



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ACATLÁN"

ELEMENTOS BÁSICOS DE PROMODEL

TESINA
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ACTUARÍA
PRESENTA
MARÍA DE JESÚS VILLEGAS PADILLA

Asesor: MTRA. MARÍA DEL CARMEN GONZÁLEZ VIDEGARAY

JULIO 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi madre,

A mi hermano,

A mi abuelo.

Agradecimientos

El agradecer se inscribe en la lógica de la gracia, y por tanto en la del pedir y recibir. Por mí parte tengo mucho que agradecer, puesto que he recibido mucho, por supuesto uno nunca se cansa de pedir, pero siendo honesta aunque no tengo todo lo que quiero – como todo ser humano – tengo todo y más de lo que necesito. Este apartado de agradecimientos, quiero aprovecharlo, primeramente para agradecer a Dios, por la vida, por la salud y por permitirme concluir mediante este trabajo esta hermosa etapa de mi vida, como lo fue estudiar la carrera de Actuaría y también lo aprovecho para hacerles notar cuán importantes son para mí y lo serán durante toda mi vida las personas con las que he convivido, con las que me he formado.

A mi madre, no creo que haya nada, ningún logro ni ninguna meta cumplida en la que no le agradezca a ella antes que a nadie, pues es la persona que me dio la vida y el sustento y la que más se ha sacrificado por mí; el logro de terminar esta carrera es en gran medida el logro de ella misma. A mi hermano y a mi abuelo a quienes extraño y añoro. A mi primo Daniel que ha sabido hacerme desquiciar en infinidad de ocasiones pero a quien quiero como un hermano, porque es mi hermano, a mis primos Eduardo y Ricardo y a su madre, quien en mi tía, Marthita como diría mi sobrino José, a quien también debo de agradecerle pues el verlo me hace evocar recuerdos de niñez y me hace sentir una inmensa alegría cuando lo veo reír o cuando le veo hacer alguna gracia de

niño. Un agradecimiento especial a las personas con las que pasé la mayor parte del tiempo durante la universidad, mis amigos: Irene, Chucho, Erika, Leti, Carlos, Hugo, Ramoncito, y todos con los que conviví de una u otra manera en el transcurso de las clases y los recesos, los trabajos en equipo, los exámenes para llevar, horas dízque de estudio en la biblioteca y demás momentos que pasamos en esos, para mí maravillosos, años de universidad. A todos mis profesores de la carrera, en especial a la asesora de este trabajo, la profesora María del Carmen González Videgaray quien me apoyo y estuvo al tanto de mis dudas y también quiero agradecer, aunque seguramente él no me recuerde, al profesor Domingo Vite, mi profesor de Cálculo I y II pues creo que con él se sentaron en mí las bases de la carrera, aprendí que no importa si pones dibujitos en las tareas o haces el examen en hojas de colores (aunque nunca lo hice pero hubo quienes sí), lo único que importa es el razonamiento del problema y la solución; aprendí que no importaba sacar diez, lo importante era aprender. Finalmente doy gracias a esta maravillosa institución que no me cansaré de elogiar por ser lo que es y darme la oportunidad de convertirme en lo que soy.

Agradecer es una acción que cierra un ciclo y antes de cerrar éste, quiero agradecer a la persona que me abrió a uno nuevo, que cree en mí y asegura que mis ideas abrazan al mundo, a César, quien es la brújula de mis caminos, y no lo digo solamente en el sentido metafórico, sino también de forma literal.

Índice

Introducción.....	7
I. Introducción a ProModel	
1.1 Breve recorrido antes de instalar.....	15
1.2 Instalación del programa	16
1.3 Pantalla inicial de ProModel para estudiantes.....	18
II. Menús principales	
2.1 La barra del menú	20
2.2.1 Menú File.....	21
2.2.2 Menú Edit	24
2.2.3 Menú View.....	27
2.2.4 Menú Window.....	31
2.2.5 Menú Help.....	32
III. Previo a crear un modelo	
3.1 Razonamiento para crear un modelo	33
3.2 La elección de la distribución óptima.....	37
3.2.1 Stat Fit.....	37
3.2.2 Stat Graphics.....	45
IV. Construcción del modelo.	
4.1 El menú Build	47
4.1.1 Locations	47

4.1.2 Entities.....	53
4.1.3 Recursos	55
4.1.3.1 Recursos estáticos y dinámicos	56
4.1.3.2 Recursos con múltiples gráficos.....	58
4.1.3.3 Recursos programados	58
4.1.4 Path networkz.....	59
4.1.5 Procesos	63
4.1.6 Arrivals	66
4.1.6.1 Llegadas independientes.....	69
4.1.6.2 Ciclos de llegadas	71
4.2 El Logic Builder	74
V. Ejecución y resultados	
5.1 Corriendo el programa	79
5.2 Resultados y gráficas	86
5.2.1 La creación de un reporte.....	93
5.2.2 La creación de los gráficos.....	101
ANEXO Ejemplos	106
Conclusiones.....	118
Bibliografía.....	121

Introducción

Las primeras referencias sobre Simulación se encuentran hacia el año 1940, cuando Von Neumann y Ullman trabajaron sobre la simulación del flujo de neutrones para la construcción de la bomba atómica en el proyecto “Monte Carlo”. Desde entonces se conocían las técnicas de simulación como procesos Monte Carlo. También se realizó un proceso de simulación para el proyecto APOLLO dentro del plan espacial de la N.A.S.A, acerca del movimiento dentro de la atmósfera de la luna.

Actualmente, la simulación es una poderosa técnica para la resolución de problemas. Sus orígenes están en la teoría de muestreo estadístico y análisis de sistemas físicos probabilísticas complejos. El aspecto común de ambos es el uso de números y muestras aleatorias para aproximar soluciones. Una de las más famosas aplicaciones de muestras aleatorias, ocurre durante la segunda guerra mundial, cuando la Simulación se utilizó para estudiar el flujo de neutrones dentro del desarrollo de la bomba atómica. Esta investigación era secreta y le dieron un nombre en código: Monte Carlo. Actualmente el término métodos Monte Carlo, se refiere a una rama de las matemáticas experimentales que trata con experimentos de números aleatorios.

La simulación se apoya en la rapidez para llevarse a cabo mediante el uso de computadoras, de no existir estos aparatos modernos, el desarrollo de la Simulación difícilmente hubiera prosperado tanto en los últimos años. Las

computadoras utilizan técnicas para imitar el comportamiento de sistemas del mundo real, a menudo se hace una serie de suposiciones acerca de cómo trabajan los sistemas y estas suposiciones toman la forma de relaciones matemáticas o lógicas, que constituirán el modelo que va a ser usado para intentar comprender el comportamiento del sistema correspondiente. Si las relaciones que componen el modelo son suficientemente simples, es posible usar métodos matemáticos (tales como álgebra, cálculo o teoría de la probabilidad) para obtener una información exacta de las cuestiones de interés; a esto se le llama solución analítica. Sin embargo, la mayoría de los sistemas del mundo real son demasiado complejos y normalmente los modelos “realistas” de los mismos, no pueden evaluarse analíticamente, y es cuando entra en juego los modelos de simulación¹.

Un **sistema** se define como una colección de entidades (por ejemplo, personas, máquinas) que actúan e interactúan juntas para lograr un fin común. Asimismo, puede ser definido con un conjunto de variables necesarias para describir el sistema en un punto particular de tiempo, relativo a los objetivos del estudio.

Los sistemas se pueden clasificar en dos tipos, *discretos* y *continuos*. Un *sistema discreto* es aquel en el que las variables cambian en puntos separados en el tiempo. Un *sistema continuo* es aquel en el que las variables cambian continuamente con respecto al tiempo. En la práctica muchos sistemas no son completamente discretos o continuos, usualmente es posible clasificarlos en base al tipo de cambios que predominen en el mismo o se intenta hacer discreto para mayor facilidad.

La **Simulación** podemos definirla como “la técnica de resolución de problemas siguiendo en el tiempo los cambios de un modelo de un sistema”², o como “el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con dicho modelo con el propósito de comprender el funcionamiento del sistema o

¹ GONZALEZ VIDEGARAY, MARÍA DEL CARMEN “Modelos y Simulación” UNAM, México 1998.

² GORDON, GEOFREY. “Modeling and Simulation”, Prentice Hall, USA 1978.

de evaluar diferentes estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o conjunto de criterios) para la operación del sistema³ para este último autor, simulación incluye tanto la modelización como el uso del modelo para estudiar el sistema. Otra posible definición es entender la simulación como “el proceso de diseñar un modelo matemático o lógico de un sistema real y realizar una serie de experimentos con el ordenador sobre él para describir, explicar y predecir el comportamiento del sistema real” (Naylor y otros).

Por **modelo** entendemos la representación de un sistema, desarrollado con el propósito de estudiar dicho sistema. Los modelos deben contener sólo los aspectos esenciales del sistema real que representan. Aquellos aspectos del sistema que no contribuyen significativamente en su comportamiento no se deben incluir, ya que lo que harían sería obscurecer las relaciones entre las entradas y las salidas.

Características que deben presentar los modelos:

- Deben ser fáciles de entender y manejar.
- Deben ser simples y de costo no excesivo.
- Deben ser una buena aproximación del sistema real, que controle el mayor número posible de aspectos del mismo y que éstos contribuyan de forma significativa al sistema (hay relaciones en el sistema que no son significativas y pueden obviarse en el modelo).

Entre las múltiples aplicaciones de la Simulación destacan las siguientes:

Experimentación: Hay dos situaciones que requieren un modelo, cuando la experimentación directa sobre el sistema real es muy costosa o imposible; la otra es la del diseño de un nuevo sistema, así el modelo puede ir modificándose fácilmente hasta obtener el comportamiento deseado.

³ SHANNON, R.E. (1975) “*Systems Simulation. The art and the science*”, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Predicción: El modelo se puede usar para predecir el comportamiento del objeto real bajo ciertos estímulos. Se puede hacer así una evaluación de diferentes estrategias de acción.

Enseñanza: Se puede utilizar para el adiestramiento, por ejemplo de astronautas o en los juegos de negocios.

Como cualquier técnica que pretenda acercarse al mundo real, presenta ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Pueden describir sistemas que sean muy complejos.
- Pueden ser usados para experimentar con sistemas que todavía no existan, o para experimentar con sistemas existentes sin que éstos se alteren. (Esto también lo pueden hacer los métodos analíticos siempre y cuando el sistema no sea muy complejo).

Desventajas:

- No existe un conjunto de soluciones cerrado.
- Cada cambio en las variables de entrada requiere una solución separada o conjunto de ejecuciones.
- Los modelos de simulación complejos pueden requerir mucho tiempo para construirlos y ejecutarlos.
- Puede resultar difícil establecer la validez del modelo (es decir, la correspondencia con el sistema real).

Ahora queda abierta la pregunta: ¿Cuándo utilizar la simulación? La respuesta que ha parecido más acertada, es cuando se da uno o más de los siguientes casos⁴:

⁴ Íbid.

- No existe una formulación matemática del problema.
- Existe un modelo matemático, pero no métodos analíticos de resolución del mismo.
- Existen el modelo y los métodos, pero los procedimientos son tediosos, por lo que resulta más sencilla y menos costosa la simulación.
- Se desea observar en el tiempo una historia simulada del sistema.
- Se desea experimentar con un modelo antes de construir el sistema.
- Es imposible experimentar sobre el sistema real.
- Puede experimentarse sobre el sistema, pero motivos éticos lo impiden.
- Se quiere observar un sistema de evolución muy lenta, reduciendo la escala del tiempo.

La elección de un lenguaje de programación es importante para la ejecución del modelo, en los últimos años ha habido un creciente número de lenguajes de programación disponibles para la implementación de modelos de simulación, destacando el GPSS (General Purpose Simulation System), SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling), SIMAN (Simulation Analysis), SIMSCRIPT, SAS y ARENA y, por su puesto, el programa del cual se pretende hacer una guía sencilla en su uso en este trabajo, ProModel, que presenta ventajas gráficas y es de fácil entendimiento.

Dentro de la carrera de Actuaría, la Simulación es usada como una herramienta para solucionar problemas, por ejemplo es posible hacer un modelo de simulación para obtener el resultado de una integral compleja y sobre todo es un útil instrumento para probar el “¿Qué pasaría si...?”, esto nos ayuda a entender a un nivel profundo un sistema y mediante la simulación poder prever resultados en el mundo real dadas ciertas circunstancias.

Los principales objetivos de este trabajo son, en primer lugar mostrar el funcionamiento de ProModel y, en segundo, crear en el usuario el interés para adentrarse en el mundo de la simulación, descubriendo y creando nuevos elementos que puedan ser aprovechados en distintos campos.

A fin de cumplir con el primer objetivo, se ha dividido este trabajo de forma práctica y progresiva a manera de que el usuario vaya adentrándose en el uso del software:

Capítulo I

Introducción a ProModel

Se explican los contenidos del programa así como las instrucciones paso a paso la instalación del software. También se aborda la pantalla inicial de ProModel una vez instalado y las características de cada una de las opciones que aparecen.

Dentro del capítulo se encontrarán las figuras que muestran las pantallas de la instalación del programa.

Capítulo II

Menús principales

Se explicaran cada uno de los elementos de la barra principal del programa, el menú File, Edit, View, Window y Help, exceptuando en menú Build al que se le dedica un capítulo entero.

De manera ilustrativa el usuario reconocerá las pantallas del programa que refieren estos menús y los submenús contenidos.

Capítulo III

Previo a crear un modelo

Primeramente se plantea el razonamiento para el desarrollo de un modelo y después la elección de la distribución óptima para los datos que se obtienen a priori a fin de llevar a cabo la simulación,

en este apartado se muestra el uso de Stat::Fit que es un anexo del programa y un apartado de otro programa Stat Graphics que podría resultar de utilidad para el usuario a fin de encontrar la distribución óptima a utilizar dentro del modelo de simulación.

Dentro del capítulo se encontrará el diagrama utilizado más comúnmente para la elaboración de un modelo de simulación así como pantallas ilustrativas que muestran al usuario las ventanas que aparecerán en el programa para definir las distribuciones óptimas de los datos previo a la creación del modelo tanto en el anexo Stat::Fit como en Stat Graphics.

Capítulo IV

Construcción del modelo

En este capítulo se aborda completamente el menú Build, donde se definen todos los elementos para la creación del modelo: locaciones (locations), entidades (entities), recursos (resources), rutas (path network), procesos (process), llegadas (arrivals) y el uso de una herramienta del sistema para definir ecuaciones o distribuciones que es llamada el Logic Builder.

