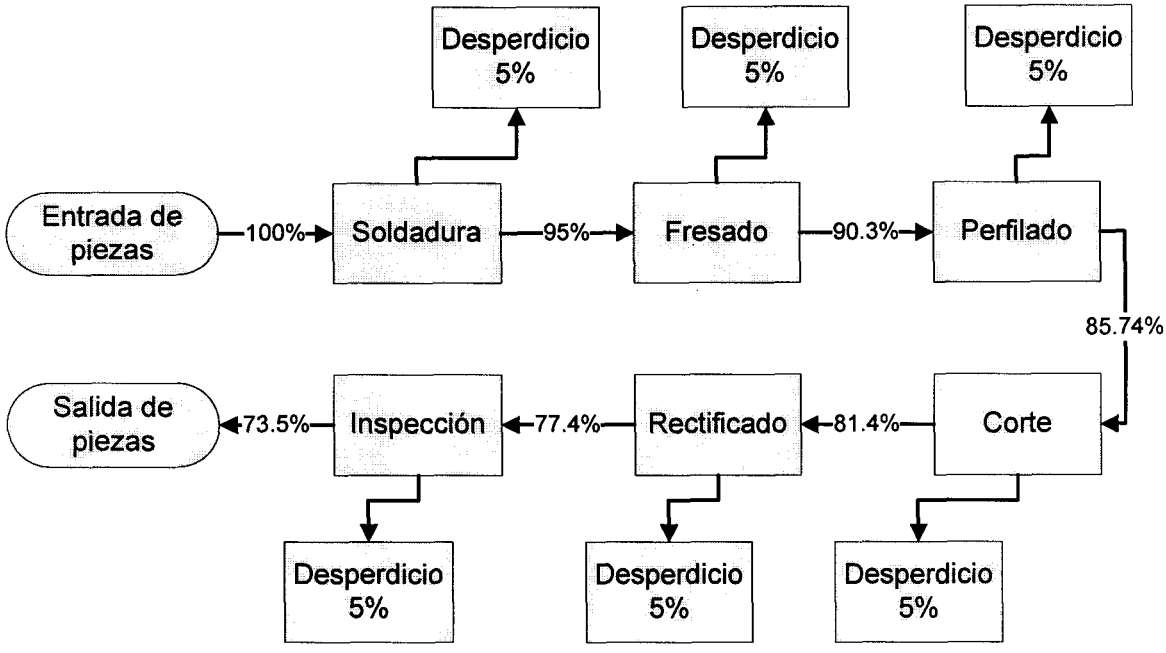


Figura 29. Impacto de las piezas defectuosas

Basado en este esquema se puede utilizar un sistema de mejoramiento escalonado, en donde los tiempos de los primeros procesos sean más rápidos que los siguientes. Este sistema de mejoramiento tiene como finalidad procesar un mayor número de piezas en un inicio para alimentar a los procesos finales con suficientes piezas buenas para lograr satisfacer la demanda.

Un punto importante a observar es que la máxima utilidad sería obtenida al sumar todas las demandas y multiplicarla por diez es decir 195*10 = $1950, este es el máximo ingreso posible con las condiciones obtenidas. Por otro lado los costos actuales son de $1,322 para los inventarios en proceso, $270 de los operarios y $62 de los desperdicios. Esto nos da un costo de $1,654, en este sentido el margen de movimiento es tan solo de $296. Es decir, al cumplir con la demanda es posible que se genere también un costo por exceso de producción y al incrementar el número de

piezas en el sistema se incrementará el costo por desperdicios. Esto genera pérdida en el resultado final. Sin embargo, aun este caso nos permitirá analizar cuanto podríamos cambiar el precio de venta con la finalidad de obtener utilidades. Esto ayudará al instructor a ilustrar como los problemas de calidad que se resuelven incrementando el precio de venta solo esconden problemas de calidad severos como el de este caso.

Después de varias iteraciones, el mejor escenario fue el siguiente:

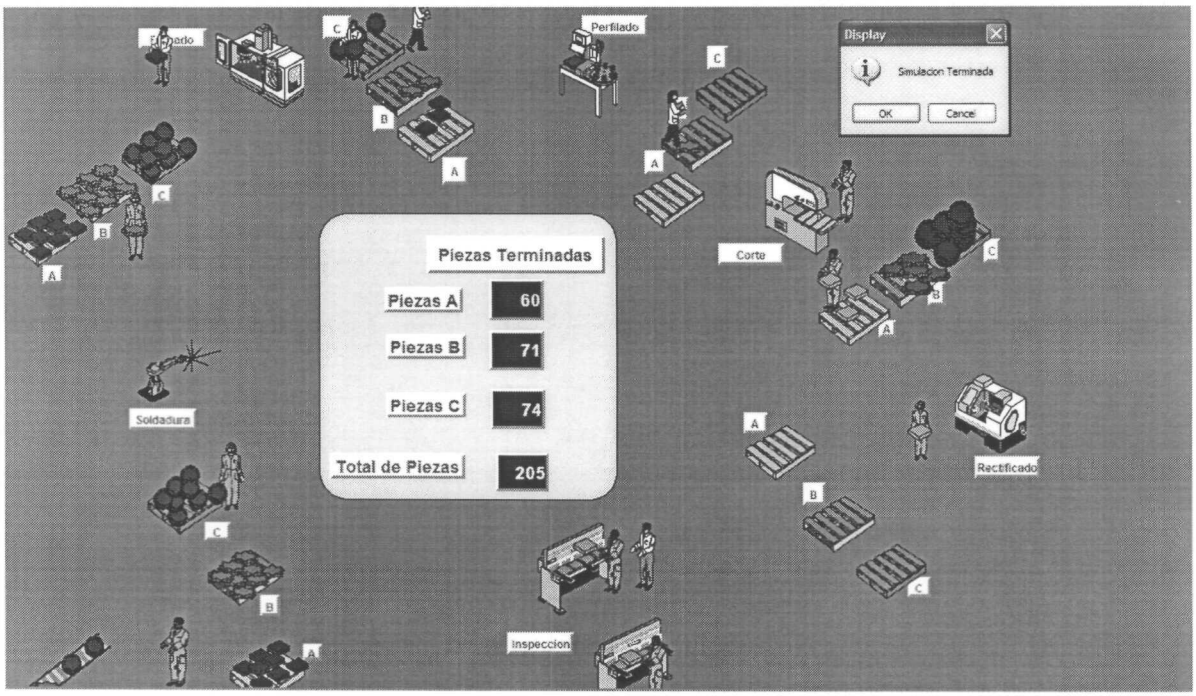
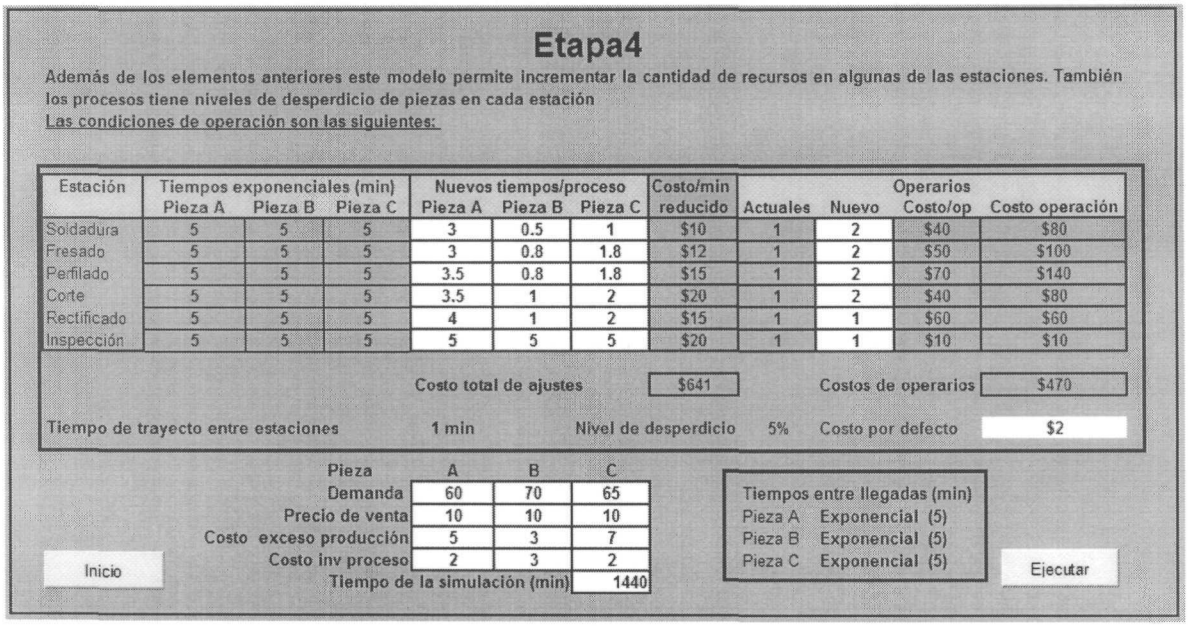


Figura 30. Pantalla final de la simulación de las mejoras caso II

Como podemos ver en esta pantalla, se logró conseguir una configuración tal, que se tienen pocas unidades de exceso de producción. También en la Figura 30 podemos observar con los inventarios se acumulan en las primeras etapas y posteriormente son menores. Aun y cuando se observa acumulación de inventarios en el almacén de rectificado podremos ver en los resultados de la hoja de Excel de la Figura 32 que el promedio es bajo y que este acumulamiento obedece a la variación

del proceso y no necesariamente a que debamos hacer mejoras en este punto. Los datos de entrada que generaron este resultado se muestran en la Figura 31.



Etapa4

Además de los elementos anteriores este modelo permite incrementar la cantidad de recursos en algunas de las estaciones. También los procesos tiene niveles de desperdicio de piezas en cada estación

Las condiciones de operación son las siguientes:

Estación	Tiempos exponenciales (min)			Nuevos tiempos/proceso			Costo/min	Operarios			
	Pieza A	Pieza B	Pieza C	Pieza A	Pieza B	Pieza C	reducido	Actuales	Nuevo	Costo/op	Costo operación
Soldadura	5	5	5	3	0.5	1	$10	1	2	$40	$80
Fresado	5	5	5	3	0.8	1.8	$12	1	2	$50	$100
Perfilado	5	5	5	3.5	0.8	1.8	$15	1	2	$70	$140
Corte	5	5	5	3.5	1	2	$20	1	2	$40	$80
Rectificado	5	5	5	4	1	2	$15	1	1	$60	$60
Inspección	5	5	5	5	5	5	$20	1	1	$10	$10

Costo total de ajustes $641 Costos de operarios $470

Tiempo de trayecto entre estaciones 1 min Nivel de desperdicio 5% Costo por defecto $2

Pieza	A	B	C
Demanda	60	70	65
Precio de venta	10	10	10
Costo exceso producción	5	3	7
Costo inv proceso	2	3	2
Tiempo de la simulación (min)			1440

Tiempos entre llegadas (min)
Pieza A Exponencial (5)
Pieza B Exponencial (5)
Pieza C Exponencial (5)

Inicio

Ejecutar

Figura 31. Datos de entrada de las mejoras en caso II

Observe como se consideran dos factores para el escalonamiento de las mejoras, el primero es la posición del proceso y la segunda es la demanda de las piezas. En cuanto a la posición los procesos iniciales tienen tiempos menores que los procesos subsecuentes. Por ejemplo para la pieza B soldadura tiene 0.5 minutos por pieza, fresado y perfilado 0.8 min por pieza y corte y rectificado tienen 1 minuto por pieza. El segundo factor fue la demanda, para completar una demanda mayor se requería que la pieza fluyera más rápidamente por los procesos, es por ello que los tiempos de proceso de la pieza B son menores a los de la pieza C que a su vez tiene tiempos menores a los de la pieza A.