A fin de hacer lo más ilustrativo posible los pasos a seguir dentro de la construcción del modelo se muestran las pantallas principales que el programa presenta dentro del menú Build.

Capítulo V

Ejecución y resultados

Primeramente se analiza la ejecución del modelo dentro del software, las opciones para visualizar los resultados y los elementos que pueden visualizarse mientras el programa se encuentra corriendo. Finalmente se revisan los resultados

mediante otro programa anexo Viewer 3DR, tanto en cuadros como en gráficas.

Dentro del capítulo se encontrarán las pantallas del programa para definir las opciones de la ejecución de la simulación, así como las pantallas de los menús que aparecerán al estar ejecutando el modelo y en el programa Viewer 3DR que es donde aparecerán los resultados.

Anexo

Se muestran dos modelos que ejemplifican paso a paso todos los elementos que conforman un modelo de simulación, en cada paso se muestra de manera grafica la pantalla del software a fin de que el usuario vaya guiándose.

El cumplimiento del segundo objetivo depende en gran parte del interés del usuario y el progreso en el uso del software conforme que vaya avanzando en el mundo de la Simulación.

CAPÍTULO I

Introducción a ProModel

1.1. Breve recorrido antes de instalar

Al abrir el software ProModel desde una PC aparecerá la siguiente pantalla:



Haciendo un recorrido por esta primer pantalla. Encontramos el icono **Install ProModel**, para instalar el programa. Desde esta pantalla también se puede

instalar Acrobat Reader desde **Install Acrobat** si no se cuenta con este programa, pues todos los documentos anexos del software se encuentran en formato PDF. El icono **Success Stories** contiene los beneficios que ha representado para algunas empresas el uso de la simulación. **Services** nos lleva a una página en PDF que explica algunos de los beneficios del uso de la simulación en problemas complejos y nos da las formas para poder comunicarnos con el soporte del software. **Explore disc** que nos dará a conocer todo lo que el software contiene. Además directamente, incluso antes de instalar el programa, podemos ingresar a un tutorial en Power Point, donde se presenta un ejemplo práctico del uso de las locaciones, entidades, llegadas, procesos y recursos que se pueden representar mediante el software para la simulación de un proyecto. Dependiendo de la curiosidad de cada usuario podrá encontrar documentos interesantes dentro de esta primera pantalla, pero por ahora vayamos de una vez al icono **Install** con el que accederemos a la pantalla de bienvenida del programa de instalación.

1.2. Instalación del programa

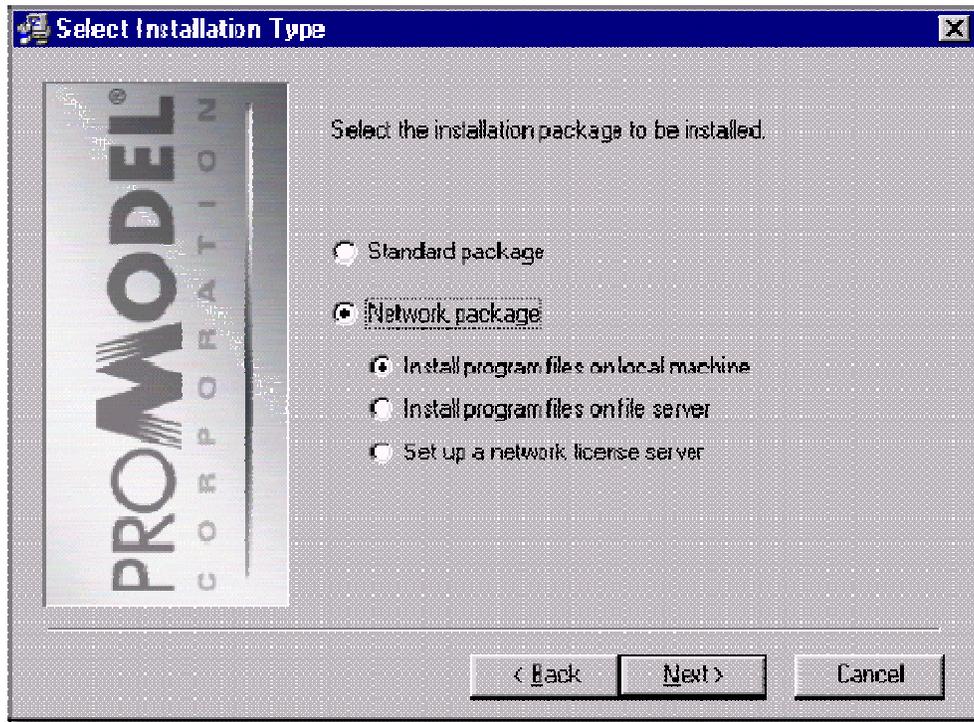
Para la instalación del programa requerimos una PC con Windows 95, 98 o XP que tenga memoria libre de por lo menos 100MB. Una vez que se introduce el disco en la PC se abrirá automáticamente la pantalla de inicio, de no aparecer de manera automática se puede ir al menú de inicio de Windows y seleccionar el comando ejecutar y anotando la dirección **d: install.exe**.

Se da un clic sobre el icono Setup de la pantalla que aparezca.

A la vez que aparezca la pantalla dándote la bienvenida al programa de instalación da clic en **Next**.

En la siguiente pantalla aparecerán los puntos y convenios legales requeridos por el programa. Si estás de acuerdo con ellos, dar clic en el botón **Aceptar**.

Si se desea que la instalación del programa se realice solamente en la computadora selecciona en la pantalla **Standard Package**.



Si se desea instalar en un servidor para que las máquinas conectadas a éste puedan acceder al programa selecciona Network Package y dependiendo de tus necesidades elige entre **Install program files on local machina** o **Install program files on file server** o **Setup a network license server**. Finalmente da clic en **Next**.

En las siguientes pantallas que aparezcan solamente da clic en Next y en la última pantalla para finalizar **Finish**.

Si requieres apagar tu equipo sin que se haya completado la instalación, cuando ingreses de nuevo, automáticamente el programa continuará la instalación las veces necesarias aunque siempre te pedirá la clave del software.

Al finalizar la instalación puedes colocar el icono del programa en tu escritorio o acceder por medio del menú Inicio, Programas, ProModel, ProModel 6, ProModel.

1.3. Pantalla inicial de ProModel para estudiantes



En primera instancia aparecerán en la pantalla las restricciones, si la versión que se instaló es para estudiantes, se da un clic en aceptar y quedará visible la pantalla llamada Shortcut panel – que después de cerrarla puede ser abierta de nuevo desde el menú View – que contiene las siguientes opciones:

Open a model. En un principio al entrar en esta opción aparecerán 4 carpetas las cuales contienen archivos propios del programa en la pantalla de simulación. Para un primer vistazo de lo que es ProModel, sería bueno que el usuario echara mano de su curiosidad y abriera algunos archivos.

Install model package. Carga paquetes ya existentes en el programa a una dirección específica.

Run Demo model. Aparecerá una lista con algunos programas para que el usuario los vea como demostraciones.

www.promodel.com. Conecta inmediatamente con la página web del proveedor.

Sim Runner. Abrirá un programa que ayuda a encontrar óptimos para la simulación. Tomando como base el modelo creado por el usuario encontrará los valores óptimos para que al llevar a cabo la simulación se den los resultados que se desean obtener.

Stat::Fit. Se abrirá un programa que es de gran utilidad para determinar las distribuciones que mejor se acoplarán a nuestro datos, en caso de que trabajemos con datos reales externos, para la elaboración de nuestro modelo de simulación. Este tema también será abordado posteriormente.

CAPÍTULO II

Menús principales

Entendamos por ambiente a todos los elementos que conforman un sistema. En particular, si nos referimos a un modelo de simulación, estaremos hablando de tiempos de llegada, tiempos de espera, servicios, tipo de servios, etc., en ProModel estos elementos son llamados Arrivals, Entities, Proccesing y Locations. La creación del ambiente en este software está completamente contenida en el menú Build al que dedicaremos un capítulo entero más adelante, en este capítulo nos adentraremos en las aplicaciones de cada una de las otras opciones de la barra principal del menú que aparece en el programa.

2.1 La barra del menú

Todas las herramientas necesarias para construir un modelo y realizar su simulación se logra a través de la barra del menú que contiene la siguiente lista de opciones.

File. En esta opción se pueden abrir plantillas para modelos nuevos, guardar los que se están haciendo y juntar dos o más modelos dentro de uno.

Asimismo, también se puede ver de manera textual la versión del modelo y desde aquí se mandan a imprimir el modelo en forma gráfica o textual.

Edit. Contiene opciones de edición del contenido dependiendo de la pantalla con la que se esté trabajando.

View. Desde este menú se controla la apariencia del modelo en la pantalla y se pueden hacer modificaciones respecto a la presentación.

Build. Este menú contiene todos los módulos para la creación y edición de un modelo. Incluye los modelos básicos Locations, Entities, Arrivals y Processing y elementos opcionales como Variables, Attributes, Arrays y Subroutines.

Simulation. Controla la ejecución de un modelo de simulación y pueden definirse parámetros y escenarios.

Output. Crea directamente una pantalla de resultados que el modelo arrojó y puedes ver marcas generadas durante el tiempo de ejecución.

Tools. Contiene varias utilerías como el Graphic Editor para crear y modificar iconos y encontrar y sustituir expresiones dentro del modelo.

Window. Ofrece distintas opciones para ver las ventanas abiertas y acomodarlas de distintas formas.

Help. En este menú encontrarás el índice de todo el contenido del programa y te dará acceso a algunos detalles. También te da la opción de conectarte en línea al sistema de ayuda de ProModel.

2.2.1 Menú File

El menú File es el primero que se encuentra en la barra de menú del programa y se encuentra dividido en cinco secciones por líneas horizontales.

La primera sección llamada File Management consta de cinco opciones a elegir que se describen a continuación.

New. Un modelo nuevo para construir. Si se tiene un modelo abierto mientras y se desea crear uno nuevo, ProModel no permitirá tener dos modelos abiertos al mismo tiempo, por lo tanto preguntará si se desea guardar los cambios al modelo con el que se está trabajando dando la opción de guardar los cambios o de cancelar y seguir en el modelo abierto.

Open. Permite acceder a los modelos existentes en el programa como demos o a los que hayan sido creados anteriormente.

Merge. Mezcla modelos, si se desea crear un modelo en varias secciones se pueden crear las secciones por separado y después juntarlos en uno solo. Dentro de Merge hay dos opciones.

- a) **Merge Model.** Se permite que dos o más modelos independientes completos o incompletos unirse en un solo modelo. Si los modelos comparten los mismos nombres para entidades o llegadas, estos elementos son tratados como comunes en el modelo mezclado.
- b) **Merge Submodel.** Permite de igual manera unir submodelos completos o incompletos en un modelo individual. Al elegir esta opción ProModel pedirá asignar un prefijo o sufijo para el modelo a insertar y cada submodelo trabajará de manera individual.



En la siguiente sección se encuentran las opciones para definir vistas e impresiones.

Save. Este comando permite guardar el modelo con el que se está trabajando, guardando los cambios que le hayas realizado durante el proceso. Si es la primera vez que se guarda pedirá asignarle un nombre con la ruta MOD.

Save as. Se guardará el modelo bajo un nombre diferente si es que anteriormente ya estaba guardado con un nombre y se podrá elegir guardarlo para correrlo en versiones anteriores a ProModel 6.0. Dentro del menú **Tools** en el submenú **Options** el usuario puede determinar el tiempo para que el modelo se esté guardando constantemente.

La segunda sección es donde se encuentran las opciones de ventana para ver la presentación de los modelos.

View Text. Esta opción permite ver de manera textual el desarrollo del proyecto de Simulación, viendo de manera escrita y ordenada las llegadas, las entidades y los procesos creados.

Print Text. Las opciones de Print y Print Layout permiten imprimir el modelo en alguna computadora configurada para Windows y puedes guardar una copia de texto como un archivo en disco eligiendo To Text File y para imprimirle solo selecciona el submenú To Print.

Print Layout. Se puede imprimir el diseño gráfico del modelo incluyendo locaciones, entidades, llegadas, recursos, etc. Al seleccionar esta opción aparecerá el cuadro típico de impresión, e inmediatamente después de dar clic en **OK** aparecerá un cuadro donde se eligen los elementos que se desean incluir en la impresión (Background Color, Background Graphics, Locations, Path Networks, Resources y Variables).

Print Setup. Para imprimir desde una computadora que no esté configurada para Windows, es en esta opción donde se puede hacer fácilmente.

La tercera sección de este primer menú de la barra de herramientas del programa es lo que llamamos Model Packaging y representan una poderosa

herramienta que permite distribuir copias de modelos para ser revisados manteniendo la integridad del modelo.

Create Model Package. Con esta opción se crea una copia de un modelo, introduciendo el nombre del modelo en *Package File*, por defecto ProModel pondrá el modelo que está abierto, pero se puede cambiar con *Browse* y elegir el nombre del modelo del directorio. Para que el paquete se copie sin gráficas debe activarse *Exclude Graphics Library* y para asegurar que el modelo no sea cambiado por otros usuarios activa *Protect Model Data*. Finalmente se da clic en **OK**.

Install Model Package. Se debe seleccionar el modelo que se quiere instalar en *Package File* y en destino la dirección a donde se quiera copiar el archivo. Finalmente dando clic en OK aparecerá un diálogo que permitirá descargar el modelo.

Finalmente las dos últimas secciones del File menú son simples, **Exit** es para salir completamente del programa, eligiendo esta opción antes de guardar cambios en tu modelo, ProModel preguntará si se requiere salvar el modelo y después se podrá salir.

La última Sección es el historial de modelos que han sido abiertos en el programa anteriormente, seleccionando alguno de los enlistados, se puedes acceder directamente a éste o recuperarlo.

2.1.2 Menú Edit

El menú Edit es la segunda opción de la barra de ProModel. Los cambios que se pueden hacer a partir de esta opción al modelo dependen de la ventana que esté activa en el momento de elegirlo.

Si la ventana activa es una tabla de una Locación el menú **Edit** contendrá opciones para insertar, borrar y mover.

Delete. Borra el registro de la tabla.

Insert. Inserta registros por encima del registro que selecciones.

Append. Añade registros al final de la tabla de locaciones.

Move. Marca algún registro para moverlo en una posición diferente pero solamente un registro a la vez.

Move to. Mueve los registros previamente marcados en la tabla por encima del registro seleccionado.