También se utilizó este escalonamiento la asignación de operadores a los procesos, como se puede observar se colocaron dos operadores a excepción de rectificado y el transportista de inspección. En estos dos últimos procesos la cantidad de piezas que llegaban podían ser procesadas sin contratiempos solo por un operador. Cuando se agregó un segundo operador en estos procesos solo se encareció el costo del

personal y los beneficios fueron menores por esta decisión. Las siguientes figuras muestran los resultados obtenidos al ejecutar la simulación de este modelo con los datos de entrada mostrados en la Figura 31.

Resultados del modelo en la etapa 4

Utilización de equipos (%)	
Soldadura	39.79
Fresado	38.37
Perfilado	40.63
Corte	36.27
Rectificado	33.07

Utilización de los operarios	
Inspector 1	54.60
Inspector 2	22.57
Carga	99.73
Soldadura	64.06
Fresado	59.04
Perfilado	57.19
Corte	53.08
Rectificado	30.43
Inspección	12.21

Tiempo promedio en el sistema	
Pieza A	509.27
Pieza B	504.96
Pieza C	508.56
Tiempo efectivo en operación	
Pieza A	19.00
Pieza B	7.45
Pieza C	12.15
Tiempo efectivo en operación	
Pieza A	0.04
Pieza B	0.01
Pieza C	0.02

		Inventarios en almacenes					
		Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección
Pieza A	Máximo	97.00	38.00	5.00	3.00	8.00	1.00
	Promedio	45.96	16.94	1.25	0.51	2.67	0.05
	Final	97.00	37.00	3.00	0.00	2.00	0.00
Pieza B	Máximo	83.00	34.00	6.00	6.00	10.00	1.00
	Promedio	45.33	17.56	1.59	0.70	3.16	0.08
	Final	81.00	34.00	2.00	1.00	5.00	0.00
Pieza C	Máximo	107.00	44.00	6.00	4.00	9.00	1.00
	Promedio	50.89	20.11	1.55	0.69	3.19	0.08
	Final	107.00	41.00	4.00	0.00	7.00	0.00

Figura 32. Resultados de mejora en el caso II

Resultados del modelo en la etapa 4

Pieza	Demanda	Producidas	Inventario	Costo	Venta
A	60	60	0	0	600
B	70	71	1	3	700
C	65	74	9	63	650
Totales				66	1950

Costo modificaciones
$641

Costo total inventario
66

Inventarios en proceso

Pieza	Soldadura	Fresado	Perfilado	Corte	Rectificado	Inspección	Totales
A	97	37	3	0	2	0	139
B	81	34	2	1	5	0	123
C	107	41	4	0	7	0	159
				Costo total de inventarios en proceso			965

Piezas defectuosas

Piezas	Total	Costo/pieza	Costo Total
A	24	$2	$48
B	30	$2	$60
C	27	$2	$54
	Costo total de defectos		$162

Costo de operarios
$470

Resultado de la operación -$354

Figura 33. Resultado económicos para las mejoras del caso II

Observe que a pesar de las modificaciones realizadas en los tiempos de proceso y en el número de operadores se logró reducir la pérdida en los resultados de operación de $554 a $354 lo que representa una reducción de $200 que representa 36% sobre el valor del arranque. Esto también se debe a que el costo de los inventarios en proceso se redujo al momento de hacer más rápidos los procesos. Por otro lado, con este costo bastaría incrementar el precio de venta de los todos los productos de $10 a $12 para tener resultados positivos. Este cambio en los precios de venta puede servir con reflexión para el tema de competencia y para resaltar la importancia del control de procesos en sistemas como el que se está simulando.

4.6 Conclusiones y recomendaciones relevantes del caso II

En este caso se puede ilustrar los siguientes conceptos:

El impacto de los defectos en una línea de producción. Como se puede ver en la Figura 29, para un nivel de defectos como el ilustrado en el caso, se requiere de mayor número de piezas que entren al sistema y a mayor número de procesos se reducirá el porcentaje de piezas que fluyen en el sistema.

Incrementar el personal y disminuir los tiempos de proceso de manera secuencial ayuda conseguir el objetivo de cumplimiento de la demanda. Se sugiere probar solo con cambios en los tiempos de proceso y solo con cambios en el número de operarios para poder hacer un análisis comparativo de las diferentes soluciones que se pueden obtener.

En este caso se puede observar que el impacto de los defectos es tan significativo que aunque la demanda se cumpla en el tiempo disponible, los costos generados por la disminución de los tiempos de proceso y el incremento de personal no se logra tener un resultado de operación positivo a menos que se incremente el valor del precio de venta de las piezas. Si bien es cierto este incremento generará un resultado de operación positivo se recomienda discutir las implicaciones de este

incremento, como impactará en las demandas futuras, como impactará en la competitividad de la empresa y como el tener un sistema con tales niveles de defectos genera grandes necesidades de mejora e incrementos en los precios de venta para contrarrestar el impacto de la mala calidad.

Es importante que se analice el sistema como un todo por lo que el enfoque holístico del mismo facilitará la comprensión del mejoramiento escalonado de los tiempos de proceso y del número de operadores, así mismo esta comprensión ayudará a tener mejores desempeños en la siguiente etapa que incluye descomposturas de equipos, niveles limitados de inventarios y retrabajos de las piezas.

Como conclusión a estos casos se puede observar que la herramienta es capaz de proveer escenarios para generar aprendizaje por medio de la toma de decisiones de los participantes. Estas decisiones se hacen más fáciles al visualizar el comportamiento del sistema en la simulación y al analizar en cada módulo los resultados.

Se recomienda a los instructores que definan previamente los escenarios que desean probar, así como los objetivos de cada uno de los casos de estudio que. Esto con la finalidad de generar las discusiones, análisis y mejoras de los procesos basadas en un proceso de toma de decisiones fundamentado en los resultados de las simulaciones realizadas en cada etapa.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

La herramienta desarrollada provee de un sistema de entrenamiento para la toma de decisiones basado en simulación que no requiere de experiencia y capacitación de los usuarios en la programación de un paquete específico de simulación, lo que da ventajas en su utilización y aceptación por parte de los usuarios e instructores, permitiendo concentrar los esfuerzos de aprendizaje en el análisis del proceso de producción más que en el aprendizaje de la programación del paquete de simulación.

La herramienta desarrollada permite generar escenarios para el entrenamiento en la toma de decisiones en la administración de la producción de un sistema de manufactura. En particular el diseño de la herramienta basado en un incremento secuencial de complejidad permite a los participantes una mejor comprensión del sistema bajo estudio y un proceso ordenado de análisis.

Conforme las etapas avanzan, la experiencia adquirida de las etapas previas podrá ser utilizada en el proceso de toma de decisiones. Esta característica busca ser análoga al entrenamiento que reciben los pilotos de aviones se ven favorecidos en sus entrenamientos con simuladores de vuelo, en cuanto al desarrollo de las habilidades acumuladas de los participantes en la toma de decisiones.

El diseño de las etapas permite analizar relaciones complejas entre variables interdependientes como lo son inventarios, precios de venta, costos de personal, costos de calidad etc. Por medio de las simulaciones se puede ver como los impactos de la interrelación de las variables y la aleatoriedad generada por los modelos no es tan sencilla de predecir. Con esto también se remarca la importancia del uso de la simulación con herramienta de modelación y los beneficios que puede traer en proyectos en la industria.

El desarrollo de herramientas similares a la mostrada en este trabajo representan grandes beneficios potenciales para los usuarios pues permite una experiencia mucho más apegada a la realidad que la utilización de los modelos tradicionales de enseñanza aprendizaje basados sólo en la teoría.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

Se recomienda realizar pruebas con esta herramienta en un curso de Administración de la Producción o de Simulación para ver su efectividad y realizar los ajustes que se crean convenientes.

Se recomienda seguir incorporando variables a esta herramienta tales como modificación de los tiempos de llegada de las piezas, llegadas por lotes, materias primas, ensamble o cambios de turno, entre otros.

Dada la versatilidad de la herramienta para generar escenarios, es posible ilustrar conceptos claves del análisis de procesos productivos como balanceo de líneas, administración de la producción, impacto de desperdicios y retrabajos entre otros. Por lo que se recomienda explorar el desarrollo de herramientas similares en problemas logísticos o en la capacitación en otras técnicas o filosofías como lo pudiera ser un sistema justo a tiempo.

REFERENCIAS

Banks J., J. S. Carson II, B. L. Nelson y D. M. Nicol (2001), Discrete- Event System Simulation, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Bekker J., Saayman S. (1999), "Drawing conclusions from deterministic logistic simulation models," Logistic Information Management, Volume 12, Number 6, pp 460-466

Blackhurst, J., Wu, T., y O'Grady, P. (2005). "PCDM: A Decision Support Modeling Methodology for Supply Chain, Product and Process Design Decisions", *Journal of Operation Management*, Vol. 23, pp.325-343.

Centeno, M. A., y Carrillo, M. (2001). "Challenges of Introducing Simulation as Decision Making Tool", *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*, B. A. Peters, J. S. Smith, D. J. Medeiros, and M. W. Rohrer eds., pp 17-21

Chan, F. T. S., N. K. H. Tang, H. C. W. Lau, R. W. L. Ip (2002), "A Simulation Approach in Supply Chain Management," *Integrated Manufacturing Systems*, Volume 13, Number 2, pp 117-122

Forgionne, G. A. (1988). "Building Effective Decision Support Systems". *Business*, Vol. 38, No. 1, pp. 19-30.

Forgionne G. (1999), "An AHP Model of DSS Effectiveness", *European Journal of Information System*, Vol. 8, pp 95-106

García, E., García, H., y Cárdenas, L. E. (2006). *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel*, Prentice Hall, México.

Gatersleben M. R. y S. W. Van Der Weij (1999), "Analysis and Simulation of Passenger Flows in an Airport Terminal", *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, Editores: P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, y G. W. Evans, pp. 1226-1231.

Goodsell C. A. y T. J. Van Kley (2000), "Inventory Management Simulation at Cat Logistics", *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, Editores: J. A. Joines, R. R. Barton, K. Kang, and P. A. Fishwick, pp. 1185-1190.

Gopalakrishnan, B., Yoshii, T., y Dappili, S. M. (2004). "Decision Support Systems for Machining Center Selection", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 15, No. 2, pp. 144-154.

Granlund, R. (2001), "Web-based Micro-World Simulation for Emergency Management Training", Future Generation Computer Systems, Vol. 17. Pp. 561-572.

Guariso, G., Hitz, M., Werthner, H. (1996), "An Integrated Simulation and Optimization Modeling Environment for Decision Support", *Decision Support Systems*, Vol. 16, pp. 103-117.

Haseman, W. D., Nazareth, D. L., y Paul, S. (2005). "Implementing of a Group Decision Support System Utilizing Collective Memory", *Information and Management*, Vol. 42, pp. 591-605.