Por otro lado, si la parte del programa activada es un proceso contendrá dos opciones más para copiar y pegar procesos y rutas.¹

Copy Record. Copia todos los campos del registro donde te encuentres para posteriormente pegarlos.

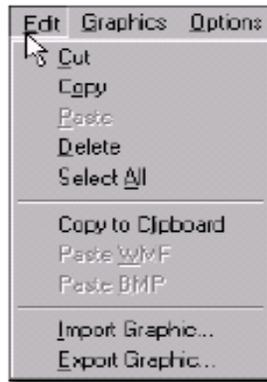
Paste Record. Pega los últimos campos copiados de la opción anterior.

Si está activa la parte de **Notas**, contendrá sólo las opciones **copiar**, **cortar** y **pegar**. Ahora bien, si la parte activada al elegir el menú **Edit** es una ventana del **Logic Builder**– ventana del Menú Build, para elegir tiempos de espera, distribuciones etc., y que más adelante veremos con detalle – en cada una de las operaciones del proceso estará la opción de compilar donde se puede corroborar la sintaxis de la lógica utilizada. Y si ésta es correcta aparecerá el mensaje **Compiled Successfully** (Compilación exitosa), de lo contrario aparecerá una pantalla con el mensaje de Error y mostrará en qué línea se encuentra el error y la opciones de abortar, continuar y editar, si eliges editar podrás imprimir, copiar, pegar y la ventana de ayuda de **Logic Builder**.



¹ Un registro del proceso consiste en todos los campos o elementos dentro de la tabla de Processing así como también las rutas dadas para los procesos.

Finalmente si la ventana activada es **Background Graphics**, que es la ventana que se abre para crear títulos de manera creativa, gráficas, etc., se puedes acceder a ella desde el menú Buid, la barra de menú **Edit** y contendrá tres secciones, la primera es para cortar y pegar como comúnmente lo hacemos y veremos más a detalle la segunda y la tercera sección.



Mientras se encuentre activada la ventana de **Background** los objetos serán copiados de manera interna en ProModel y no podrán pegarse en otras aplicaciones de Windows, para hacerlo será necesario recurrir a **Copy to Clipboard**.

Paste WFM. Es para pegar archivos (WMF) Debes haber copiado previamente en el clipboard de Windows para pegar en ProModel.

Paste BMP. Pega archivos bitmap (BMP) del clipboard de Windows Para pegar previamente debiste haber copiado en el clipboard de Windows los objetos a pegar en ProModel.

Import Graphics. Importa archivos WMF, BMP, PCX o GIF dentro de la ventana de diseño del modelo.

Export Graphics. Exporta gráficos de la ventana de diseño a archivos WMF o BMP.²

² Los archivos con dirección BMP o WFM son del mismo programa ProModel para guardar, importar y exportar.

2.1.3 Menú View

Este menú provee de opciones al usuario para modificar el ambiente del modelo. Generalmente este menú es usado al iniciar un modelo y no forma parte específica de su funcionamiento como tal, sino sólo como apariencia.

Este menú consiste de tres categorías de opciones Switches (cambios), Settings (escenarios) y Commands (comandos).



La primera opción de este menú es para llamar la pantalla que aparece siempre al abrir el programa y que ya vimos con anterioridad en el primer capítulo.

El siguiente bloque de opciones son las que llamaremos switches que se pueden marcar directamente sobre el menú con el clic izquierdo del ratón y aparecerá una paloma cuando la opción esté encendida.

Snap to grid. Marca a los objetos posteriores dibujados o cambiados de posición sobre la plantilla de diseño (Layout). Marcando la parte superior izquierda de la esquina de la gráfica.

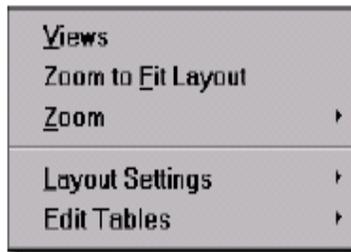
Show grid. Esta opción cuadrícula la plantilla de diseño de la simulación.

Show layout Coordinates. Al mover el cursor sobre la pantalla layout se marcarán las coordenadas en la parte superior izquierda de dicha pantalla.

Show Hidden Networks. Esta opción hace visibles o invisibles las rutas de trabajo (path networks) realizadas en la edición de la simulación. Una ruta de trabajo en la plantilla de diseño, puede ser hecha visible o invisible, seleccionando la opción “invisible” para la ruta en particular mientras se está en Build Path Networks (Ctrl. + N) entrando en la parte superior izquierda marcada como Graphic.

Show Routing Paths. Las rutas (routing paths) pueden ser visibles o invisibles en tiempo en que se corre la simulación así como en el tiempo de la edición. Si está opción no está marcada las rutas sólo serán visibles durante el proceso de edición.

Las opciones siguientes están disponibles en la sección de escenarios del Menú View.



View. Te permite acceder de manera fácil y rápida a áreas específicas del diseño del modelo. Puedes seleccionarla directamente del menú y la pantalla se ajustará en específico a la región determinada sin tomar en cuenta el tamaño de la plantilla total de la simulación. Una vez definida la view (vista ajustada) puedes seleccionarla mientras se edita o se corre la simulación. Expliquemos más a detalle este procedimiento.

Si no tienes definida ninguna vista ajustada debes seguir los siguientes pasos:

Selecciona dentro del menú **View** la opción **Views** mientras editas tu simulación.

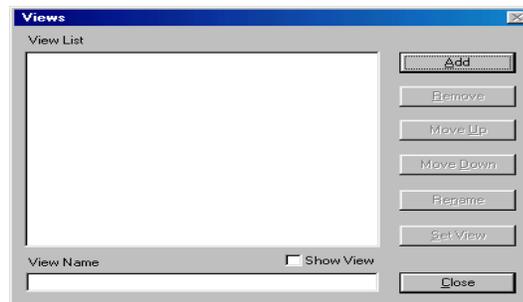
Da un clic en **Define** del menú extendido. Aparecerá una ventana.

Con esta ventana abierta selecciona el área que quiera definir para la vista ajustada directamente en la plantilla de simulación manteniendo presionado el clic derecho.

Entra nuevamente al menú **View** y selecciona con **Zoom** el tamaño de pantalla que quieras ajustar a la región seleccionada.

Teclea el nombre que quiera asignarle a tu vista ajustada en **View name**. Haz clic en botón **Add** para definir en lo posterior la vista ajustada.

El nombre que asignes a cada una de las vistas ajustadas aparecerá directamente en el menú extendido de **View**. Y puedes acceder con el comando **Ctrl+n**, donde n es el número de vista ajustada ordenado en la pantalla anterior. Como nota, las vistas ajustadas no pueden ser definidas mientras se ejecute la simulación. Cuando quieras definir tus ventanas ajustadas aparecerá la siguiente pantalla.



Veamos ahora las funciones para cada botón.

Add. Añade una vista ajustada que previamente debes nombrar bajo View List.

Remove. Borra la vista ajustada de la lista.

Move up. Selecciona una vista ajustada de la lista y si das clic en este botón lo moverá una posición arriba de donde se encontraba originalmente.

Move down. Cambia de posición la vista seleccionada hacia abajo.

Rename. Te permite renombrar las ventanas ajustada bajo View List.

Set View. Coloca el primer nombre de la lista de ventanas a la porción del modelo visible en la plantilla de diseño.

View name. Es en este campo es donde debes colocar el nombre que deseas para ventana ajustada que desees añadir.

Show View. Al marcar este cuadro la ventana seleccionada será mostrada en la plantilla de diseño inmediatamente, incluso antes de cerrar este cuadro de diálogo.

Zoom. Esta opción permite reducir o ampliar la plantilla de diseño en el porcentaje que selecciones, o bien, te permite elegir **Custom zoom** donde puedes poner el porcentaje que tu desees.

Zoom to Fit Layout. Ajusta todos los gráficos de la de simulación en la plantilla de diseño.

Layout Settings. El submenú de Layout Settings para cambios en el color y fuente en la presentación de la simulación. Este submenú posee a su vez tres opciones.

Grid Settings. Permite cambiar de color las líneas de división, principales y secundarias, si tienes seleccionado **Show Grid** del mismo menú View. Así como también la escala en el espacio entre las divisiones principales y las secundarias.

Background color. Esta opción te permitirá cambiar el color de fondo de la plantilla de diseño.

Routing Path Color. Cambia el color de las rutas de los procesos. ProModel te permite 16 colores distintos para el uso en distintas secciones.

Edit Tables. Esta sección es para la fuente y el color de fondo usada en las tablas de las rutas, los procesos, las llegadas, los recursos etc.

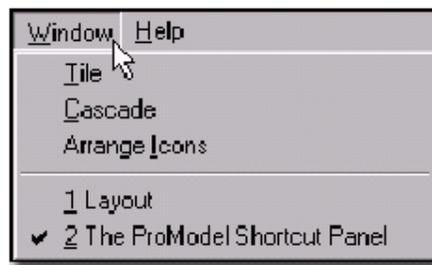
La última sección de este menú es la que llamaremos sección de Comandos y contiene solamente dos opciones que contribuyen al ambiente del modelo.

Refresh Layout. Limpia y redibuja gráficas en la plantilla de diseño.

Reset Windows Position. Provoca que todas las ventanas abiertas regresen a sus posiciones y tamaños originales.³

2.1.4 Menú Window

Este menú te permite reordenar ventanas e iconos así como también activar ventanas con solo dar un clic derecho con el mouse.



Tile. Todas las ventanas abiertas serán distribuidas de manera proporcional en la pantalla. Puede ser que haya demasiado ventanas abiertas y algunas no sean visibles porque otras se encuentran debajo de otras.

Cascade. Todas las ventanas abiertas serán colocadas una tras otra en disposición de cascada, de manera que sólo el título de la ventana será visible.

Arrange Icons. Todos los íconos serán acomodados a lo largo de los botones de la pantalla.

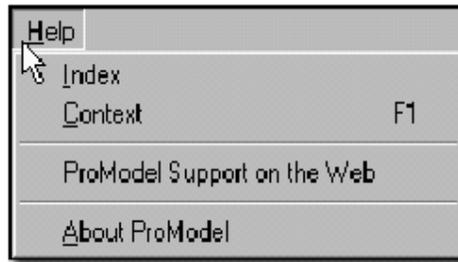
Si quieres regresar a las posiciones originales de tus ventanas selecciona **Reset Window Position** del menú **View**.

Después de Arrange Icons viene desglosada una lista con todas las ventanas abiertas. La ventana que aparece marcada con una paloma es la que se encuentra activa.

³ Usando el clic derecho del ratón directamente en la plantilla de diseño aparecerán varias opciones del menú View.

2.1.5 Menú Help

El menú Help es una herramienta conveniente para encontrar información acerca de las tareas en las que se nos presentan dudas o para el uso de comandos o procesos. Las opciones para este menú son las siguientes:



- **Index.** Aparece la ventana del índice para el programa con todas las opciones de búsqueda.
- **Context.** Abre la ventana del índice para el programa en el tópico de la ventana que se encuentre activa. También se hace directamente con F1.
- **ProModel Support on the Web.** Al seleccionar esta opción automáticamente intentará conectarte a la página web de ProModel.
- **About ProModel.** Aparecerá un mensaje con información sobre el producto.

CAPÍTULO III

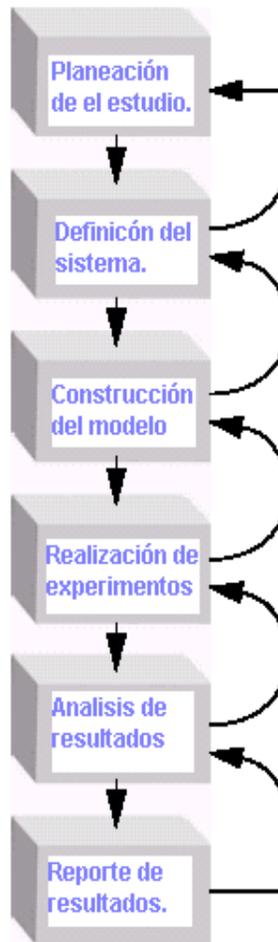
Previo a crear un modelo

La realización de un modelo de simulación requiere de más que solamente conocimientos acerca del uso de un software. Es un proyecto que requiere planear tareas específicas para ser completado. Para que una simulación sea exitosa debe ser planeada conociendo los requerimientos de cada una de las tareas involucradas. Muchas veces los errores resultan de la precipitación al planear cada paso. Un proyecto de simulación requiere de capacidad analítica, estadística, comunicación, organización y destreza. Un modelo debe ser capaz de contener causas y efectos de las relaciones que determinan el diseño de un sistema. Es necesario conocimiento al menos básico en Estadística como apoyo para un correcto análisis e interpretación de resultados.

3.1 Razonamiento para la creación de un modelo

La decisión de llevar a cabo la realización de un modelo de simulación resulta de la idea de que un problema puede resolverse con el diseño de un sistema o la modificación de algún elemento del diseño existente.

Una vez identificado un proyecto como candidato a ser resuelto mediante la simulación. Las decisiones deben ser tomadas de acuerdo a cómo conducir el estudio. No hay reglas estrictas sobre cómo diseñar un proyecto de simulación, sin embargo de cualquier forma, sugerimos los siguientes pasos para una realización adecuada.¹



¹ SHANNON, R.E. (1975) Systems Simulation. The art and the science, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.; GORDON, GEOFFREY (1978). "Modeling and Simulation", Prentice Hall; LAW, A.M.; KELTON, W.D. (2000, 1991, 1982) Simulation Modelling and Analysis, McGraw-Hill, New York.

Cada paso necesita ser completado en su totalidad antes de pasar al siguiente. Cada procedimiento para realizar una simulación debe ser llevado a cabo iterativamente².

- **Planeación del estudio**

Definirse objetivos claros así como las herramientas apropiadas para llevar a cabo la simulación.

Identificar las restricciones para nuestro modelo.

Definir detalles para la simulación tales como el grado de precisión, el alcance, el tipo de experimentos a realizar y la presentación que se les dará a los resultados.

- **Definición de los sistemas**

Identifica causa y efectos de todos los elementos relacionados en el sistema.

Búsqueda del impacto de cada uno de los factores.

Separar las variables de entrada y las variables de salida.

Obtención y organización de datos.

Determinar el tipo de datos que se requieren.

Usar una fuente apropiada para obtenerlos.

Hacer las hipótesis necesarias, tales como el tipo de distribución que siguen.

Convertir los datos obtenidos a una forma útil para el modelo.

- **Construcción del modelo**

² PRITSKER, A.A.B. y PEGDEN, C.D (1979): Introduction to Simulation and SLAM. John Wiley & Sons Inc.