Hicks, D. A. (1999). "A Four Step Methodology for Using Simulation and Optimization Technologies in Strategic Supply Chain Planning", *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, Editores: P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, y G. W. Evans, pp. 1215-1220.

Hillier, Frederick S., y Gerald J. Liberman (1997), *Introducción a la Investigación de Operaciones*, 6a edición, Mc Graw Hill.

Jain S., Ervin E. C., Workman R. W., Collins L. M. (2001), "Analyzing the supply Chain for a large logistics operation using simulation," Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, B. A. Peters, J. S. Smith, D. J. Medeiros, M. W. Rohrer eds., pp 1123-1128

Keen P. y, Morton M. S. (1978), *Decision Support Systems: An Organizational Perpective*, Addison-Wesley, Reading, MA.

Kosane, K., and M. Zelm (1999), "CIMOSA Modelling Process," *Computers in Industry*, Volume 40, pp. 141-153.

Lau, H. C. W., Lee, W. B., y Lau, P. K. H. (2001). "Developing of an Intelligent Decision Support System for Benchmarking Assessment of Business Partners", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 8, No 5, pp. 376-395.

Law, Averill M (1991), "Documentation Makes Models in Simulation More Real", *Industrial Engineering*, pp. 15-16.

Law, Averill M., W. David Kelton; Simulation Modeling and Analysis, 2ed, Mc Graw Hill, 1991.

Meinert, T. S., G. D. Taylor, y J. R. English (1999), "A Modular Simulation Approach for Automated Material Handling Systems", Simulation Practice and Theory, Vol. 7, pp. 15-30

Naylor, Thomas H, and J. M. Finger (1967), "Verification of Computer Simulation" Models", *Management Science*, Vol. 14, No 2, pp. 92-101.

O'Kane, J. (2004). "Simulating Production Performance: Cross Case Analysis and Policy Implications". *Industrial Management & Data Systems.* Vol. 104, No. 4, pp 309-321.

Orsoni, A., Bruzzone, A. G., y Revertía, R. (2001). "Framework Development for Web-Based Simulation Applied to Supply Chain Management", *International Journal of Simulation*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-6.

Owens, H. D., y Philippakis A. S. (1996), "Inductive Consistency in Knowledge-Based Decision Support Systems", *Decision Support Systems*, Vol. 13, pp. 167-181.

Pearson, J. M., y Shim, J. P. (1995). "An Empirical Investigation Into DSS Structures and Environments". *Decision Support Systems*, Vol. 13, pp 141-158.

Quintero A., Konaré D., Pierre S. (2005), "Prototyping an Intelligent Decision Support System for Improving Urban Infrastructures Management", *European Journal of Operation Research*, Vol. 162, pp 654-672.

Salewicz K. A., Kakayama Mikiyasu (2004), "Development of a Web-Based Decision Support System (DSS) for Managing Large International Rivers", *Global Environmental Change*, Vol. 14, pp 25-37

Shim, J. P., Warkentin, M., Courtney, J. F., Power, D. J., Sharda, R., y Carlsson C. (2002). "Past, Present, and Future of Decision Support Technology", *Decision Support Systems*, Vol. 33, pp. 111-126.

Simon H.(1997), *Administrive Behavior*, 4th edition, New York, NY, The Free Press.

Van Horn, Richard L. (1979), "Validation of simulation results", *Management Science*, Vol. 17, No 5, pp. 247-257.

Workman, M. (2005). "Expert Decision Support System Use, Disuse, and Misuse: A Study Using the Theory of Planned Behavior", *Computers in Human Behavior*, Vol. 21, pp. 211-231.

ANEXO 1. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO I

Formatted Listing of Model:
C:\SATD1.MOD

Time Units: Minutes
Distance Units: Meters
Initialization Logic: view "completa"
animate 50

Termination Logic: SOUND "C:\WINDOWS\MEDIA\Robotz Asterisk.wav"
DISPLAY "Simulacion Terminada"

Locations

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
Soldadura	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Fresado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Perfilado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Corte	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección	1	2	Time Series	Oldest, , First	
Inspección.1	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección.2	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Rectificado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Banda_de_llegadas	inf	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
AlmSol_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	

Entities

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
pzaA	50	Time Series	
pzaB	50	Time Series	
pzaC	50	Time Series	
control	50	Time Series	

Path Networks

Name	Type	T/S	From	To	Bl	Dist/Time	Speed Factor
recibe	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
A_soldadura	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Fresado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Perfilado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Corte	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Rectificado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Inspección	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	

Interfaces

Net	Node	Location
recibe	N1	Banda_de_llegadas
	N2	AlmSol_pzaB
	N4	AlmSol_pzaC
	N3	AlmSol_pzaA
A_soldadura	N5	AlmFre_pzaB
	N2	AlmSol_pzaC
	N4	AlmSol_pzaA
	N3	AlmSol_pzaB
	N7	AlmFre_pzaC
	N6	AlmFre_pzaA
	N1	Soldadura
A_Fresado	N4	AlmFre_pzaA
	N3	AlmFre_pzaB
	N2	AlmFre_pzaC
	N5	AlmPer_pzaC
	N7	AlmPer_pzaA
	N6	AlmPer_pzaB
	N1	Fresado
A_Perfilado	N2	AlmPer_pzaC
	N3	AlmPer_pzaB

	N4	AlmPer_pzaA
	N7	AlmCor_pzaA
	N6	AlmCor_pzaB
	N5	AlmCor_pzaC
	N1	Perfilado
A_Corte	N2	AlmCor_pzaA
	N3	AlmCor_pzaB
	N4	AlmCor_pzaC
	N1	Corte
	N7	AlmRec_pzaC
	N6	AlmRec_pzaB
	N5	AlmRec_pzaA
A_Rectificado	N4	AlmRec_pzaA
	N3	AlmRec_pzaB
	N2	AlmRec_pzaC
	N1	Rectificado
	N6	AlmIns_pzaB
	N5	AlmIns_pzaA
	N7	AlmIns_pzaC
A_Inspección	N1	Inspección
	N2	AlmIns_pzaA
	N3	AlmIns_pzaB
	N4	AlmIns_pzaC

****

* Resources *

****

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
Oper_Carga	1	By Unit	Closest	Oldest	recibe Home: N1 (Return)	Empty: 150 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Soldadura	1	By Unit	Closest	Oldest	A_soldadura Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Fresa	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Fresado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Perfilado	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Perfilado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Corte	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Corte Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Rectificado	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Rectificado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Inspeccion	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Inspección Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	

****

* Resource Node Logic *

****

Res	Node	Entry Logic	Exit Logic
Oper_Carga	N1	graphic 2	graphic 1
Oper_Fresa	N1		
Oper_Inspeccion	N1	graphic 1	graphic 2
	N2	graphic 2	graphic 1
	N3	graphic 2	graphic 1
	N4	graphic 2	graphic 1

****

* Processing *

****

		Process		Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
pzaA	Banda_de_llegadas		1	pzaA	AlmSol_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaA	AlmSol_pzaA		1	pzaA	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaA	Soldadura	wait 5	1	pzaA	AlmFre_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaA	AlmFre_pzaA		1	pzaA	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaA	Fresado	wait 5	1	pzaA	AlmPer_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaA	AlmPer_pzaA		1	pzaA	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaA	Perfilado	wait 5	1	pzaA	AlmCor_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaA	AlmCor_pzaA		1	pzaA	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaA	Corte	wait 5 graphic 2	1	pzaA	AlmRec_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaA	AlmRec_pzaA		1	pzaA	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaA	Rectificado	wait 5	1	pzaA	AlmIns_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaA	AlmIns_pzaA		1	pzaA	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaA	Inspección	wait 5 INC pza_A, 1 inc total,1 if total = pzas then stop	1	pzaA	EXIT	FIRST 1	
control	Banda_de_llegadas	wait tiempo stop""					
pzaB	Banda_de_llegadas		1	pzaB	AlmSol_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaB	AlmSol_pzaB		1	pzaB	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaB	Soldadura	wait 5	1	pzaB	AlmFre_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaB	AlmFre_pzaB		1	pzaB	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaB	Fresado	wait 5	1	pzaB	AlmPer_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE

pzaB	AlmPer_pzaB		1	pzaB	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaB	Perfilado	wait 5	1	pzaB	AlmCor_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaB	AlmCor_pzaB		1	pzaB	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaB	Corte	wait 5 graphic 2	1	pzaB	AlmRec_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaB	AlmRec_pzaB		1	pzaB	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaB	Rectificado	wait 5	1	pzaB	AlmIns_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaB	AlmIns_pzaB		1	pzaB	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaB	Inspección	wait 5 inc pza_B,1 inc total,1 if total = pzas then stop	1	pzaB	EXIT	FIRST 1	
pzaC	Banda_de_llegadas		1	pzaC	AlmSol_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaC	AlmSol_pzaC		1	pzaC	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaC	Soldadura	wait 5	1	pzaC	AlmFre_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaC	AlmFre_pzaC		1	pzaC	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaC	Fresado	wait 5	1	pzaC	AlmPer_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaC	AlmPer_pzaC		1	pzaC	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaC	Perfilado	wait 5	1	pzaC	AlmCor_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaC	AlmCor_pzaC		1	pzaC	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaC	Corte	wait 5 graphic 2	1	pzaC	AlmRec_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaC	AlmRec_pzaC		1	pzaC	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaC	Rectificado	wait 5	1	pzaC	AlmIns_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaC	AlmIns_pzaC		1	pzaC	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaC	Inspección	wait 5					

```
inc pza_C,1
inc total,1
if total = pzas then stop
                    1        pzaC     EXIT              FIRST 1
```

****
* Arrivals *
****

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
control	Banda_de_llegadas	1	0	1		
pzaA	Banda_de_llegadas	1		inf	5	
pzaB	Banda_de_llegadas	1		inf	5	
pzaC	Banda_de_llegadas	1		inf	5	

****
* Variables (global) *
****

ID	Type	Initial value	Stats
Total	Integer	0	Time Series
pza_A	Integer	0	Time Series
pza_B	Integer	0	Time Series
pza_C	Integer	0	Time Series