Refinamiento progresivo al modelo. Generalmente el modelo no incluye todos los detalles necesarios antes de correrlo. Por ello debemos refinarlo.

Modelo de verificación. El modelo debe ser depurado para asegurar su eficiencia.

Modelo de validación. La validación es un proceso inductivo para corroborar que el modelo, efectivamente, cumple con los objetivos y arroja resultados razonables.

- **Realización de los experimentos**

El cuarto paso dentro de un estudio de simulación es correr los experimentos dentro del modelo siguiendo el método científico, es decir el diseñador del modelo probará sus hipótesis con los resultados que arroje la simulación, que por supuesto pueden ser aleatorios por contener características aleatorias, por ello el resultado de una simulación individual es una muestra de tamaño 1 por lo que no es representativa. Dentro de ProModel se pueden correr múltiples réplicas del modelo arrojando los resultados de todas las simulaciones.

- **Análisis de los resultados**

Con frecuencia la simulación es acusada de simplificar en exceso la realidad, aún así debemos ser cuidadosos en la precisión y el nivel de confianza estadístico que le damos a nuestro modelo. La meta de realizar una simulación no es solamente para saber como funciona un sistema sino también para darnos una idea, con suficientes elementos, de la forma operativa del sistema y así ser capaces de mejorarlo.

- **Reporte de resultados**

El último paso en un proceso de simulación es hacer recomendaciones para el mejoramiento del sistema actual basándose en los resultados del modelo. La presentación de los resultados puede realizarse incluyendo los datos recabados que se ocuparon para el diseño, el desarrollo del modelo y los resultados finales.

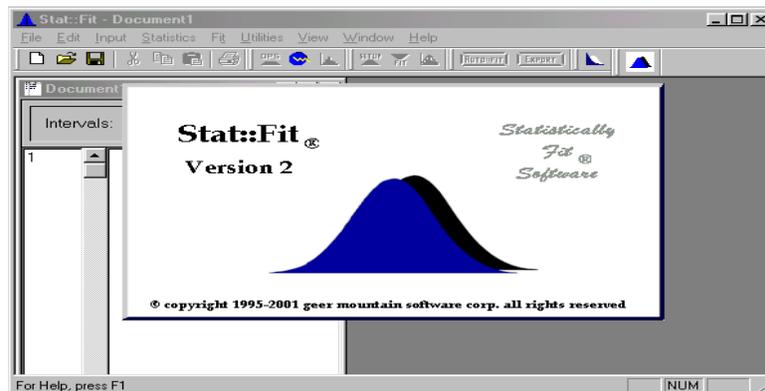
Un proyecto de simulación tiene distintas fases que deben ser entendidas siguiendo un orden de éxitos. La simulación requiere una planeación cuidadosa con metas y expectativas realistas.

3.2 La elección de la distribución óptima

Para poder llevar a cabo un modelo de simulación, antes es necesario contar con evidencia del funcionamiento del sistema que queremos modelar, para esto es preciso obtener datos de una fuente confiable y ajustarlos a nuestro modelo, esto es, encontrar la distribución que mejor se ajuste a nuestro conjunto de datos. Para mayor facilidad se recomienda no utilizarse funciones empíricas, sino buscar una distribución de probabilidad conocida que explique de la mejor manera el comportamiento de nuestro sistema. Existen paquetes estadísticos donde se nos facilita enormemente esta tarea, dentro de ProModel encontraremos Stat Fit cuyo objetivo es precisamente el análisis de los datos y el ajuste de la mejor de distribución. Podemos recurrir también para esta tarea, al paquete Stat Graphics, en uno de sus módulos.

3.2.1 Stat::Fit

Abriendo ProModel, inmediatamente aparecerá la pantalla Shortcut Panel, en ella está la opción de abrir Stat Fit. O bien, dentro del programa, podemos entrar a Tools y dentro de ese menú está la opción de Stat Fit.



Una vez que desaparezca la presentación, estará lista una pantalla numerada donde podremos introducir los datos obtenidos del sistema, éstos pueden ingresarse manualmente o copiándolos desde otro archivo. Si ya se tiene uno dentro se puede abrir como cualquier documento desde File→Open y para guardar es también desde File. En la pantalla observaremos el número de intervalos creados automáticamente por Stat Fit que por defecto elige el mínimo número de intervalos que sea posible, el número de datos totales que introdujimos. Stat Fit tiene predeterminado que se muestren los datos con una precisión de 6 decimales pero se puede cambiar.

El **Menú Input** contiene las siguientes opciones.

Options. Como ya explicamos, aquí podemos cambiar el número de intervalos para nuestros datos, así como también los decimales que queramos que se muestren.

Para cambiar el número de intervalos tenemos 5 opciones.

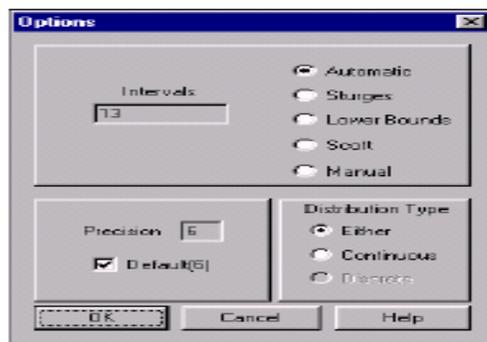
Automatic es la opción que ProModel elige con el criterio del crear el menor número de intervalos posible.

Sturges Sigue una regla empírica de evaluación donde N es el número total de datos y k el número de intervalos.

$$k = 1 + 3.3 \log_{10} N$$

Lower Bounds. Se sigue una fórmula para calcular el número mínimo de intervalos sin perder información.

$$k = (2N)^{1/3}$$



Scott. Usa la densidad de la función de distribución de la normal para la construcción de histogramas mediante la siguiente fórmula

$$k = (N)^{1/3} \left(\frac{\text{max} - \text{min}}{3.5\sigma} \right)$$

Manual. Permite elegir arbitrariamente el número de intervalos con un límite de hasta 1000.

La **precisión** de los datos es el número de decimales que se mostrarán en pantalla y se usarán para cálculos, por defecto, ProModel elige 6 pero puede modificarse pudiendo elegir desde 0 hasta 15.

Distribution Type se refiere al tipo de distribución que se usará para el análisis de los datos pudiendo elegir entre distribuciones discretas, continuas o ambas³.

Operate. Este menú permitirá realizarle operaciones matemáticas a nuestro conjunto de datos, tales como suma, resta, multiplicación, división, así como tenerlos en valor absoluto, redondeados u ordenar los datos ascendente o descendientemente o bien desordenarlos de manera aleatoria.

Transform. Aquí se pueden transformar nuestro datos originales, en sus logaritmos naturales (Ln), logaritmos en base 10 (Log), senos (Sine), cosenos (Cosine), exponenciales (Exp), recíprocos (1/X), raíces cuadradas (Sqrt), elevar los número a una potencia (Power), realiza la diferencia entre el dato n+1 menos n (Difference) y calcula el porcentaje con respecto al total de datos (% Change).

Filter. Este menú te permite seleccionar filtros para ser aplicados a los datos introducidos desechando o solamente identificando los datos que no estén incluidos dentro del filtro seleccionando la opción que desees en Data handing de la ventana que se abre cuando eliges Filter del menú Input.

³ Para mayor información sobre tipos de distribuciones consultar FREUND, JOHN. E. "Estadística Matemática con Aplicaciones", Prentice Hall, 6ta edición, 2000 México (Capítulo 3) y PARZEN, E. "Teoría moderna de la Probabilidad", Limusa Wiley, 1973

Repopulate. Este comando permite al usuario añadir decimales a los números enteros de manera aleatoria, de tal manera que el número redondeado es igual al dato original entero. Se añaden los decimales que el usuario requiera respetando la esencia de la distribución que siguen los datos originales.

Generate. Mediante este comando se generan números aleatorios permitiendo al usuario elegir la distribución que desee para estos datos así como el número de puntos que requiera. Puedes acceder directamente con el icono 

Input Graph. Este menú crea automáticamente el histograma con los datos dentro de los intervalos calculados. Puedes acceder directamente con 

Input data. Si la tabla de datos ha sido cerrada mediante este menú vuelve a ser mostrada.

El **Menú Statistics** contiene las siguientes opciones.

Descriptive. Este comando nos desplegará una ventana con las observaciones estadísticas básicas a cerca de nuestros datos. Como son el total de datos observados, el mínimo, el máximo, la media, la mediana, la moda, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de variación y la kurtosis.

Binned data. Despliega una ventana con todos los datos respecto al histograma. Esta es la muestra de una pantalla al respecto donde se calcula la frecuencia porcentual y la frecuencia de los datos en cada intervalo.

Document1 : Binned Data				
binned data				
data points	100			
precision	6			
continuous relative frequency				
intervals	6			
end points	mid points	density	ascending cumulative	des cending cumulative
0.0887639	0.527684	0.23	0.23	1
0.966603	1.40552	0.33	0.56	0.77
1.84444	2.28336	0.15	0.71	0.44
2.72228	3.1612	0.17	0.88	0.29
3.60012	4.03904	0.07	0.95	0.12
4.47796	4.91688	0.05	1	0.05
5.3558				
continuous frequency				
intervals	6			
end points	mid points	density	ascending cumulative	des cending cumulative
0.0887639	0.527684	23	23	100
0.966603	1.40552	33	56	77
1.84444	2.28336	15	71	44
2.72228	3.1612	17	88	29
3.60012	4.03904	7	95	12
4.47796	4.91688	5	100	5
5.3558				

Independence. Todas las formas para la optimización presuponen que los datos son independientes e idénticamente distribuidos. En Stat Fit se encuentran tres pruebas de independencia.

Scatter plot. Esta gráfica nos permite visualizar los datos, asignando a cada punto el valor (X_{i+1}, X_i) esto de manera repetida para cada uno de los pares de datos adyacentes, si los puntos son dependientes, entonces se verá en esta gráfica. Si los datos no se acumulan de manera predecible, ya sea una recta o una curva, entonces de manera gráfica podemos asegurar que son datos independientes. Ahora bien si previamente agrupamos los datos en orden ascendente, obtendremos una gráfica con datos dependientes.

Autocorrelation. Se presupone que los datos fueron tomados de un proceso estacionario, esto es, que un dato puede parecer igual a otro (estadísticamente) por subconjuntos. Esto implica que el tiempo origen de los datos puede ser cambiado sin afectar las características estadísticas de la serie. Así, la varianza de toda la muestra puede ser usada para un subconjunto. Para una simulación, esto significa desechar los períodos que se “ven igual”⁴. Si los procesos no son estacionarios, el cálculo de la autocorrelación es más complejo.

Run Test. Mediante este comando se realizan dos pruebas diferentes para determinar la aleatoriedad de los datos. El resultado puede ser DON'T REJECTED (No rechazar) la hipótesis de que la serie es aleatoria o REJECTED (rechazar) dicha hipótesis con un nivel de significancia dado.

Ahora veamos cómo se usan los iconos.



Setup Calculation. Mediante este icono podemos elegir las distribuciones que queramos probar para nuestra serie de datos en la pestaña **Distributions**. En la pestaña **Calculations** se calcula en *Estimates* los momentos o los momentos máximos probables, por defecto se calculan estos últimos. En *Test*, elegimos el tipo de prueba para aplicar a los datos pudiendo elegir todas las opciones (Chi cuadrada, Kolmogorov Smirnov “KS” o Anderson

⁴ Simulation Modeling & Analysis, Averill M. Law, W. David Kelton, 1991, McGraw Hill

Darling “AD”) cada opción calcula diferentes posibilidades de ajuste a nuestros datos con métodos distintos. Para una explicación detallada de cada método acudir al pie de página 6.



Data. Accionando este icono, se desplegarán todos los resultados seleccionados para nuestra serie de datos del icono anterior.



Graph Fit. Este icono muestra el histograma para nuestros datos conjuntamente con las distribuciones que elegimos para analizarlos, y gráficamente podemos ver el ajuste para cada distribución.



Con este icono podemos ver directamente qué distribución se ajusta a nuestros datos, eligiendo primeramente el tipo de distribución en el cuadro de diálogo que aparece inmediatamente después de accionar el icono, pues despliega una pantalla que contiene hipervínculos para ver el ajuste de cada una de las distribuciones, sabiendo de antemano cuál distribución no fue rechazada y cuál si lo fue. En el menú Fit, encontraremos la mayor parte de lo que hemos visto mediante iconos desde Setup hasta AutoFit, ya lo hemos explicado, pero falta el submenú **Result Graphics**, donde, la primera opción Fit→ Result Gaphic→ Density, es el icono Graph Fit.

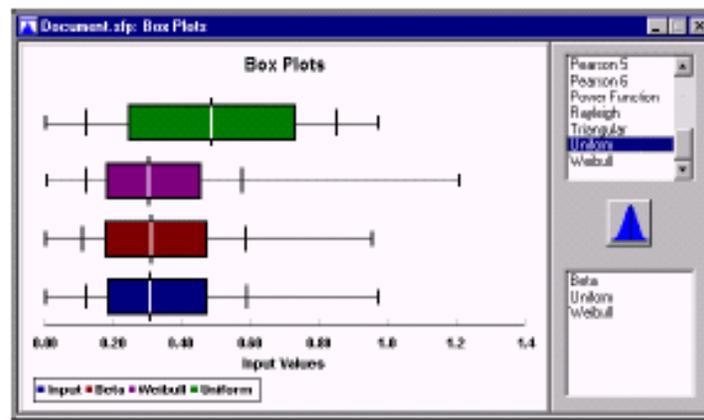
Otro tipo gráficas se pueden seleccionar de los submenús posteriores.

Distributions Graphs. Despliega la gráfica de la función de distribución acumulada para nuestra serie de datos, puede verse la distribución acumulada para cualquier distribución que queramos comparar eligiéndola del cuadro posterior izquierdo. Todas las distribuciones distintas serán marcadas con colores diferentes.

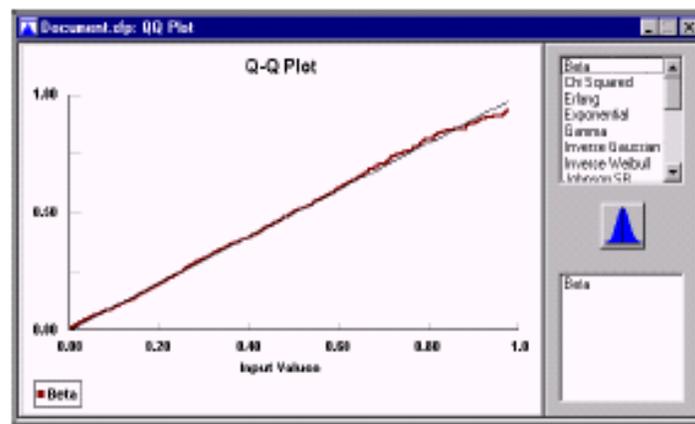
Difference Graph. Se despliega la gráfica de las diferencias del valor acumulador para nuestros datos, es decir, nuestra distribución empírica con el valor que la distribución que elegimos del cuadro de diálogo tenga para ese punto que se ajuste mejor a nuestros datos.

Box plot. Son otra forma de comparar nuestros datos con una distribución. Este tipo de gráficas son particularmente buenas si nos interesa observar los

extremos. La línea al centro representa la mediana. La caja representa los cuarteles, es decir, el 25% y 75%. Las líneas de fuera son los octiles y las líneas de los extremos representan precisamente los extremos de los datos o de la distribución. Una gráfica box plot nos indica de manera rápida el porcentaje de sesgo en un conjunto de datos por la localización de la mediana. Si un lado de la caja dividida por la mediana es mayor que el otro lado implica que los datos tienen sesgo en la dirección más lejana a la mediana.

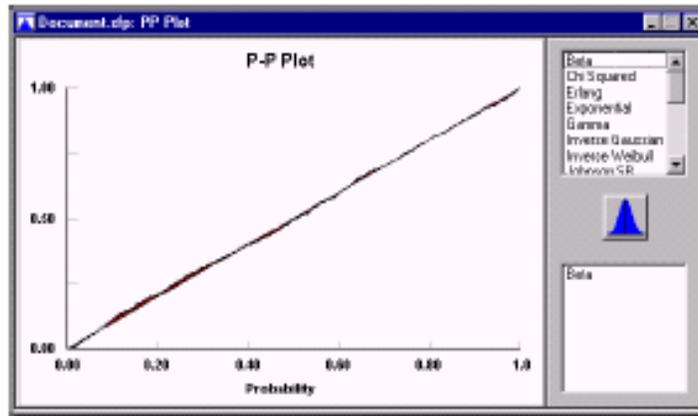


Q-Q Plot. Es la gráfica de los datos ingresados en tabla de datos contra el valor de x que la distribución óptima debe tener con la misma probabilidad de ocurrencia. Esta gráfica es muy sensible respecto a la variación de los datos ingresados en la cola de la distribución. Pueden ser añadidas múltiples distribuciones con fines de compararse.



P-P Plot. Es una gráfica de la probabilidad, en la entrada de datos graficada como la línea recta contra la probabilidad del punto de la distribución

acumulada óptima. Esta gráfica es muy sensible en la variación de los datos centrales. En la misma gráfica pueden ser comparadas simultáneamente varias distribuciones.



El menú Utilites.

Distribution Viewer. Esta opción despliega todas las gráficas de las posibles distribuciones con las que cuenta el programa para utilizarse. El usuario define todos los parámetros y se observa la función de distribución de probabilidad.

Replication. Este comando permite al usuario calcular el número de datos independientes o replicaciones necesarias para dar un rango o intervalo de confianza.

Generate variates file. Genera un archivo con valores aleatorios de alguna distribución electa.

Para terminar con este apartado sobre Stat Fit hablaremos sobre el menú **Graphic Style** que nos será útil para definir el estilo de nuestros gráficos, este menú aparece únicamente cuando la ventana activa es una gráfica. Si el lector tiene curiosidad al respecto, diremos que su uso es de lo más sencillo para definir fuentes, colores, tamaños, etc.

3.2.2 Stat Graphics

Aclaremos que este apartado sobre Stat Graphics, sólo abarcará un pequeño módulo concerniente a la parte de la elección de la distribución óptima para una serie de datos. Esto es para tener más opciones en cuanto a la diversidad de programas que existen para dicha tarea; cabe mencionar que los resultados deben ser los mismos, es decir debe coincidir la distribución óptima en cualquier programa para una misma serie de datos.

Supondremos que ya está instalado el software y sólo se requiere ingresar los datos a priori con los que contamos previamente a la simulación. Estos son los pasos a seguir:

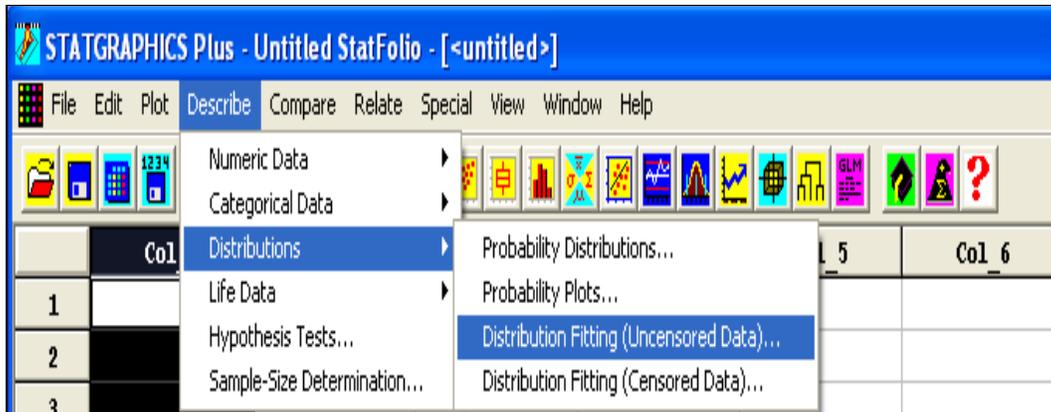
Al abrir el programa aparecerá el **StatWizard** cuyo objetivo es facilitar la selección apropiada del modo de introducción de datos para realizar la tarea que desees llevar a cabo.

Si tus datos están en otro programa, por ejemplo Excel, puedes copiarlos y seleccionar la opción del StatWizard **Analyze Existing Data or Enter New Data**.

Después, seleccionar la opción **In Windows Clipboard** si están copiados de Excel u otro programa, o bien, si desees introducirlos manualmente das clic en la opción **I Want to Enter New Data**.

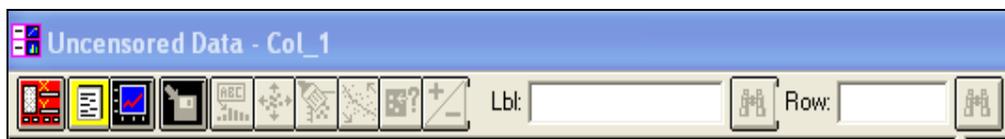
Si elegiste **In Windows Clipboard** puedes seleccionar la opción de que la primer fila copiada sean los nombres para tus variables con **from first row**, o bien hacerlo manualmente con la opción **generate defecto** y dentro del programa das un clic con el botón izquierdo en la parte del título para las variables y a continuación **Modific Colum** donde puedes hacer comentarios respecto a cada variable y elegir el formato para tus datos.

Una vez ingresados los datos entrar en el menú Describe → Distribution → Distribution Fitting (Uncensored data), y en la parte del cuadro que aparecerá seleccionamos el nombre que tiene nuestra serie de datos y damos un clic en la parte de **DATA** y aceptamos.



En el icono amarillo **tabular options** de la parte superior izquierda seleccionamos la opción *Goodness of fit test* que será la pantalla donde aparecerán los resultados de los cálculos para cada probabilidad tales como la prueba de la Chi cuadrada y el P-value estos valores son muy importantes ya que generalmente se selecciona como distribución óptima la distribución de probabilidad con el P-value más alto.

Con el icono **graphical options** el tipo de gráficas que queremos ver para nuestros datos. Seleccionando únicamente el histograma, podremos tener una idea, a grandes rasgos, de qué tipo de distribución convendría a nuestros datos.



Finalmente para observar las distinciones posibles a elegir sólo hay que dar un clic izquierdo en la parte de las gráficas y elegir **Analisy Options** y aparecerá una lista de distribuciones tanto discretas como continuas, sólo se puede seleccionar una a la vez para ir probando. En la pantalla de **Tabular Options** aparecerán los resultados y en la parte final la oración determinando si se puede rechazar o no la idea de que la serie de datos esté explicada mediante la distribución electa con cierto nivel de confianza.

CAPÍTULO IV

Construcción del modelo

4.1 El menú Build

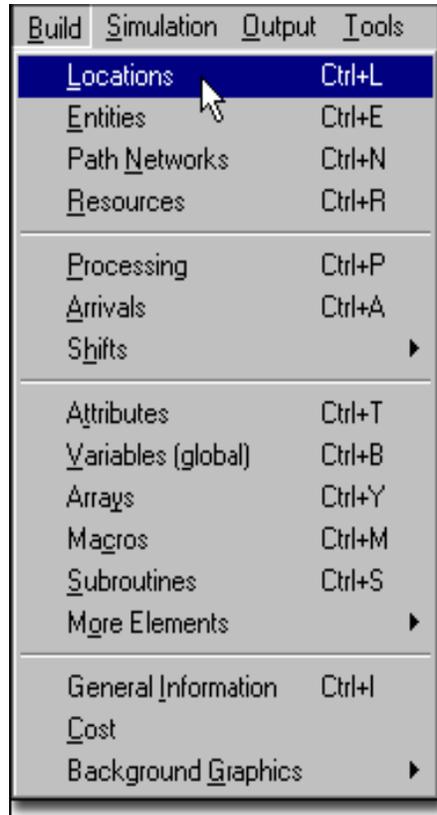
El menú Build es el acceso para modelar todos los elementos que definen, precisamente, la problemática que requiere de un modelo de simulación. A través de este menú se pueden especificar las locaciones, los tipos de entidades, el tiempo de llegadas, los recursos, la secuencia de pasos, procesos lógicos, variables, atributos, arreglos, macros y subrutinas que proveerán de la flexibilidad necesaria a nuestro modelo.

4.1.1 Locations

Las locaciones representan lugares en el sistema donde se ejecuta un proceso o se lleva a cabo una operación y es al lugar donde las entidades son procesadas. Son centros de transacción y procesamiento.

Por ejemplo, si queremos modelar el tiempo de espera en la fila del supermercado, nuestras locaciones (locations) serían, primero la fila en la caja del súper, después al ser atendidos sería la caja y finalmente la salida del

supermercado, asimismo la entidades (entities) serían las personas que se forman.

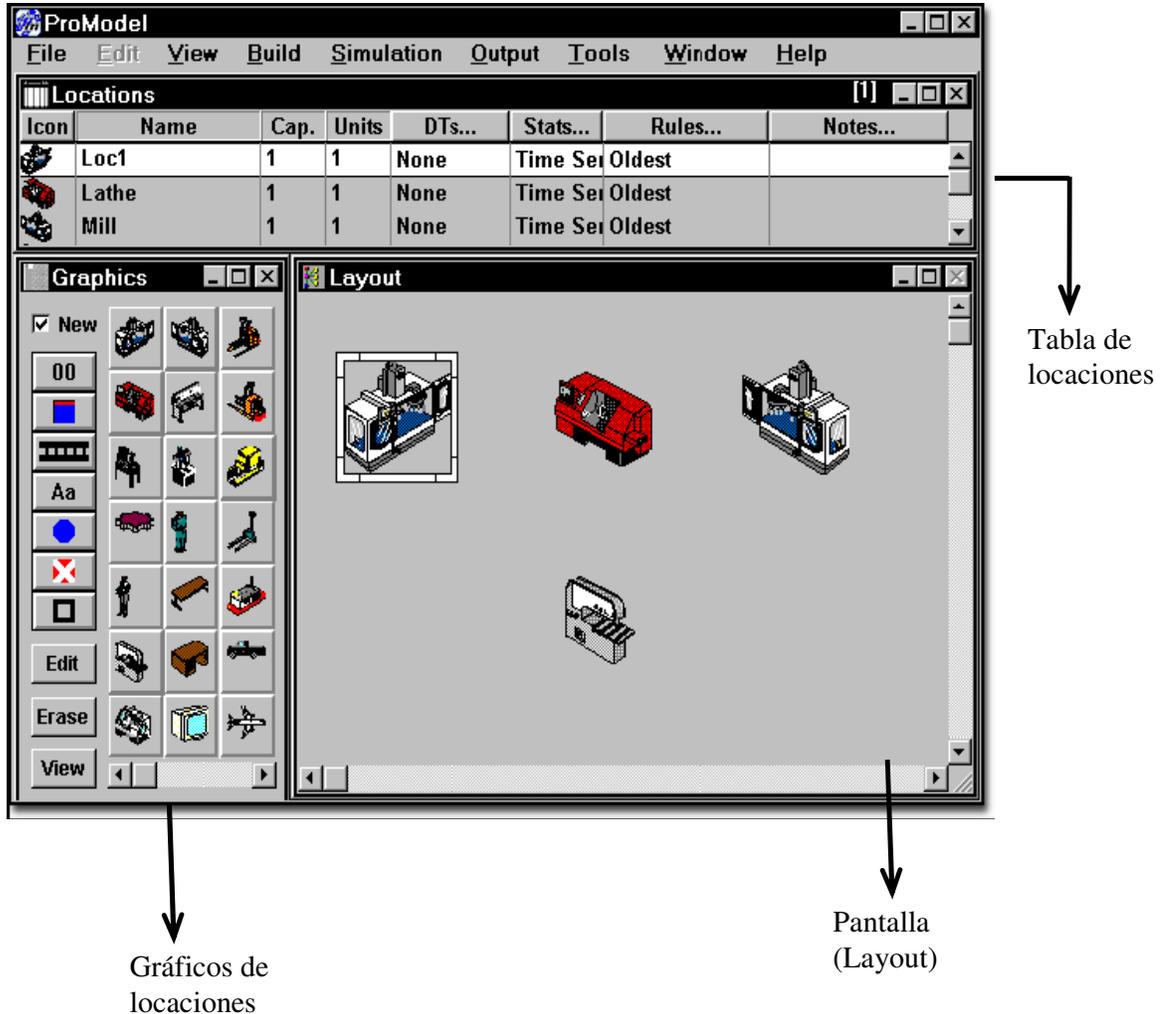


Para crear una locación se ingresa en Build → Locations y aparecerá la pantalla del editor de locaciones, que consiste en tres ventanas: la pantalla de los gráficos de locaciones en la parte posterior izquierda de la pantalla, la tabla de locaciones en la parte superior y la pantalla de diseño (el Layout, que hemos venido viendo) en la parte inferior derecha. Las pantallas son movibles y se pueden cambiar de lugar posicionando el mouse en la parte superior azul de cada ventana.