****
* Macros *
****

ID	Text
pzas	0
tiempo	0

ANEXO II. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA I

```
Private Sub Ejecutar_Click()
'
'Este macro carga un archivo y los simula, para una vez que se termine regrese
'a Excel
'
'Grabado por Heriberto García Reyes
'
'Declaración de variables
'
  Dim pmObject As ProModel.CProModel
  Dim pmObjectData As ProModel.CProModelDAta
  Dim rdbObject As Object
  Dim StatValue As Single
  Dim Conta As Integer

Set pmObject = CreateObject("ProModel")
Set rdbObject = CreateObject("RDBDataServer")
'
'Abrir Modelo de etapa 1
'
pmObject.LoadModel ("c:\SATD1.mod")
'
'Macros de tiempo disponible y piezas totales para parar
'
Dim pzatot As Integer
Dim tiempo As Double

pzatot = Cells(21, 10).Value
tiempo = Cells(23, 10).Value

pmObject.SetMacro "pzas", pzatot
pmObject.SetMacro "tiempo", tiempo

pmObject.Save
pmObject.Simulate
'
'Evitar el mensaje de ver resultados
'
Do
ProModelStatus = pmObject.GetStatus
DoEvents
Loop Until ProModelStatus = 8 Or ProModelStatus = 7
DoEvents

SendKeys "+{n},true"
DoEvents
Application.ScreenUpdating = False
'
'Apertura de archivo de resultados
'
rdbObject.OpenFile ("c:\program files\promodel\output\SATD1.rdb")
'
'Utilización de los equipos
'
For Conta = 1 To 4
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(5 + Conta, 3).Value = StatValue
  End If
Next Conta

If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, 8) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(10, 3).Value = StatValue
```

```
  End If
'
'Utilización de los operadores
'
For Conta = 5 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(Conta + 1, 6).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 7
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 4, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(7 + Conta, 6).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Tiempo promedio en el sistema
'
For Conta = 1 To 3
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 3, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(4 + Conta, 9).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Tiempo efectivo en operación
'
For Conta = 1 To 3
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 6, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(8 + Conta, 9).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza A
'
For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 15 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(22, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 15 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(23, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(24, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza B
'
For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 9 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu1").Cells(19, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
```

```
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 9 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu1").Cells(20, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu1").Cells(21, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza C
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 21 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu1").Cells(25, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 21 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu1").Cells(26, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu1").Cells(27, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta


rdbObject.CloseFile

AppActivate "Microsoft Excel"
Sheets("Resu1").Activate
ThisWorkbook.CustomViews("res11").Show
pmObject.Quit
Set pmObject = Nothing
Set pmObjectData = Nothing

End Sub
```

ANEXO III. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO II

```
*****************************************************************************
*                                                                           *
*                  Formatted Listing of Model:                              *
*                        C:\SATD2.MOD                                       *
*                                                                           *
*****************************************************************************
```

Time Units:	Minutes
Distance Units:	Meters
Initialization Logic:	view "completa" animate 50
Termination Logic:	SOUND "C:\WINDOWS\MEDIA\Robotz Asterisk.wav" DISPLAY "Simulacion Terminada"

```
*****************************************************************************
*                          Locations                                        *
*****************************************************************************
```

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
Soldadura	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Fresado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Perfilado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Corte	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección	1	2	Time Series	Oldest, , First	
Inspección.1	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección.2	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Rectificado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Banda_de_llegadas	inf	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
AlmSol_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	

```
*****************************************************************************
*                          Entities                                         *
*****************************************************************************
```

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
pzaA	50	Time Series	
pzaB	50	Time Series	
pzaC	50	Time Series	
control	50	Time Series	

Path Networks

Name	Type	T/S	From	To	Bi	Dist/Time	Speed Factor
recibe	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
A_soldadura	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Fresado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Perfilado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Corte	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Rectificado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Inspección	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	

Interfaces

Net	Node	Location
recibe	N1	Banda_de_llegadas
	N2	AlmSol_pzaB
	N4	AlmSol_pzaC
	N3	AlmSol_pzaA
A_soldadura	N5	AlmFre_pzaB
	N2	AlmSol_pzaC
	N4	AlmSol_pzaA
	N3	AlmSol_pzaB
	N7	AlmFre_pzaC
	N6	AlmFre_pzaA
	N1	Soldadura
A_Fresado	N4	AlmFre_pzaA
	N3	AlmFre_pzaB
	N2	AlmFre_pzaC
	N5	AlmPer_pzaC
	N7	AlmPer_pzaA
	N6	AlmPer_pzaB
	N1	Fresado
A_Perfilado	N2	AlmPer_pzaC
	N3	AlmPer_pzaB

	N4	AlmPer_pzaA
	N7	AlmCor_pzaA
	N6	AlmCor_pzaB
	N5	AlmCor_pzaC
	N1	Perfilado
A_Corte	N2	AlmCor_pzaA
	N3	AlmCor_pzaB
	N4	AlmCor_pzaC
	N1	Corte
	N7	AlmRec_pzaC
	N6	AlmRec_pzaB
	N5	AlmRec_pzaA
A_Rectificado	N4	AlmRec_pzaA
	N3	AlmRec_pzaB
	N2	AlmRec_pzaC
	N1	Rectificado
	N6	AlmIns_pzaB
	N5	AlmIns_pzaA
	N7	AlmIns_pzaC
A_Inspección	N1	Inspección
	N2	AlmIns_pzaA
	N3	AlmIns_pzaB
	N4	AlmIns_pzaC

****
* Resources *
****

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
Oper_Carga	1	By Unit	Closest	Oldest	recibe Home: N1 (Return)	Empty: 150 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Soldadura	1	By Unit	Closest	Oldest	A_soldadura Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Fresa	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Fresado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Perfilado	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Perfilado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Corte	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Corte Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Rectificado	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Rectificado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Inspecccion	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Inspección Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	

****
* Resource Node Logic *
****

Res	Node	Entry Logic	Exit Logic
Oper_Carga	N1	graphic 2	graphic 1
Oper_Fresa	N1		
Oper_Inspecccion	N1	graphic 1	graphic 2
	N2	graphic 2	graphic 1
	N3	graphic 2	graphic 1
	N4	graphic 2	graphic 1

****

* Processing *

****

		Process	Routing				
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
pzaA	Banda_de_llegadas		1	pzaA	AlmSol_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaA	AlmSol_pzaA		1	pzaA	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaA	Soldadura	wait tposol	1	pzaA	AlmFre_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaA	AlmFre_pzaA		1	pzaA	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaA	Fresado	wait tpofresa	1	pzaA	AlmPer_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaA	AlmPer_pzaA		1	pzaA	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaA	Perfilado	wait tpoper	1	pzaA	AlmCor_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaA	AlmCor_pzaA		1	pzaA	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaA	Corte	wait tpocorte graphic 2	1	pzaA	AlmRec_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaA	AlmRec_pzaA		1	pzaA	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaA	Rectificado	wait tporec	1	pzaA	AlmIns_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaA	AlmIns_pzaA		1	pzaA	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaA	Inspección	wait tpoinsp INC pza_A, 1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop	1	pzaA	EXIT	FIRST 1	
control	Banda_de_llegadas	wait tiempo stop""					
pzaB	Banda_de_llegadas		1	pzaB	AlmSol_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaB	AlmSol_pzaB		1	pzaB	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaB	Soldadura	wait tposol	1	pzaB	AlmFre_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaB	AlmFre_pzaB		1	pzaB	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaB	Fresado	wait tpofresa	1	pzaB	AlmPer_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE

pzaB	AlmPer_pzaB		1	pzaB	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaB	Perfilado	wait tpoper	1	pzaB	AlmCor_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaB	AlmCor_pzaB		1	pzaB	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaB	Corte	wait tpocorte graphic 2	1	pzaB	AlmRec_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaB	AlmRec_pzaB		1	pzaB	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaB	Rectificado	wait tporec	1	pzaB	AlmIns_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaB	AlmIns_pzaB		1	pzaB	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaB	Inspección	wait tpoinsp inc pza_B,1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop	1	pzaB	EXIT	FIRST 1	
pzaC	Banda_de_llegadas		1	pzaC	AlmSol_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaC	AlmSol_pzaC		1	pzaC	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaC	Soldadura	wait tposol	1	pzaC	AlmFre_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaC	AlmFre_pzaC		1	pzaC	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaC	Fresado	wait tpofresa	1	pzaC	AlmPer_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaC	AlmPer_pzaC		1	pzaC	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaC	Perfilado	wait tpoper	1	pzaC	AlmCor_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaC	AlmCor_pzaC		1	pzaC	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaC	Corte	wait tpocorte graphic 2	1	pzaC	AlmRec_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaC	AlmRec_pzaC		1	pzaC	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaC	Rectificado	wait tporec	1	pzaC	AlmIns_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaC	AlmIns_pzaC		1	pzaC	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaC	Inspección	wait tpoinsp					

```
inc pza_C,1
inc total,1
if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
                1          pzaC      EXIT                FIRST 1
```

****
* Arrivals *
****

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
control	Banda_de_llegadas	1	0	1		
pzaA	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaB	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaC	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	

****
* Variables (global) *
****

ID	Type	Initial value	Stats
Total	Integer	0	Time Series
pza_A	Integer	0	Time Series
pza_B	Integer	0	Time Series
pza_C	Integer	0	Time Series

****
* Macros *
****

ID	Text
pzas	0
tiempo	0
tposol	0
tpofresa	0
tpoper	0
tpocorte	0
tporec	0
tpoinsp	0
DemA	0
DemB	0
DemC	0

ANEXO IV. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA II

```
Private Sub Ejecutar2_Click()
'
'Este Macro carga un archivo y los simula, para una vez que se termine regrese
'a Excel
'
'Grabado por Heriberto García Reyes
'
'Declaración de variables
'
  Dim pmObject As ProModel.CProModel
  Dim pmObjectData As ProModel.CProModelDAta
  Dim rdbObject As Object
  Dim StatValue As Single
  Dim Conta As Integer

Set pmObject = CreateObject("ProModel")
Set rdbObject = CreateObject("RDBDataServer")
'
'Abrir modelo de etapa 2
'
pmObject.LoadModel ("c:\SATD2.mod")
'
'Macros de demanda, tiempo de proceso y tiempo disponible
'
Dim tiempo As Double
Dim tsol As Double
Dim tfre As Double
Dim tper As Double
Dim tcor As Double
Dim trec As Double
Dim tins As Double
Dim DemaA As Integer
Dim DemaB As Integer
Dim DemaC As Integer

tiempo = Cells(25, 9).Value
tsol = Cells(10, 10).Value
tfre = Cells(11, 10).Value
tper = Cells(12, 10).Value
tcor = Cells(13, 10).Value
trec = Cells(14, 10).Value
tins = Cells(15, 10).Value
DemaA = Cells(22, 7).Value
```

```
DemaB = Cells(22, 8).Value
DemaC = Cells(22, 9).Value

pmObject.SetMacro "tiempo", tiempo
pmObject.SetMacro "tposol", tsol
pmObject.SetMacro "tpofresa", tfre
pmObject.SetMacro "tpoper", tper
pmObject.SetMacro "tpocorte", tcor
pmObject.SetMacro "tporec", trec
pmObject.SetMacro "tpoinsp", tins
pmObject.SetMacro "DemA", DemaA
pmObject.SetMacro "DemB", DemaB
pmObject.SetMacro "DemC", DemaC

pmObject.Save
pmObject.Simulate
'
'Evitar el mensaje de ver resultados
'
Do
ProModelStatus = pmObject.GetStatus
DoEvents
Loop Until ProModelStatus = 8 Or ProModelStatus = 7
DoEvents

SendKeys "+{n},true"
DoEvents
Application.ScreenUpdating = False
'
'Apertura de archivo de resultados
'
rdbObject.OpenFile ("c:\program files\promodel\output\SATD2.rdb")
'
'Utilización de los equipos
'
For Conta = 1 To 4
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(5 + Conta, 3).Value = StatValue
  End If
Next Conta

If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, 8) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(10, 3).Value = StatValue
  End If
```

```
'
'Utilización de los operadores
'
For Conta = 5 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(Conta + 1, 6).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 7
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 4, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(7 + Conta, 6).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Tiempo promedio en el sistema
'
For Conta = 1 To 3
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 3, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(4 + Conta, 9).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Tiempo efectivo en operación
'
For Conta = 1 To 3
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 6, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(8 + Conta, 9).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza A
'
For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 15 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(22, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 15 + Conta) Then
```

```
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(23, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(24, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza B
'
For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 9 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(19, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 9 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(20, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(21, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza C
'
For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 21 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(25, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 21 + Conta) Then
```

```
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(26, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(27, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Total de piezas producidas
'
For Conta = 2 To 4
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 1, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu2").Cells(34 + Conta, 4).Value = StatValue
  End If
Next Conta

rdbObject.CloseFile

AppActivate "Microsoft Excel"
Sheets("Resu2").Activate
ThisWorkbook.CustomViews("res21").Show
pmObject.Quit
Set pmObject = Nothing
Set pmObjectData = Nothing

End Sub
```