A cada locación se le asigna un nombre y un número índice que nos indicará la posición en la lista de locaciones.

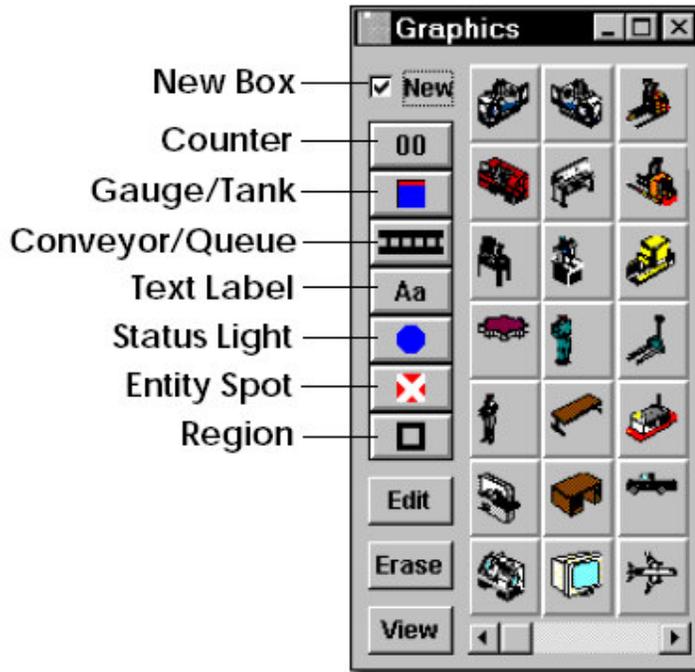
La tabla de Locaciones (location edit table) contiene información a cerca de cada locación dentro del modelo, incluye las características, como capacidad y número de unidades. La ventana de los gráficos de las locaciones es una caja

de herramientas para crear, editar o borrar gráficamente las locaciones. Las locaciones son puestas por el usuario dentro de la pantalla (Layout).



Las características de las locaciones pueden ser modificadas en la Location edit table, que contiene un campo donde se despliega el icono específico de cada locación, si se ocupa más de un gráfico para la locación en la tabla aparecerá el primer, el nombre que puede ser de hasta 80 caracteres, y las especificaciones de otras características como capacidad que se puede definir como INF o INFINITE que representa una capacidad de 999999.

En la pantalla de gráficos para las locaciones aparece este recuadro.

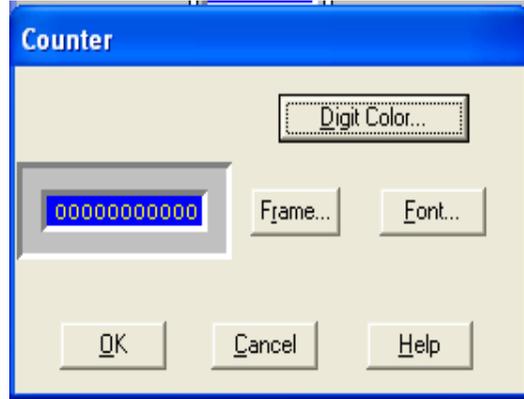


Al activar la casilla New estamos permitiendo que se generen locaciones dentro del programa, si seleccionamos un icono de esta caja podemos arrastrarla a la pantalla de simulación y automáticamente un nuevo registro aparecerá en la tabla de locaciones y desde ahí se podrá cambiar el nombre y características.

Para borrar una locación basta con dar un clic con botón secundario del ratón sobre la pantalla Layout y en el menú Edit seleccionar Delete. Asimismo podemos crear locaciones múltiples e idénticas, solamente indicando el número dentro del editor en el campo **Units**.

Una locación puede tener uno o más de los gráficos seleccionados de la ventana del Gráfico de locaciones (Location Graphic Window).

Counter. Es un contador del número de entidades que están en la locación. Para editar la apariencia del contador, se da un doble clic sobre la plantilla de diseño o bien se la un solo clic y se selecciona la opción **Edit**. La caja de diálogo que aparecerá permite elegir la apariencia del contador gráfico, que mostrará los contenidos de la locación durante la simulación.

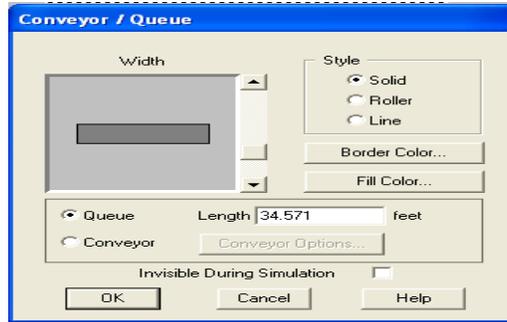


Para cambiar el color del contador, dar un clic sobre el botón **Digit Color**. Para cambiar el fondo y los bordes elegir el botón **Frame** y para cambiar la fuente y el tamaño, se usa el botón **Font**.

Gauge/Tank. Es un indicador que puede colocarse vertical u horizontalmente, y nos muestra el contenido durante la simulación, del porcentaje de capacidad. Al momento que se elige crear un tanque o indicador, instantáneamente, antes de colocarlo sobre la pantalla, ProModel requerirá el tipo de indicador que deseas, (*Gauge or Tank*). Para cambiar la apariencia de este contador, se puede dar doble clic sobre el gráfico, o bien, un solo clic y elegir la opción Edit Graphic, desde la pantalla que aparece se puede elegir, el sentido de llenado del tanque que se requiera, asimismo al activarse las casillas **Show Scale**, se muestra la escala, (1 representa 100%), **No border** elimina el borde del tanque y **con Tank** se puede volver a elegir entre *gauge or tank*.



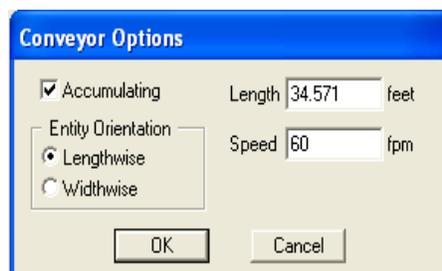
Conveyor Queue. Representa simbólicamente una fila que crea uniones entre las entidades y las locaciones. Con el clic derecho se pueden hacer uniones o borrarlas. Se da un clic sobre la galería de gráficas de la tabla de locaciones y se arrastra a la pantalla. Para editar la apariencia y determinar la gráfica como un transportador o una fila se da un clic sobre el gráfico y se elige el menú editar, o bien un doble clic sobre la gráfica aparecerá el siguiente cuadro.



Dentro de este cuadro podemos elegir, la longitud en el recuadro *Length*, el estilo, si es sólido, tipo escalera o línea. Si se quiere que aparezca con borde, y el color. También puede activarse la casilla *Invisible During Simulation* para que no se vea mientras se ejecuta el programa.

Además podemos elegir entre el Fila y Transportador: Una fila es una locación que imita el movimiento progresivo de una fila de espera, un transportador es una locación que simula el movimiento de entidades, ya sea un transportador que acumula o que no acumula. Las entidades únicamente pueden entrar en el inicio del proceso y salir hasta el final de éste. El límite de la capacidad para el transportador, limita el número de entidades que pueden acceder a él.

Si se elige la opción *Conveyor* (Transportador) además se activará la casilla de **Conveyor Options** donde podrás elegir, la longitud, la rapidez, y la orientación a lo largo o a lo ancho.



Label. En este espacio se coloca el texto para describir la locación. La etiqueta que aparece en primera instancia coincide con el nombre de la locación, y cambia cada vez que se cambia el nombre de la locación en la tabla de locaciones. Tanto el nombre, como el tamaño y color del texto se puede editar, dando un doble clic sobre la etiqueta. Una vez que se edita el texto de la etiqueta, ésta no cambia al cambiarse el nombre de la tabla de locaciones.

Status Light. Un círculo que cambia la locación durante la simulación, muestra el estado de la locación.

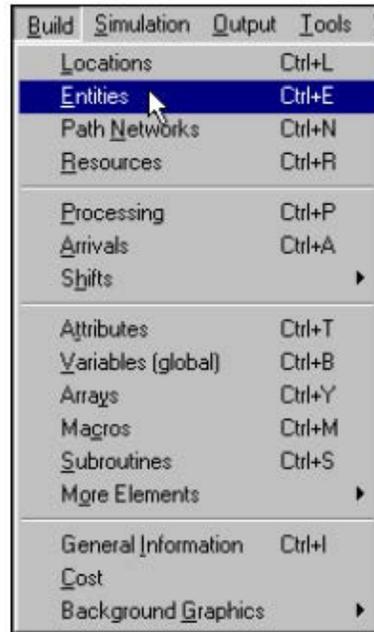
Entity Spot. Un lugar asignado, dentro de la plantilla de diseño, al cual llegan las entidades.

Region. Un límite usado para representar el límite de una locación. Una locación puede ser puesta en la plantilla de diseño importada desde AutoCad. Mediante esta técnica se pueden introducir imágenes importadas como locaciones.

Librery Graphics. Algunas gráficas de locaciones, aparecen en una galería, para cambiar o editar alguno de los gráficos, de la misma manera que en los anteriores, se puede dar doble clic directamente sobre el gráfico, o bien, un clic y elegir el menú Edit, en el cuadro que aparece se nos da la opción de cambiar el icono, la orientación, el color o las dimensiones.

4.1.2 Entities

El modelo procesa entidades; documentos, gente, llamadas telefónicas o productos, deben ser modeladas como entidades. Cada tipo de entidad tiene un nombre y un nombre índice.



Todas las entidades pueden editarse con el Entities Editor o el Editor de Entidades, que consiste en una tabla para definir el nombre y las especificaciones de cada tipo de entidad y de una ventana de gráficos para seleccionar uno o más iconos que representen a cada entidad. Los campos de la tabla de entidades serán explicados a continuación.

Icon	Name	Speed (fpm)	Stats...	Notes...
	Gear	150	Time Series	
	Barrel_top	150	Time Series	
	Box	150	Time Series	

Icon. El gráfico que es usado para representar a la entidad durante la simulación. Las gráficas de entidades son definidas o modificadas usando la ventana Entity Graphics

Name. El nombre que se le asigna a la entidad. Puede contener letras (A-Z) dígitos (0-9) y el símbolo de guión bajo. No puede haber espacios. No se puede

usar un dígito como primer carácter del nombre. Además no se pueden usar como nombres comandos restringidos para el programa.

Speed. Es una entrada opcional y aplica para las entidades que tienen movimiento. Puede ser definida en pies o metros por minuto. Cuando se crea una entidad, por defecto, se asigna el valor de 150 pies por minuto, o bien 50 metros por minuto, que es la velocidad aproximadamente de un ser humano caminando.

Stats. El nivel de detalle estadístico, para cada tipo de entidad: None, Basic, o Time Series. La última opción se selecciona cuando se requiere observar una gráfica de series de tiempo a la salida de la simulación.

Notes. Alguna información extra que se deseará ingresar acerca de la entidad, como el tipo de material o proveedor.

Una entidad posee dos tipos de dimensiones, una lógica (longitud y peso) y una gráfica (horizontal y vertical). La longitud y peso de una entidad son usados para determinar el número de entidades que pueden colocarse en una fila y que no afecten el tamaño del gráfico en la pantalla durante la simulación.

Para editar alguna entidad, se puede ingresar directamente desde Build → Entities y en la gráfica de entidades se elige la opción Edit.

4.1.3 Recursos

Un recurso es una persona, una pieza de un equipo o algún otro dispositivo usado para una o más de las siguientes funciones: transporte de entidades, asistencia en el desarrollo de operaciones sobre las entidades, mantenimiento de las locaciones o también, el mantenimiento de otros recursos.

Los recursos consisten de una o más unidades con características comunes, pueden ser dinámicos, donde los movimientos se dan mediante path networks o estáticos, donde no ocurre movimiento. Todos los recursos poseen un nombre y un número índice que son definidos mediante el editor de recursos, accediendo por el menú Build.

Para crear un recurso se debe ingresar en el menú Build y después en resources, y los recursos que se introduzcan serán definidos mediante el editor de recursos.

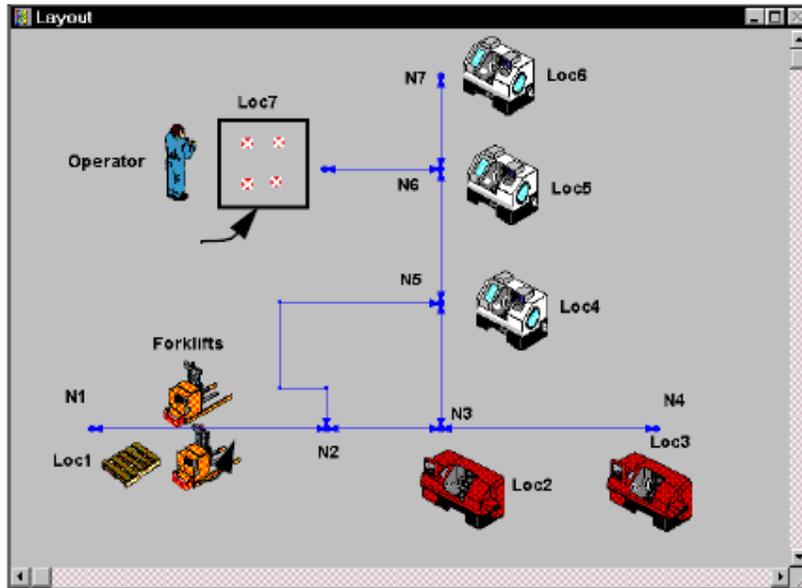
El Editor de recursos consiste en una tabla donde se especifican características y está constituida por dos partes. Una tabla donde aparecerán campos para especificar el nombre de cada recurso y otras especificaciones como las unidades y, si es el caso, el nombre de la path network a la que estaría ligado, dentro del campo Pts. Para designar el icono que representaría el recurso, se accede a la parte gráfica y se lleva a cabo el mismo procedimiento que en los apartados anteriores.



4.1.3.1 Recursos estáticos y dinámicos

Dentro de ProModel existen dos tipos de recursos. En el diagrama que se muestra a continuación, se muestran los dos tipos: por un lado el operador que permanece siempre dentro de su locación revisando cada una de las piezas, representa un recurso estático, mientras que la máquina Forklifts es un recurso

dinámico que transporta las entidades, para lo cual se requiere el uso de path networks.