ANEXO V. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO III

```
*****************************************************************************
*                                                                           *
*              Formatted Listing of Model:                                  *
*                    C:\SATD3.MOD                                           *
*                                                                           *
*****************************************************************************
```

Time Units:	Minutes
Distance Units:	Meters
Initialization Logic:	view "completa" animate 50
Termination Logic:	SOUND "C:\WINDOWS\MEDIA\Robotz Asterisk.wav" DISPLAY "Simulacion Terminada"

```
*****************************************************************************
*                        Locations                                          *
*****************************************************************************
```

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
Soldadura	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Fresado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Perfilado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Corte	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección	1	2	Time Series	Oldest, , First	
Inspección.1	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección.2	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Rectificado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Banda_de_llegadas	inf	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
AlmSol_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	

```
*****************************************************************************
*                        Entities                                           *
*****************************************************************************
```

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
pzaA	50	Time Series	
pzaB	50	Time Series	
pzaC	50	Time Series	
control	50	Time Series	

Path Networks

Name	Type	T/S	From	To	BI	Dist/Time	Speed Factor
recibe	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
A_soldadura	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Fresado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Perfilado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Corte	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Rectificado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Inspección	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	

Interfaces

Net	Node	Location
recibe	N1	Banda_de_llegadas
	N2	AlmSol_pzaB
	N4	AlmSol_pzaC
	N3	AlmSol_pzaA
A_soldadura	N5	AlmFre_pzaB
	N2	AlmSol_pzaC
	N4	AlmSol_pzaA
	N3	AlmSol_pzaB
	N7	AlmFre_pzaC
	N6	AlmFre_pzaA
	N1	Soldadura
A_Fresado	N4	AlmFre_pzaA
	N3	AlmFre_pzaB
	N2	AlmFre_pzaC
	N5	AlmPer_pzaC
	N7	AlmPer_pzaA
	N6	AlmPer_pzaB
	N1	Fresado
A_Perfilado	N2	AlmPer_pzaC
	N3	AlmPer_pzaB

	N4	AlmPer_pzaA
	N7	AlmCor_pzaA
	N6	AlmCor_pzaB
	N5	AlmCor_pzaC
	N1	Perfilado
A_Corte	N2	AlmCor_pzaA
	N3	AlmCor_pzaB
	N4	AlmCor_pzaC
	N1	Corte
	N7	AlmRec_pzaC
	N6	AlmRec_pzaB
	N5	AlmRec_pzaA
A_Rectificado	N4	AlmRec_pzaA
	N3	AlmRec_pzaB
	N2	AlmRec_pzaC
	N1	Rectificado
	N6	AlmIns_pzaB
	N5	AlmIns_pzaA
	N7	AlmIns_pzaC
A_Inspección	N1	Inspección
	N2	AlmIns_pzaA
	N3	AlmIns_pzaB
	N4	AlmIns_pzaC

Resources

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
Oper_Carga	1	By Unit	Closest	Oldest	recibe Home: N1 (Return)	Empty: 150 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Soldadura	1	By Unit	Closest	Oldest	A_soldadura Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Fresa	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Fresado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Perfilado	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Perfilado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Corte	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Corte Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Rectificado	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Rectificado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Inspecccion	1	By Unit	Closest	Oldest	A_Inspección Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	

Resource Node Logic

Res	Node	Entry Logic	Exit Logic
Oper_Carga	N1	graphic 2	graphic 1
Oper_Fresa	N1		
Oper_Inspecccion	N1	graphic 1	graphic 2
	N2	graphic 2	graphic 1
	N3	graphic 2	graphic 1
	N4	graphic 2	graphic 1

Processing

Entity	Location	Process Operation	Blk	Routing Output	Destination	Rule	Move Logic
pzaA	Banda_de_llegadas		1	pzaA	AlmSol_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaA	AlmSol_pzaA		1	pzaA	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaA	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaA	AlmFre_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaA	AlmFre_pzaA		1	pzaA	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaA	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaA	AlmPer_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaA	AlmPer_pzaA		1	pzaA	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaA	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaA	AlmCor_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaA	AlmCor_pzaA		1	pzaA	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaA	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaA	AlmRec_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaA	AlmRec_pzaA		1	pzaA	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaA	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaA	AlmIns_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaA	AlmIns_pzaA		1	pzaA	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaA	Inspección	wait e(tains) INC pza_A, 1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop	1	pzaA	EXIT	FIRST 1	
control	Banda_de_llegadas	wait tiempo stop""					
pzaB	Banda_de_llegadas		1	pzaB	AlmSol_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaB	AlmSol_pzaB		1	pzaB	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaB	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaB	AlmFre_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaB	AlmFre_pzaB		1	pzaB	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaB	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaB	AlmPer_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE

pzaB	AlmPer_pzaB		1	pzaB	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaB	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaB	AlmCor_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaB	AlmCor_pzaB		1	pzaB	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaB	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaB	AlmRec_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaB	AlmRec_pzaB		1	pzaB	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaB	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaB	AlmIns_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaB	AlmIns_pzaB		1	pzaB	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaB	Inspección	wait e(tains) inc pza_B,1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop	1	pzaB	EXIT	FIRST 1	
pzaC	Banda_de_llegadas		1	pzaC	AlmSol_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaC	AlmSol_pzaC		1	pzaC	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaC	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaC	AlmFre_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaC	AlmFre_pzaC		1	pzaC	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaC	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaC	AlmPer_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaC	AlmPer_pzaC		1	pzaC	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaC	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaC	AlmCor_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaC	AlmCor_pzaC		1	pzaC	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaC	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaC	AlmRec_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaC	AlmRec_pzaC		1	pzaC	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaC	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaC	AlmIns_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaC	AlmIns_pzaC		1	pzaC	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaC	Inspección	wait e(tains)					

```
inc pza_C,1
inc total,1
if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
                1          pzaC      EXIT                FIRST 1
```

****
* Arrivals *
****

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
control	Banda_de_llegadas	1	0	1		
pzaA	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaB	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaC	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	

****
* Variables (global) *
****

ID	Type	Initial value	Stats
Total	Integer	0	Time Series
pza_A	Integer	0	Time Series
pza_B	Integer	0	Time Series
pza_C	Integer	0	Time Series

****
* Macros *
****

ID	Text
tiempo	0
DemA	0
DemB	0
DemC	0
tasol	0
tafre	0
taper	0
tacor	0
tarec	0
tains	0
tbsol	0
tbfre	0
tbper	0
tbcor	0
tbrec	0
tbins	0
tcsol	0
tcfre	0
tcper	0
tccor	0
tcrec	0
tcins	0

ANEXO VI. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA III

```
Private Sub Ejecutar3_Click()
'
'Este Macro carga un archivo y los simula, para una vez que se termine regrese
'a Excel
'
'Grabado por Heriberto García Reyes
'
'Declaración de variables
'
  Dim pmObject As ProModel.CProModel
  Dim pmObjectData As ProModel.CProModelDAta
  Dim rdbObject As Object
  Dim StatValue As Single
  Dim Conta As Integer

Set pmObject = CreateObject("ProModel")
Set rdbObject = CreateObject("RDBDataServer")
'
'Abrir modelo de etapa 2
'
pmObject.LoadModel ("c:\SATD3.mod")
'
'Macros de demanda, tiempo de proceso y tiempo disponible
'
Dim tiempo As Double
Dim tasol As Double
Dim tafre As Double
Dim taper As Double
Dim tacor As Double
Dim tarec As Double
Dim tains As Double
Dim tbsol As Double
Dim tbfre As Double
Dim tbper As Double
Dim tbcor As Double
Dim tbrec As Double
Dim tbins As Double
Dim tcsol As Double
Dim tcfre As Double
Dim tcper As Double
Dim tccor As Double
Dim tcrec As Double
Dim tcins As Double
```

```
Dim DemaA As Integer
Dim DemaB As Integer
Dim DemaC As Integer

tiempo = Cells(26, 9).Value
tasol = Cells(10, 10).Value
tafre = Cells(11, 10).Value
taper = Cells(12, 10).Value
tacor = Cells(13, 10).Value
tarec = Cells(14, 10).Value
tains = Cells(15, 10).Value

tbsol = Cells(10, 11).Value
tbfre = Cells(11, 11).Value
tbper = Cells(12, 11).Value
tbcor = Cells(13, 11).Value
tbrec = Cells(14, 11).Value
tbins = Cells(15, 11).Value

tcsol = Cells(10, 12).Value
tcfre = Cells(11, 12).Value
tcper = Cells(12, 12).Value
tccor = Cells(13, 12).Value
tcrec = Cells(14, 12).Value
tcins = Cells(15, 12).Value

DemaA = Cells(22, 7).Value
DemaB = Cells(22, 8).Value
DemaC = Cells(22, 9).Value

pmObject.SetMacro "tiempo", tiempo
pmObject.SetMacro "tasol", tasol
pmObject.SetMacro "tafre", tafre
pmObject.SetMacro "taper", taper
pmObject.SetMacro "tacor", tacor
pmObject.SetMacro "tarec", tarec
pmObject.SetMacro "tains", tains

pmObject.SetMacro "tbsol", tbsol
pmObject.SetMacro "tbfre", tbfre
pmObject.SetMacro "tbper", tbper
pmObject.SetMacro "tbcor", tbcor
pmObject.SetMacro "tbrec", tbrec
pmObject.SetMacro "tbins", tbins
```

```
pmObject.SetMacro "tcsol", tcsol
pmObject.SetMacro "tcfre", tcfre
pmObject.SetMacro "tcper", tcper
pmObject.SetMacro "tccor", tccor
pmObject.SetMacro "tcrec", tcrec
pmObject.SetMacro "tcins", tcins

pmObject.SetMacro "DemA", DemaA
pmObject.SetMacro "DemB", DemaB
pmObject.SetMacro "DemC", DemaC

pmObject.Save
pmObject.Simulate
'
'Evitar el mensaje de ver resultados
'
Do
ProModelStatus = pmObject.GetStatus
DoEvents
Loop Until ProModelStatus = 8 Or ProModelStatus = 7
DoEvents

SendKeys "+{n},true"
DoEvents
Application.ScreenUpdating = False
'
'Apertura de archivo de resultados
'
rdbObject.OpenFile ("c:\program files\promodel\output\SATD3.rdb")
'
'Utilización de los equipos
'
For Conta = 1 To 4
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu3").Cells(5 + Conta, 3).Value = StatValue
  End If
Next Conta

If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, 8) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu3").Cells(10, 3).Value = StatValue
  End If
'
'Utilización de los operadores
'
```

```
For Conta = 5 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(Conta + 1, 6).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 7
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 4, 8, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(7 + Conta, 6).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Tiempo promedio en el sistema
'
For Conta = 1 To 3
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 3, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(4 + Conta, 9).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Tiempo efectivo en operación
'
For Conta = 1 To 3
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 6, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(8 + Conta, 9).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza A
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(19, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(20, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
```

```
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(21, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza B
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(22, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(23, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(24, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza C
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(25, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(26, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
```

```
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(27, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Total de piezas producidas
'
For Conta = 2 To 4
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 1, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(34 + Conta, 4).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Inventarios en proceso
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(44, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(43, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu3").Cells(45, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta


rdbObject.CloseFile

AppActivate "Microsoft Excel"
Sheets("Resu3").Activate
```

```
ThisWorkbook.CustomViews("res31").Show
pmObject.Quit
Set pmObject = Nothing
Set pmObjectData = Nothing

End Sub
```

ANEXO VII. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO IV

```
*****************************************************************************
*                                                                           *
*              Formatted Listing of Model:                                  *
*                    C:\SATD4.MOD                                           *
*                                                                           *
*****************************************************************************
```

Time Units:	Minutes
Distance Units:	Meters
Initialization Logic:	view "completa" animate 50
Termination Logic:	SOUND "C:\WINDOWS\MEDIA\Robotz Asterisk.wav" DISPLAY "Simulacion Terminada"

```
*****************************************************************************
*                    Locations                                              *
*****************************************************************************
```

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
Soldadura	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Fresado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Perfilado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Corte	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección	1	2	Time Series	Oldest, , First	
Inspección.1	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección.2	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Rectificado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Banda_de_llegadas	inf	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
AlmSol_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaB	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaA	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaC	inf	1	Time Series	Oldest, ,	

```
*****************************************************************************
*                    Entities                                               *
*****************************************************************************
```

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
pzaA	50	Time Series	
pzaB	50	Time Series	
pzaC	50	Time Series	
control	50	Time Series	

Path Networks

Name	Type	T/S	From	To	Bl	Dist/Time	Speed Factor
recibe	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
A_soldadura	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Fresado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Perfilado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Corte	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Rectificado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Inspección	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	

Interfaces

Net	Node	Location
recibe	N1	Banda_de_llegadas
	N2	AlmSol_pzaB
	N4	AlmSol_pzaC
	N3	AlmSol_pzaA
A_soldadura	N5	AlmFre_pzaB
	N2	AlmSol_pzaC
	N4	AlmSol_pzaA
	N3	AlmSol_pzaB
	N7	AlmFre_pzaC
	N6	AlmFre_pzaA
	N1	Soldadura
A_Fresado	N4	AlmFre_pzaA
	N3	AlmFre_pzaB
	N2	AlmFre_pzaC
	N5	AlmPer_pzaC
	N7	AlmPer_pzaA
	N6	AlmPer_pzaB
	N1	Fresado
A_Perfilado	N2	AlmPer_pzaC
	N3	AlmPer_pzaB

	N4	AlmPer_pzaA
	N7	AlmCor_pzaA
	N6	AlmCor_pzaB
	N5	AlmCor_pzaC
	N1	Perfilado
A_Corte	N2	AlmCor_pzaA
	N3	AlmCor_pzaB
	N4	AlmCor_pzaC
	N1	Corte
	N7	AlmRec_pzaC
	N6	AlmRec_pzaB
	N5	AlmRec_pzaA
A_Rectificado	N4	AlmRec_pzaA
	N3	AlmRec_pzaB
	N2	AlmRec_pzaC
	N1	Rectificado
	N6	AlmIns_pzaB
	N5	AlmIns_pzaA
	N7	AlmIns_pzaC
A_Inspección	N1	Inspección
	N2	AlmIns_pzaA
	N3	AlmIns_pzaB
	N4	AlmIns_pzaC

****
* Resources *
****

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
Oper_Carga	1	By Unit	Closest	Oldest	recibe Home: N1 (Return)	Empty: 150 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Soldadura	opsol	By Unit	Closest	Oldest	A_soldadura Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Fresa	opefre	By Unit	Closest	Oldest	A_Fresado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Perfilado	opeper	By Unit	Closest	Oldest	A_Perfilado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Corte	opecor	By Unit	Closest	Oldest	A_Corte Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Rectificado	operec	By Unit	Closest	Oldest	A_Rectificado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Inspecccion	opeins	By Unit	Closest	Oldest	A_Inspección Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	

****
* Resource Node Logic *
****

Res	Node	Entry Logic	Exit Logic
Oper_Carga	N1	graphic 2	graphic 1
Oper_Fresa	N1		
Oper_Inspecccion	N1	graphic 1	graphic 2
	N2	graphic 2	graphic 1
	N3	graphic 2	graphic 1
	N4	graphic 2	graphic 1

****

* Processing *

****

		Process		Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
pzaA	Banda_de_llegadas		1	pzaA	AlmSol_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaA	AlmSol_pzaA		1	pzaA	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaA	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaA	AlmFre_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1 FREE Oper_Soldadura
pzaA	AlmFre_pzaA		1	pzaA	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaA	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaA	AlmPer_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1 FREE Oper_Fresa
pzaA	AlmPer_pzaA		1	pzaA	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaA	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaA	AlmCor_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1 FREE Oper_Perfilado
pzaA	AlmCor_pzaA		1	pzaA	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaA	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaA	AlmRec_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1 FREE Oper_Corte
pzaA	AlmRec_pzaA		1	pzaA	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaA	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaA	AlmIns_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1 FREE Oper_Rectificado
pzaA	AlmIns_pzaA		1	pzaA	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaA	Inspección	wait e(tains)	1	pzaA	EXIT	0.9500	INC pza_A, 1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1
control	Banda_de_llegadas	wait tiempo stop""					
pzaB	Banda_de_llegadas		1	pzaB	AlmSol_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE

pzaB	AlmSol_pzaB		1	pzaB	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaB	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaB	AlmFre_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1 FREE Oper_Soldadura
pzaB	AlmFre_pzaB		1	pzaB	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaB	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaB	AlmPer_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1 FREE Oper_Fresa
pzaB	AlmPer_pzaB		1	pzaB	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaB	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaB	AlmCor_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1 FREE Oper_Perfilado
pzaB	AlmCor_pzaB		1	pzaB	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaB	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaB	AlmRec_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1 FREE Oper_Corte
pzaB	AlmRec_pzaB		1	pzaB	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaB	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaB	AlmIns_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1 FREE Oper_Rectificado
pzaB	AlmIns_pzaB		1	pzaB	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaB	Inspección	wait e(tains)	1	pzaB	EXIT	0.9500	inc pza_B,1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1
pzaC	Banda_de_llegadas		1	pzaC	AlmSol_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaC	AlmSol_pzaC		1	pzaC	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaC	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaC	AlmFre_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1 FREE Oper_Soldadura
pzaC	AlmFre_pzaC		1	pzaC	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa

pzaC	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaC	AlmPer_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1 FREE Oper_Fresa
pzaC	AlmPer_pzaC		1	pzaC	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaC	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaC	AlmCor_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1 FREE Oper_Perfilado
pzaC	AlmCor_pzaC		1	pzaC	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaC	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaC	AlmRec_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1 FREE Oper_Corte
pzaC	AlmRec_pzaC		1	pzaC	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaC	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaC	AlmIns_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1 FREE Oper_Rectificado
pzaC	AlmIns_pzaC		1	pzaC	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaC	Inspección	wait e(tains)	1	pzaC	EXIT	0.9500	inc pza_C,1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1

****
* Arrivals *
****

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
control	Banda_de_llegadas	1	0	1		
pzaA	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaB	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaC	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	

****
* Variables (global) *
****

ID	Type	Initial value	Stats
Total	Integer	0	Time Series
pza_A	Integer	0	Time Series
pza_B	Integer	0	Time Series
pza_C	Integer	0	Time Series
condefa	Integer	0	Time Series
condefb	Integer	0	Time Series
condefc	Integer	0	Time Series

****

* Macros *

****

ID	Text
tiempo	0
DemA	0
DemB	0
DemC	0
tasol	0
tafre	0
taper	0
tacor	0
tarec	0
tains	0
tbsol	0
tbfre	0
tbper	0
tbcor	0
tbrec	0
tbins	0
tcsol	0
tcfre	0
tcper	0
tccor	0
tcrec	0
tcins	0
opesol	0
opefre	0
opeper	0
opecor	0
operec	0
opeins	0