Los recursos estáticos son los que no tienen asignada una ruta de trabajo dentro del modelo (path network) y por lo tanto no tienen un movimiento visible. Un recurso estático puede ser necesario para realizar una operación únicamente en un lugar, como un operador y aparecer durante toda la simulación en el mismo lugar definido gráficamente. Aunque un recurso estacionario y no tiene un movimiento visible entre locaciones puede ser usado en más de una locación o para mover entidades entre locaciones.

Los recursos dinámicos son aquellos que tienen asignada una ruta y pueden transportar entidades entre locaciones. Es preferible modelar recursos con movimiento a través de una ruta de trabajo (path network) que definida adecuadamente, el recurso viajará a través de la ruta a lo largo de la simulación. Para crear un recurso dinámico solamente se requiere asociarlo a una path network en el **Edit Table** en el campo **Specs**.

4.1.3.2 Recursos con múltiples gráficos

A un recurso dinámico pueden asignársele diferentes gráficos para simular mejor el movimiento de locación a locación, al seleccionar el gráfico que representará el recurso, antes de pasarlo a la pantalla de simulación (Layout) se debe quitar la paloma del recuadro New y aparecerá en la parte inferior campos para nuevos gráficos del mismo recurso.



4.1.3.3 Recursos programados

Podemos definir también un recurso que esté sujeto al tiempo, **Resources Downtime** y se refiere cuando un recurso está supeditado a otros eventos o programado con tiempos y puede definirse mediante Edit Resources dentro del campo DTs, dando un doble clic aparecerán dos opciones: Clock o Usage. Si se elige la primera opción aparecerá la siguiente tabla.

Frequency	First Time	Priority	Scheduled...	List	Node	Logic...	Disable
4 hr	120	99	No	ALL		WAIT 5 min	No

Frequency. La frecuencia se refiere al tiempo entre eventos, y puede ser una constante, una distribución o una expresión modelada mediante el Logic Builder.

First Time. El tiempo del primer acontecimiento que ocurre. Debe dejarse el espacio en blanco si la primer ocurrencia está determinada en el campo de frecuencia.

Priority. La prioridad por defecto aparece como 99, cuando no se establecen prioridades.

Scheduled. Debe seleccionarse YES si el programa de tareas es contado bajo un tiempo. Seleccione NO de no ser así.

List. Se enlistan las unidades que afecta el programa. Si se deja en blanco afectará todas las unidades.

Node. Este campo aplica únicamente a los recursos dinámicos, y define el nodo en el cual el recurso viajará.

Logic. Es la especificación lógica del desarrollo del programa, típicamente se usa la sentencia WAIT.

Para usar la opción Usage, aparece el mismo cuadro pero sin el campo Scheduled.

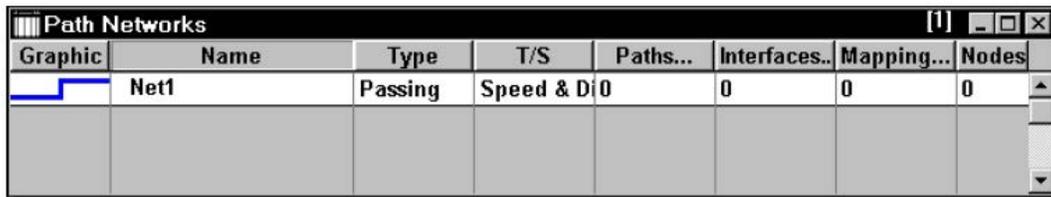
4.1.4 Path Network

Cuando se modelan recursos dinámicos, que viajan entre las locaciones, se utilizan las path networks. Existen dos tipos de path networks: passing y non-passing. El primer tipo es para que las entidades y los recursos del modelo

puedan transitar libremente por las locaciones, y el segundo consiste en un archivo individual o una guía de las path network que no transitan entre locaciones.

Los dos tipos de path network o redes, consisten en nodos que se encuentran conectados por un segmento de ruta. Los segmentos de ruta nos indican el inicio y el final de un nodo que puede ser unidireccional o bidireccional. Múltiples segmentos de ruta pueden ser ordenados y unidos. Las path network y los nodos, se utilizan para definir interfaces en las locaciones.

Para crear una ruta se ingresa al menú Build y posteriormente a Path Network o para modificarla se da un clic derecho en la red existente. De inmediato aparecerá un editor como en el siguiente cuadro.



Graphic	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces..	Mapping...	Nodes
	Net1	Passing	Speed & Di	0	0	0	0

Graphic. Dentro de este icono puede elegirse el color de la ruta tal como aparecerá en la plantilla de diseño, o bien poner la opción de invisibilidad.

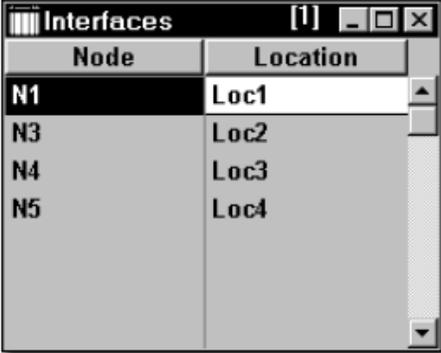
Name. Será el nombre que identifique a la ruta.

Type. Dentro de este campo, puede elegirse la opción Passing o No Passing para determinar si las entidades y/o locaciones viajarán entre locaciones.

T/S. El programa calcula automáticamente el tiempo y la distancia en el trayecto de una locación a otra en base a la distancia en la pantalla de simulación por los “cuadritos” que las separa (Menú View submenú Show to grid). Los tiempos y las distancias pueden ser editados mediante el menú View accediendo en Layout Settings y posteriormente definiendo las escalas de tiempo y distancia entre cada “cuadrado” de la pantalla de simulación.

Paths. El número de segmentos totales de los que estará compuesta la ruta o red, que se va automatizando de acuerdo a lo que se realiza dentro de la pantalla de simulación.

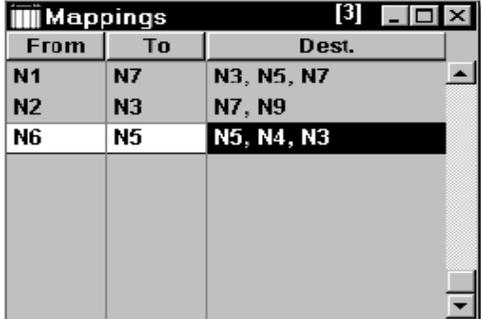
Interfaces. El número de locaciones en las que tendrá interacción la red. Si una entidad debe llegar a una locación para ser procesada o llevar a cabo una parte del proceso, la locación debe ser conectada al nodo mediante una interfaz. Mediante el editor de Interfaces definimos las locaciones. Por ejemplo en el siguiente cuadro se muestra como el nodo N1 está conectado con la locación Loc1 y como el nodo N3 está relacionado con la locación Loc2.



Node	Location
N1	Loc1
N3	Loc2
N4	Loc3
N5	Loc4

Mapping. Si hay múltiples redes que conectan un nodo a otros, por defecto, el programa seleccionará las distancias más cortas con el menor número de nodos.

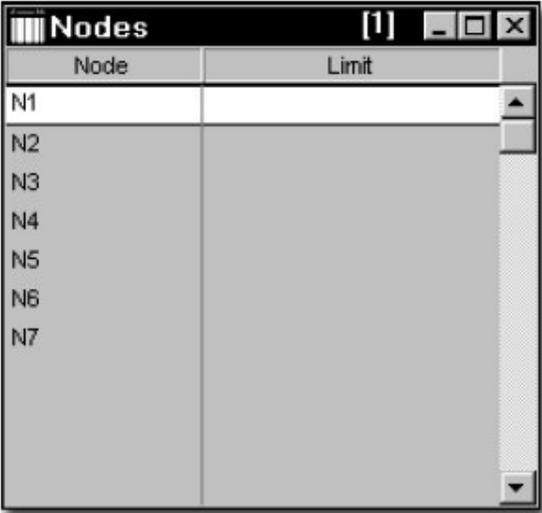
El editor se encuentra en la siguiente figura.



From	To	Dest.
N1	N7	N3, N5, N7
N2	N3	N7, N9
N6	N5	N5, N4, N3

- **From.** Las entidades o recursos saldrán de este nodo y usarán este mapa, para decidir cuál rama será la siguiente en su trayecto.
- **To.** En este campo se especifica el nodo destino al que se quiere que llegue finalmente la entidad o el recurso.
- **Dest.** Usando los nodos que se especifiquen en este campo, la entidad o el recurso, elegirá la ruta más corta y disponible para llegar del nodo especificado en el campo a From al nodo To.

Nodes. En el editor de nodos se muestra la lista de nodos que se han creado, dentro de este editor se puede especificar el límite del número de recursos o entidades que pueden ocupar el nodo dado algún tiempo. Si el campo se encuentra en blanco, significa que no se tiene un límite. Con esto se controla el tráfico sobre la red.



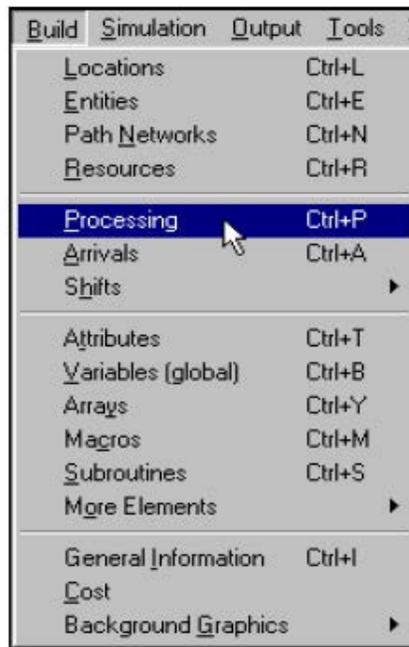
The image shows a window titled "Nodes" with a table containing the following data:

Node	Limit
N1	
N2	
N3	
N4	
N5	
N6	
N7	

4.1.5 Procesos

Los procesos definen la ruta que seguirán las entidades a través de las locaciones. Una vez que las entidades han sido ingresadas al sistema como llegadas (Arrivals) será procesado todo lo que pase con ellas hasta la salida del sistema.

Los procesos se definen mediante el editor de procesos, al cual se accede mediante el menú Build. Primeramente se explicará cómo llevar a cabo un proceso simple, que contenga todas las características que se plantean en el editor de procesos.

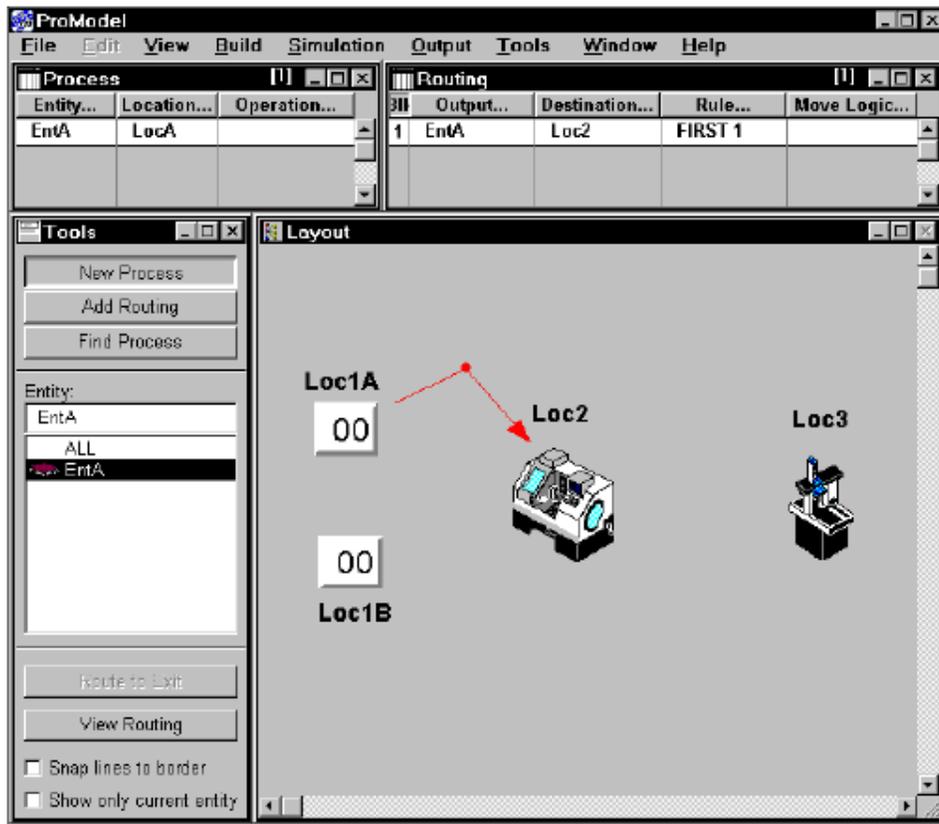


Para definir los procesos gráficamente en ProModel, se requiere de la interacción de cuatro ventanas activas.

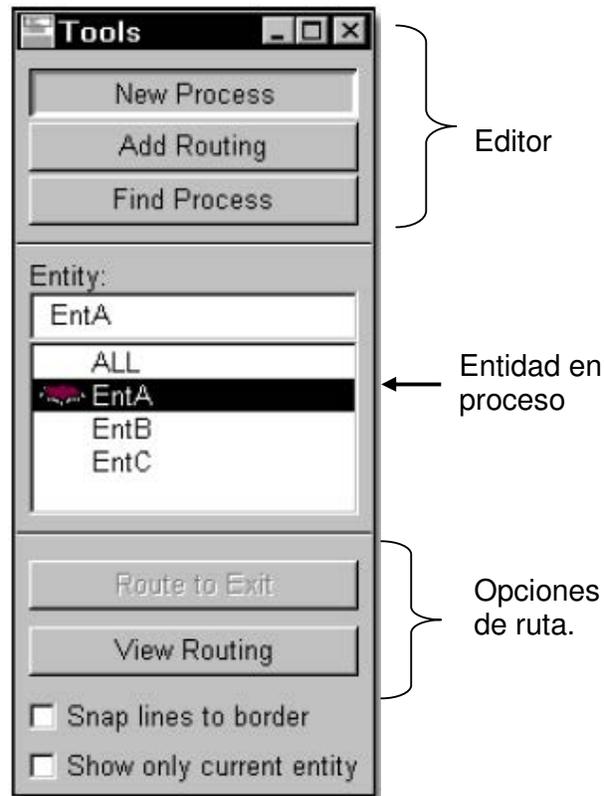
- El editor de procesos.
- El editor de rutas.
- Ventana de herramientas
- Plantilla de diseño.