ANEXO VII. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA IV

```
Private Sub Ejecutar4_Click()
'
'Este Macro carga un archivo y los simula, para una vez que se termine regrese
'a Excel
'
'Grabado por Heriberto García Reyes
'
'Declaración de variables
'
  Dim pmObject As ProModel.CProModel
  Dim pmObjectData As ProModel.CProModelDAta
  Dim rdbObject As Object
  Dim StatValue As Single
  Dim Conta As Integer
  Dim conta2 As Integer

Set pmObject = CreateObject("ProModel")
Set rdbObject = CreateObject("RDBDataServer")
'
'Abrir modelo de etapa 4
'
pmObject.LoadModel ("c:\SATD4.mod")
'
'Macros de demanda, tiempo de proceso y tiempo disponible
'
Dim tiempo As Double
Dim tasol As Double
Dim tafre As Double
Dim taper As Double
Dim tacor As Double
Dim tarec As Double
Dim tains As Double
Dim tbsol As Double
Dim tbfre As Double
Dim tbper As Double
Dim tbcor As Double
Dim tbrec As Double
Dim tbins As Double
Dim tcsol As Double
Dim tcfre As Double
Dim tcper As Double
Dim tccor As Double
Dim tcrec As Double
Dim tcins As Double
```

```
Dim DemaA As Integer
Dim DemaB As Integer
Dim DemaC As Integer
Dim opsol As Integer
Dim opfre As Integer
Dim opper As Integer
Dim opcor As Integer
Dim oprec As Integer
Dim opins As Integer

tiempo = Cells(26, 9).Value
tasol = Cells(10, 7).Value
tafre = Cells(11, 7).Value
taper = Cells(12, 7).Value
tacor = Cells(13, 7).Value
tarec = Cells(14, 7).Value
tains = Cells(15, 7).Value

tbsol = Cells(10, 8).Value
tbfre = Cells(11, 8).Value
tbper = Cells(12, 8).Value
tbcor = Cells(13, 8).Value
tbrec = Cells(14, 8).Value
tbins = Cells(15, 8).Value

tcsol = Cells(10, 9).Value
tcfre = Cells(11, 9).Value
tcper = Cells(12, 9).Value
tccor = Cells(13, 9).Value
tcrec = Cells(14, 9).Value
tcins = Cells(15, 9).Value

DemaA = Cells(22, 7).Value
DemaB = Cells(22, 8).Value
DemaC = Cells(22, 9).Value

opsol = Cells(10, 12).Value
opfre = Cells(11, 12).Value
opper = Cells(12, 12).Value
opcor = Cells(13, 12).Value
oprec = Cells(14, 12).Value
opins = Cells(15, 12).Value

pmObject.SetMacro "tiempo", tiempo
pmObject.SetMacro "tasol", tasol
pmObject.SetMacro "tafre", tafre
```

```
pmObject.SetMacro "taper", taper
pmObject.SetMacro "tacor", tacor
pmObject.SetMacro "tarec", tarec
pmObject.SetMacro "tains", tains

pmObject.SetMacro "tbsol", tbsol
pmObject.SetMacro "tbfre", tbfre
pmObject.SetMacro "tbper", tbper
pmObject.SetMacro "tbcor", tbcor
pmObject.SetMacro "tbrec", tbrec
pmObject.SetMacro "tbins", tbins

pmObject.SetMacro "tcsol", tcsol
pmObject.SetMacro "tcfre", tcfre
pmObject.SetMacro "tcper", tcper
pmObject.SetMacro "tccor", tccor
pmObject.SetMacro "tcrec", tcrec
pmObject.SetMacro "tcins", tcins

pmObject.SetMacro "DemA", DemaA
pmObject.SetMacro "DemB", DemaB
pmObject.SetMacro "DemC", DemaC

pmObject.SetMacro "opesol", opsol
pmObject.SetMacro "opefre", opfre
pmObject.SetMacro "opeper", opper
pmObject.SetMacro "opecor", opcor
pmObject.SetMacro "operec", oprec
pmObject.SetMacro "opeins", opins

pmObject.Save
pmObject.Simulate
'
'Evitar el mensaje de ver resultados
'
Do
ProModelStatus = pmObject.GetStatus
DoEvents
Loop Until ProModelStatus = 8 Or ProModelStatus = 7
DoEvents

SendKeys "+{n},true"
DoEvents
Application.ScreenUpdating = False
'
'Apertura de archivo de resultados
```

```
'
rdbObject.OpenFile ("c:\program files\promodel\output\SATD4.rdb")
'
'Utilización de los equipos
'
For Conta = 1 To 4
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(5 + Conta, 3).Value = StatValue
 End If
Next Conta

If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, 8) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(10, 3).Value = StatValue
 End If
'
'Utilización de los operadores
'
For Conta = 5 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(Conta + 1, 6).Value = StatValue
 End If
Next Conta

 conta2 = 1
For Conta = 1 To 7
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 4, 8, conta2) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(7 + Conta, 6).Value = StatValue
 End If
 conta2 = conta2 + 1 + Cells(9 + Conta, 12).Value
Next Conta
'
'Tiempo promedio en el sistema
'
For Conta = 1 To 3
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 3, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(4 + Conta, 9).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Tiempo efectivo en operación
'
```

```
For Conta = 1 To 3
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 6, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(8 + Conta, 9).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza A
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(19, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(20, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(21, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza B
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(22, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(23, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
```

```
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(24, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza C
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(25, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(26, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(27, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Total de piezas producidas
'
For Conta = 2 To 4
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 1, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(34 + Conta, 4).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Inventarios en proceso
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(44, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
```

```
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(43, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(45, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Niveles de defectos
'
For Conta = 5 To 7
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 5, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu4").Cells(45 + Conta, 3).Value = StatValue
 End If
Next Conta

rdbObject.CloseFile

AppActivate "Microsoft Excel"
Sheets("Resu4").Activate
ThisWorkbook.CustomViews("res41").Show
pmObject.Quit
Set pmObject = Nothing
Set pmObjectData = Nothing

End Sub
```

ANEXO IX. PROGRAMACIÓN EN PROMODEL DEL ESCENARIO V

```
*****************************************************************************
*                                                                           *
*              Formatted Listing of Model:                                  *
*                    C:\SATD5.MOD                                           *
*                                                                           *
*****************************************************************************
```

Time Units:	Minutes
Distance Units:	Meters
Initialization Logic:	view "completa" animate 50
Termination Logic:	SOUND "C:\WINDOWS\MEDIA\Robotz Asterisk.wav" DISPLAY "Simulacion Terminada"

```
*****************************************************************************
*                    Locations                                              *
*****************************************************************************
```

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
Soldadura	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Fresado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Perfilado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Corte	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección	1	2	Time Series	Oldest, , First	
Inspección.1	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Inspección.2	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Rectificado	1	1	Time Series	Oldest, ,	
Banda_de_llegadas	inf	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
AlmSol_pzaB	invsol	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaB	invfre	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaB	invper	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaB	invcor	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaB	invrec	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaB	invins	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaA	invsol	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaA	invfre	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaA	invper	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaA	invcor	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaA	invrec	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaA	invins	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmSol_pzaC	invsol	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmFre_pzaC	invfre	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmPer_pzaC	invper	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmCor_pzaC	invcor	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmRec_pzaC	invrec	1	Time Series	Oldest, ,	
AlmIns_pzaC	invins	1	Time Series	Oldest, ,	

```
*****************************************************************************
*              Clock downtimes for Locations                                *
*****************************************************************************
```

Loc	Frequency	First Time	Priority	Scheduled	Disable	Logic
Soldadura	e(360)	e(360)	99	No	No	wait e(10)
Fresado	e(480)	e(480)	99	No	No	wait e(5)
Perfilado	e(600)	e(600)	99	No	No	wait e(12)
Corte	e(240)	e(240)	99	No	No	wait e(5)
Inspección.1	e(120)	e(120)	99	No	No	wait e(3)
Inspección.2	e(120)	e(120)	99	No	No	wait e(3)
Rectificado	e(420)	e(420)	99	No	No	wait e(8)

Entities

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
pzaA	50	Time Series	
pzaB	50	Time Series	
pzaC	50	Time Series	
control	50	Time Series	

Path Networks

Name	Type	T/S	From	To	Bi	Dist/Time	Speed Factor
recibe	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
A_soldadura	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Fresado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Perfilado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Corte	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Rectificado	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	
			N1	N5	Bi	1	
			N1	N6	Bi	1	
			N1	N7	Bi	1	
A_Inspección	Passing	Time	N1	N2	Bi	1	
			N1	N3	Bi	1	
			N1	N4	Bi	1	

Interfaces

Net	Node	Location
recibe	N1	Banda_de_llegadas
	N2	AlmSol_pzaB
	N4	AlmSol_pzaC
	N3	AlmSol_pzaA
A_soldadura	N5	AlmFre_pzaB
	N2	AlmSol_pzaC
	N4	AlmSol_pzaA

	N3	AlmSol_pzaB
	N7	AlmFre_pzaC
	N6	AlmFre_pzaA
	N1	Soldadura
A_Fresado	N4	AlmFre_pzaA
	N3	AlmFre_pzaB
	N2	AlmFre_pzaC
	N5	AlmPer_pzaC
	N7	AlmPer_pzaA
	N6	AlmPer_pzaB
	N1	Fresado
A_Perfilado	N2	AlmPer_pzaC
	N3	AlmPer_pzaB
	N4	AlmPer_pzaA
	N7	AlmCor_pzaA
	N6	AlmCor_pzaB
	N5	AlmCor_pzaC
	N1	Perfilado
A_Corte	N2	AlmCor_pzaA
	N3	AlmCor_pzaB
	N4	AlmCor_pzaC
	N1	Corte
	N7	AlmRec_pzaC
	N6	AlmRec_pzaB
	N5	AlmRec_pzaA
A_Rectificado	N4	AlmRec_pzaA
	N3	AlmRec_pzaB
	N2	AlmRec_pzaC
	N1	Rectificado
	N6	AlmIns_pzaB
	N5	AlmIns_pzaA
	N7	AlmIns_pzaC
A_Inspección	N1	Inspección
	N2	AlmIns_pzaA
	N3	AlmIns_pzaB
	N4	AlmIns_pzaC

****

* Resources *

****

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Cost
Oper_Carga	1	By Unit	Closest	Oldest	recibe Home: N1 (Return)	Empty: 150 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Soldadura	opesol	By Unit	Closest	Oldest	A_soldadura Home: N1 (Return)	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Fresa	opefre	By Unit	Closest	Oldest	A_Fresado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Perfilado	opeper	By Unit	Closest	Oldest	A_Perfilado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Corte	opecor	By Unit	Closest	Oldest	A_Corte Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Rectificado	operec	By Unit	Closest	Oldest	A_Rectificado Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	
Oper_Inspeccion	opeins	By Unit	Closest	Oldest	A_Inspección Home: N1	Empty: 50 mpm Full: 50 mpm	

Resource Node Logic

Res	Node	Entry Logic	Exit Logic
Oper_Carga	N1	graphic 2	graphic 1
Oper_Fresa	N1		
Oper_Inspeccion	N1	graphic 1	graphic 2
	N2	graphic 2	graphic 1
	N3	graphic 2	graphic 1
	N4	graphic 2	graphic 1

Processing

	Process			Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
pzaA	Banda_de_llegadas		1	pzaA	AlmSol_pzaA	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaA	AlmSol_pzaA		1	pzaA	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaA	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaA	AlmFre_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0300	inc condefa,1 FREE Oper_Soldadura
				pzaA	AlmSol_pzaA	0.0200	inc conreta,1 MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaA	AlmFre_pzaA		1	pzaA	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaA	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaA	AlmPer_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0300	inc condefa,1 FREE Oper_Fresa
				pzaA	AlmFre_pzaA	0.0200	inc conreta,1 MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaA	AlmPer_pzaA		1	pzaA	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaA	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaA	AlmCor_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0300	inc condefa,1 FREE Oper_Perfilado
				pzaA	AlmPer_pzaA	0.0200	inc conreta,1 MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaA	AlmCor_pzaA		1	pzaA	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaA	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaA	AlmRec_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0300	inc condefa,1 FREE Oper_Corte
				pzaA	AlmCor_pzaA	0.0200	inc conreta,1

							MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaA	AlmRec_pzaA		1	pzaA	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaA	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaA	AlmIns_pzaA	0.9500	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
				pzaA	EXIT	0.0300	inc condefa,1 FREE Oper_Rectificado
				pzaA	AlmRec_pzaA	0.0200	inc conreta,1 MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaA	AlmIns_pzaA		1	pzaA	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaA	Inspección	wait e(tains)	1	pzaA	EXIT	0.9500	INC pza_A, 1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
				pzaA	EXIT	0.0500	inc condefa,1
control	Banda_de_llegadas	wait tiempo stop""					
pzaB	Banda_de_llegadas		1	pzaB	AlmSol_pzaB	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaB	AlmSol_pzaB		1	pzaB	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaB	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaB	AlmFre_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0300	inc condefb,1 FREE Oper_Soldadura
				pzaB	AlmSol_pzaB	0.0200	inc conretb,1 MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaB	AlmFre_pzaB		1	pzaB	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaB	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaB	AlmPer_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0300	inc condefb,1 FREE Oper_Fresa
				pzaB	AlmFre_pzaB	0.0200	inc conretb,1 MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaB	AlmPer_pzaB		1	pzaB	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaB	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaB	AlmCor_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0300	inc condefb,1 FREE Oper_Perfilado
				pzaB	AlmPer_pzaB	0.0200	inc conretb,1 MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaB	AlmCor_pzaB		1	pzaB	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte

pzaB	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaB	AlmRec_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0300	inc condefb,1 FREE Oper_Corte
				pzaB	AlmCor_pzaB	0.0200	inc conretb,1 MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaB	AlmRec_pzaB		1	pzaB	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaB	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaB	AlmIns_pzaB	0.9500	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
				pzaB	EXIT	0.0300	inc condefb,1 FREE Oper_Rectificado
				pzaB	AlmRec_pzaB	0.0200	inc conretb,1 MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaB	AlmIns_pzaB		1	pzaB	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaB	Inspección	wait e(tains)	1	pzaB	EXIT	0.9500	inc pza_B,1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
				pzaB	EXIT	0.0500	inc condefb,1
pzaC	Banda_de_llegadas		1	pzaC	AlmSol_pzaC	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Carga THEN FREE
pzaC	AlmSol_pzaC		1	pzaC	Soldadura	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Soldadura
pzaC	Soldadura	wait e(tasol)	1	pzaC	AlmFre_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0300	inc condefc,1 FREE Oper_Soldadura
				pzaC	AlmSol_pzaC	0.0200	inc conretc,1 MOVE WITH Oper_Soldadura THEN FREE
pzaC	AlmFre_pzaC		1	pzaC	Fresado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Fresa
pzaC	Fresado	wait e(tafre)	1	pzaC	AlmPer_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0300	inc condefc,1 FREE Oper_Fresa
				pzaC	AlmFre_pzaC	0.0200	inc conretc,1 MOVE WITH Oper_Fresa THEN FREE
pzaC	AlmPer_pzaC		1	pzaC	Perfilado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Perfilado
pzaC	Perfilado	wait e(taper)	1	pzaC	AlmCor_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0300	inc condefc,1 FREE Oper_Perfilado

				pzaC	AlmPer_pzaC	0.0200	inc conretc,1 MOVE WITH Oper_Perfilado THEN FREE
pzaC	AlmCor_pzaC		1	pzaC	Corte	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Corte
pzaC	Corte	wait e(tacor) graphic 2	1	pzaC	AlmRec_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0300	inc condefc,1 FREE Oper_Corte
				pzaC	AlmCor_pzaC	0.0200	inc conretc,1 MOVE WITH Oper_Corte THEN FREE
pzaC	AlmRec_pzaC		1	pzaC	Rectificado	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Rectificado
pzaC	Rectificado	wait e(tarec)	1	pzaC	AlmIns_pzaC	0.9500	MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
				pzaC	EXIT	0.0300	inc condefc,1 FREE Oper_Rectificado
				pzaC	AlmRec_pzaC	0.0200	inc conretc,1 MOVE WITH Oper_Rectificado THEN FREE
pzaC	AlmIns_pzaC		1	pzaC	Inspección	FIRST 1	MOVE WITH Oper_Inspeccion THEN FREE
pzaC	Inspección	wait e(tains)	1	pzaC	EXIT	0.9500	inc pza_C,1 inc total,1 if (pza_A >= DemA) and (pza_B >= DemB) and (pza_C >= DemC) then stop
				pzaC	EXIT	0.0500	inc condefc,1

****
* Arrivals *
****

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
control	Banda_de_llegadas	1	0	1		
pzaA	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaB	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	
pzaC	Banda_de_llegadas	1		inf	e(5)	

****
* Variables (global) *
****

ID	Type	Initial value	Stats
Total	Integer	0	Time Series
pza_A	Integer	0	Time Series
pza_B	Integer	0	Time Series
pza_C	Integer	0	Time Series
condefa	Integer	0	Time Series
condefb	Integer	0	Time Series
condefc	Integer	0	Time Series
conreta	Integer	0	Time Series
conretb	Integer	0	Time Series
conretc	Integer	0	Time Series

****

* Macros *

****

ID	Text
tiempo	0
DemA	0
DemB	0
DemC	0
tasol	0
tafre	0
taper	0
tacor	0
tarec	0
tains	0
tbsol	0
tbfre	0
tbper	0
tbcor	0
tbrec	0
tbins	0
tcsol	0
tcfre	0
tcper	0
tccor	0
tcrec	0
tcins	0
opesol	0
opefre	0
opeper	0
opecor	0
operec	0
opeins	0
invsol	0
invfre	0
invper	0
invcor	0
invrec	0
invins	0

ANEXO X. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN EXCEL ETAPA V

```
Private Sub Ejecutar5_Click()
'
'Este macro carga un archivo y los simula, para una vez que se termine regrese
'a Excel
'
'Grabado por Heriberto García Reyes
'
'Declaración de variables
'
  Dim pmObject As ProModel.CProModel
  Dim pmObjectData As ProModel.CProModelDAta
  Dim rdbObject As Object
  Dim StatValue As Single
  Dim Conta As Integer
  Dim conta2 As Integer

Set pmObject = CreateObject("ProModel")
Set rdbObject = CreateObject("RDBDataServer")
'
'Abrir modelo de etapa 4
'
pmObject.LoadModel ("c:\SATD5.mod")
'
'Macros de demanda, tiempo de proceso y tiempo disponible
'
Dim tiempo As Double
Dim tasol As Double
Dim tafre As Double
Dim taper As Double
Dim tacor As Double
Dim tarec As Double
Dim tains As Double
Dim tbsol As Double
Dim tbfre As Double
Dim tbper As Double
Dim tbcor As Double
Dim tbrec As Double
Dim tbins As Double
Dim tcsol As Double
Dim tcfre As Double
Dim tcper As Double
Dim tccor As Double
Dim tcrec As Double
Dim tcins As Double
```

```
Dim DemaA As Integer
Dim DemaB As Integer
Dim DemaC As Integer

Dim opsol As Integer
Dim opfre As Integer
Dim opper As Integer
Dim opcor As Integer
Dim oprec As Integer
Dim opins As Integer

Dim capsol As Integer
Dim capfre As Integer
Dim capper As Integer
Dim capcor As Integer
Dim caprec As Integer
Dim capins As Integer


tiempo = Cells(26, 9).Value
tasol = Cells(10, 7).Value
tafre = Cells(11, 7).Value
taper = Cells(12, 7).Value
tacor = Cells(13, 7).Value
tarec = Cells(14, 7).Value
tains = Cells(15, 7).Value

tbsol = Cells(10, 8).Value
tbfre = Cells(11, 8).Value
tbper = Cells(12, 8).Value
tbcor = Cells(13, 8).Value
tbrec = Cells(14, 8).Value
tbins = Cells(15, 8).Value

tcsol = Cells(10, 9).Value
tcfre = Cells(11, 9).Value
tcper = Cells(12, 9).Value
tccor = Cells(13, 9).Value
tcrec = Cells(14, 9).Value
tcins = Cells(15, 9).Value

DemaA = Cells(22, 7).Value
DemaB = Cells(22, 8).Value
DemaC = Cells(22, 9).Value
```

```
opsol = Cells(10, 12).Value
opfre = Cells(11, 12).Value
opper = Cells(12, 12).Value
opcor = Cells(13, 12).Value
oprec = Cells(14, 12).Value
opins = Cells(15, 12).Value

capsol = Cells(10, 15).Value
capfre = Cells(11, 15).Value
capper = Cells(12, 15).Value
capcor = Cells(13, 15).Value
caprec = Cells(14, 15).Value
capins = Cells(15, 15).Value


pmObject.SetMacro "tiempo", tiempo
pmObject.SetMacro "tasol", tasol
pmObject.SetMacro "tafre", tafre
pmObject.SetMacro "taper", taper
pmObject.SetMacro "tacor", tacor
pmObject.SetMacro "tarec", tarec
pmObject.SetMacro "tains", tains

pmObject.SetMacro "tbsol", tbsol
pmObject.SetMacro "tbfre", tbfre
pmObject.SetMacro "tbper", tbper
pmObject.SetMacro "tbcor", tbcor
pmObject.SetMacro "tbrec", tbrec
pmObject.SetMacro "tbins", tbins

pmObject.SetMacro "tcsol", tcsol
pmObject.SetMacro "tcfre", tcfre
pmObject.SetMacro "tcper", tcper
pmObject.SetMacro "tccor", tccor
pmObject.SetMacro "tcrec", tcrec
pmObject.SetMacro "tcins", tcins

pmObject.SetMacro "DemA", DemaA
pmObject.SetMacro "DemB", DemaB
pmObject.SetMacro "DemC", DemaC

pmObject.SetMacro "opesol", opsol
pmObject.SetMacro "opefre", opfre
pmObject.SetMacro "opeper", opper
pmObject.SetMacro "opecor", opcor
pmObject.SetMacro "operec", oprec
```

```
pmObject.SetMacro "opeins", opins

pmObject.SetMacro "invsol", capsol
pmObject.SetMacro "invfre", capfre
pmObject.SetMacro "invper", capper
pmObject.SetMacro "invcor", capcor
pmObject.SetMacro "invrec", caprec
pmObject.SetMacro "invins", capins

pmObject.Save
pmObject.Simulate
'
'Evitar el mensaje de ver resultados
'
Do
ProModelStatus = pmObject.GetStatus
DoEvents
Loop Until ProModelStatus = 8 Or ProModelStatus = 7
DoEvents

SendKeys "+{n},true"
DoEvents
Application.ScreenUpdating = False
'
'Apertura de archivo de resultados
'
rdbObject.OpenFile ("c:\program files\promodel\output\SATD5.rdb")
'
'Utilización de los equipos
'
For Conta = 1 To 4
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu5").Cells(5 + Conta, 3).Value = StatValue
  End If
Next Conta

If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, 8) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu5").Cells(10, 3).Value = StatValue
  End If
'
'Utilización de los operadores
'
For Conta = 5 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 8, Conta) Then
```

```
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu5").Cells(Conta + 1, 6).Value = StatValue
  End If
Next Conta

 conta2 = 1
For Conta = 1 To 7
   If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 4, 8, conta2) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu5").Cells(7 + Conta, 6).Value = StatValue
  End If
  conta2 = conta2 + 1 + Cells(9 + Conta, 12).Value
Next Conta
'
'Tiempo promedio en el sistema
'
For Conta = 1 To 3
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 3, Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu5").Cells(4 + Conta, 9).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Tiempo efectivo en operación
'
For Conta = 1 To 3
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 7, 6, Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu5").Cells(8 + Conta, 9).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza A
'
For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 15 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu5").Cells(19, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 15 + Conta) Then
   StatValue = rdbObject.GetValue
   Sheets("Resu5").Cells(20, 3 + Conta).Value = StatValue
  End If
```

```
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(21, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza B
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(22, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(23, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(24, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Información de inventarios pieza C
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 6, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(25, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 5, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(26, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
```

```
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(27, 3 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Total de piezas producidas
'
For Conta = 2 To 4
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 1, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(34 + Conta, 4).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Inventarios en proceso
'
For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 9 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(44, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 15 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(43, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta

For Conta = 1 To 6
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 1, 7, 21 + Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
  Sheets("Resu5").Cells(45, 2 + Conta).Value = StatValue
 End If
Next Conta
'
'Niveles de defectos
'
For Conta = 5 To 7
 If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 5, Conta) Then
  StatValue = rdbObject.GetValue
```

```
    Sheets("Resu5").Cells(45 + Conta, 3).Value = StatValue
  End If
Next Conta
'
'Niveles de retrabajo
'
For Conta = 8 To 10
  If rdbObject.SelectData(1, 1, 1, 9, 5, Conta) Then
    StatValue = rdbObject.GetValue
    Sheets("Resu5").Cells(42 + Conta, 6).Value = StatValue
  End If
Next Conta

rdbObject.CloseFile

AppActivate "Microsoft Excel"
Sheets("Resu5").Activate
ThisWorkbook.CustomViews("res51").Show
pmObject.Quit
Set pmObject = Nothing
Set pmObjectData = Nothing

End Sub
```