Para definir el proceso de una entidad mediante las ventanas gráficas deben seguirse los siguientes pasos:

1. Seleccionar la entidad que estará dentro del proceso del campo Entity de la tabla Process. Si todas entran en el mismo proceso seleccionar ALL.
2. Definir la locación en la que la entidad será ingresada en el proceso.
3. En el campo Operation se define mediante el Logic Builder la sentencia u operación del tiempo que estará la entidad en la locación.
4. En Routing se define a donde sale la entidad después de pasar por la primera locación, en el campo Rule, se define con que orden o prioridad pasarán las entidades de esta locación, y mediante Move Logic si habrá algún recurso que se encargue de su traslado.
5. Repetir el proceso para las entidades dentro de las locaciones del modelo.
6. En el proceso final, se señalará en Routing dentro del campo Destination la opción Exit.



La ventana de herramientas contiene gráficos que pueden usarse para definir procesos y rutas. También es usado para definir gráficamente redes que las entidades siguen cuando están en movimiento, sin contar con una path network entre locaciones.



New Process. Es usado para crear un registro de un proceso, que es automáticamente creado por la selección de cada entidad cada vez que se dé un clic sobre la locación. Esta opción podría ser usada si se requiere crear un proceso para una entidad en particular sobre una locación. Se pueden crear múltiples procesos para la misma entidad. Una vez creado el proceso automáticamente se definirá en la ventana del editor de procesos la ruta completa, asignando en Routing el destino de la entidad.

Add Routing. Es usado para crear rutas a partir de un solo proceso. Supongamos que una entidad, puede viajar de una a tres locaciones dependiendo de cuál se encuentre disponible. Seleccionando primeramente

New Process se define la entidad para procesar y la locación de la que provendría y a la cual se dirigirá. Seleccionando después Add Routing se puede definir un destino alternativo dentro de la misma ruta.

Find Process. Se usa para encontrar un proceso previamente creado para una entidad, en cierta locación.

1. Dar un clic sobre el botón Find Process.
2. Dar un clic en la entidad que se está buscando.
3. Dar un clic sobre la plantilla de diseño en la locación deseada. El o los procesos encontrados se iluminarán.

View Routing. Centra la pantalla en los procesos.

Snap Lines to Border. Cuando se activa esta opción, ProModel marca las líneas de las rutas, en la posición específica sobre la gráfica.

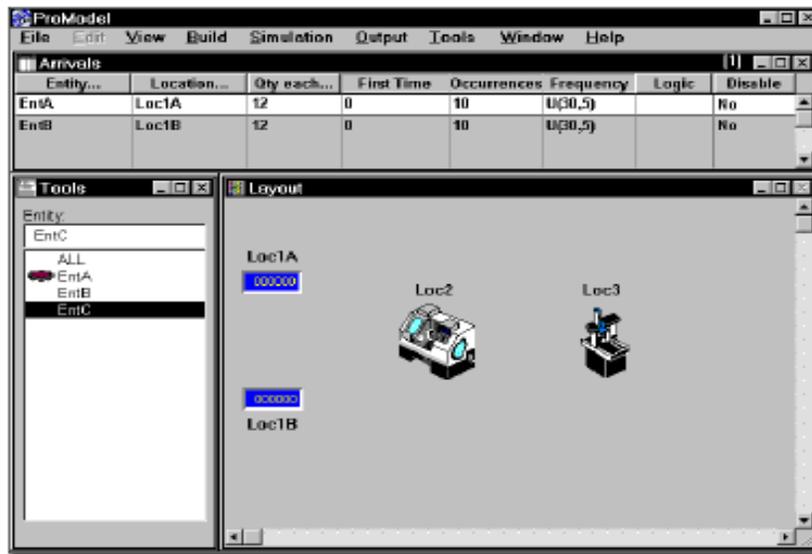
Show only current entity. Al activar esta casilla, únicamente se verán marcadas las rutas asociadas con la entidad que se encontraba señalada al activar esta opción.

4.1.6 Arrivals

Cuando las entidades llegan por primera al sistema, se les conoce como llegadas. El registro de una llegada es definido específicamente con la siguiente información:

- Número de entidades que llegan.
- Frecuencia de las llegadas.
- La locación a la que llegan.
- El tiempo de la primer llegada.
- El total de ocurrencias.

Mediante el editor de llegadas podemos definir estas características, que consiste de tres ventanas. Dentro de la tabla que se encuentra en la parte superior, se establecen las especificaciones de cada llegada al sistema. En la ventana Tools, se encuentran las herramientas para definir gráficamente las llegadas, esta ventana aparece en la parte lateral izquierda de la pantalla. En el Layout (plantilla de diseño) pueden ingresarse las llegadas mediante las opciones de la ventana de herramientas.



Dentro de la tabla superior se encontrarán los siguientes campos:

Entity. Se elige el nombre de la entidad que llega.

Locations. El nombre de la locación a la que llegará la entidad.

Qty each. Dentro de este campo se puede colocar el número de entidades que llegan desde 1 a 999999 o la palabra restringida INF. También dando un clic en la parte superior del campo, podemos elegir un ciclo de llegadas, si éste fue creado previamente (Ver el apartado Arrivals Cycles), o bien dando un clic derecho dentro del campo podemos ingresar una función para explicar las cantidades que llegan.

First Time. En esta opción, se puede definir la primera llegada al modelo, se puede definir si las llegadas están definidas en intervalos, o mediante un ciclo.

Occurrences. El número de veces por simulación que generará llegadas el programa. Usar INF para un número infinito de ocurrencias, con otro número ProModel solamente generará las ocurrencias marcadas durante la simulación.

Frequency. El tiempo entre llegadas. Puede usarse una expresión o usar un ciclo antes generada.

Logic. En este campo se puede definir un tipo de llegada opcional, que consista de una o más sentencias.

Disable. En este campo se anota YES o NO dependiendo si se desea deshabilitar temporalmente la llegada sin borrarla. Esta opción es útil cuando se depura el modelo y para la verificación de los objetivos cuando se requiera seguir una entidad individual a través del sistema.

Si la capacidad de la locación es insuficiente para recibir todas las llegadas de las entidades, el exceso de las entidades es destruido. Por lo que la locación debería tener una capacidad al menos igual a "Qty each".

A continuación se enumeran los pasos para definir una llegada de manera gráfica:

1. Seleccionar del menú Build la opción Arrivals.
2. Seleccionar la entidad de la ventana de herramientas.
3. Dar un clic sobre la locación en pantalla a donde llegará la entidad.
4. Ingresar las especificaciones para el registro de la llegada, tales como cantidad y capacidad.

El registro manual de las llegadas se lleva a cabo directamente mediante el ingreso de los datos en la tabla del editor de llegadas.

4.1.6.1 Llegadas independientes

Una llegada independiente es cualquier llegada asignada, que ocurre en un tiempo específico o en un intervalo fijado. Dentro de las llegadas independientes pueden ser incluidas citas, entrevistas, tiempos de entrega, etc. Al definir las llegadas independientes es importante recordar que en la simulación solamente las puede modelar si están predefinidas, esto significa que deben estar dinámicamente programadas.

Cuando se definen llegadas independientes, se pueden seguir los siguientes caminos:

- Definirlas al paso del tiempo por días o mediante un calendario.
- Asignar las ocurrencias fijando intervalos, por ejemplo entrevistas programadas cada 15 minutos.
- Permitir una compensación ya sea positiva o negativa para ajustar los tiempos de llegada, por ejemplo los entrevistadores deben llegar a lo menos 10 minutos antes de la entrevista.
- Definir una distribución que permita la variabilidad de los ajustes a los tiempos de llegada.
- Definir citas específicas para ciertos recursos o tipos de recursos.

Para definir una llegada independiente, después de acceder a Arrivals del menú Build y definir la entidad se siguen los siguientes pasos.

1. Dentro del campo Qty Each se ingresa el número de entidades que llegan en el tiempo programado. Para modelar las llegadas inciertas, se usa la expresión "Rand (1) + probabilidad de llegada". Por ejemplo si en una agenda de entrevistas, solamente llegan el 90% de las citas, se ingresa "Rand(1)+0.9"
2. Se da un clic en el botón First Time para definir las llegadas independientes y puede definirse una vez iniciada la simulación el

tiempo que se tarda la entidad en llegar al proceso o bien semanalmente o mediante el calendario.

3. Dentro del campo Offset se debe anotar el tiempo de diferencia entre la llegada independiente real y la programada, por ejemplo, si en una agenda de entrevista los entrevistados llegan 10 minutos antes de la cita, se anota un “-10”.
4. Dentro de los campos **Offset** y **Variation** pueden definirse las variaciones y los ajustes de las llegadas mediante el Logic Builder, dando un clic derecho dentro del campo. Se puede usar una distribución triangular o beta para proveer de más realismo a la variación.
5. En el campo de Occurrences se ingresa el número de veces que se repetirá la llegada. Ingresar “1” si solamente ocurrirá en una ocasión.

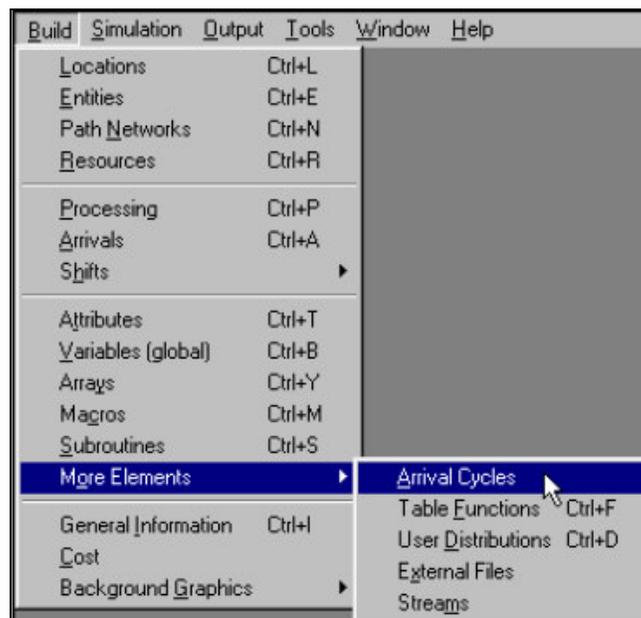
Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
Applicant	Recep_Desk	Rand(1) + .9	0	10	30 Min	Interview	No

6. Si el número de ocurrencias es mayor que cero, se debe ingresar un intervalo de tiempo en el campo Frequency.

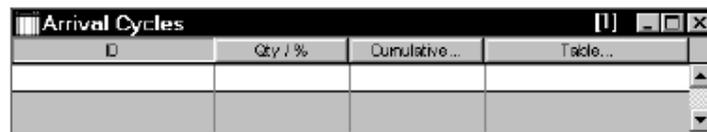
4.1.6.2 Ciclos de Llegadas

Un ciclo de llegadas es un evento de llegadas individuales que ocurren en determinado periodo de tiempo. Un ejemplo es la llegada de clientes a una tienda o las llegadas de camiones en una central. Al inicio del día las llegadas pueden ser escasas, pero a medida que pasa el día, aumenta el número.

Los ciclos de llegada, son definidos mediante el submenú **More Elements** de **Build**, en la opción **Arrival Cycles**.



Los ciclos de llegada serán definidos ingresando al editor de **Arrival Cycles**. Los campos que lo componen se explicarán a continuación.



ID. El nombre que se le dará al ciclo.

Qty / %. Se puede seleccionar porcentaje o cantidad como la base para contar el número total de llegadas que ocurren por ciclo.

Cumulative. Seleccionar YES si se desea que la cantidad o porcentaje de llegadas se evalúe en forma acumulativa, seleccionar NO de lo contrario.

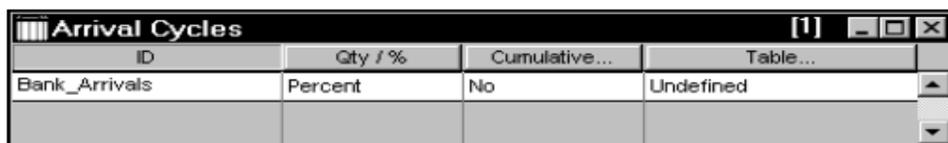
Table. Dando un clic sobre el botón o un doble clic dentro del campo, se abrirá una tabla para especificar los parámetros del ciclo.

En el siguiente ejemplo se muestra más detalladamente el proceso para registrar dentro del sistema un ciclo de llegadas.

Supóngase que modelamos la operación de un banco (o algún otro servicio) y necesitamos especificar las llegadas de los clientes. De datos pasados, sabemos que los clientes llegan a lo largo del día, es decir desde que abre el banco a las 9:00 a.m. hasta que cierra 5:00 p.m. aproximadamente de acuerdo con las siguientes cantidades.

De:	A:	Porcentajes
09:00 a.m.	10:30 a.m.	10
10:30 a.m.	11:30 a.m.	15
11:30 a.m.	1:00 p.m.	30
1:00 p.m.	4:00 p.m.	15
4:00 p.m.	5:00 p.m.	30

Dentro del campo ID colocamos el nombre, con el que se identificará, que llamaremos Bank_Arrivals. Dado que los datos que se nos proporcionan están en términos de porcentajes, seleccionamos la opción Percents como la base del ciclo dentro del campo Qty/%, además como el porcentaje no es acumulativo, especificamos NO en el campo Cumulative.



ID	Qty / %	Cumulative...	Table...
Bank_Arrivals	Percent	No	Undefined

Dando un clic sobre el título del campo Table, se abrirá una tabla para ingresar los datos del ciclo.

Time (Hours)	Qty / %
1.5	10
2.5	15
4.0	30
7.0	15
8.0	30

Al ingresar los datos en la tabla lo hacemos en porcentajes y de manera no acumulativa, de tal suerte, que la suma es el 100%. Ahora bien, el tiempo siempre es acumulativo, así de las 9:00 a.m. a 10:30 a.m. representa una hora y media, de las 10:30 a las 11:30 es una hora más, entonces a la 1.5 hora del principio se le suma uno y nos da 2.5 y así sucesivamente.

El ciclo de llegadas con lo anterior queda definido, y puede ser asignado al registro de llegadas, si en analizando los datos del banco sabemos que el total de números de clientes por día se distribuye como una normal con media 100 y desviación estándar 35 y el número de ocurrencias del ciclo es 20, que son los días de trabajo en mes. La frecuencia en este caso, se referirá al periodo del ciclo o el tiempo entre el inicio de un ciclo y el inicio de otro, que es cada 24 horas, las unidades de tiempo para el campo frecuencia se definen iguales a las del ciclo.

Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
Customer	Dooc	N(1000,35)	0	20	24		No

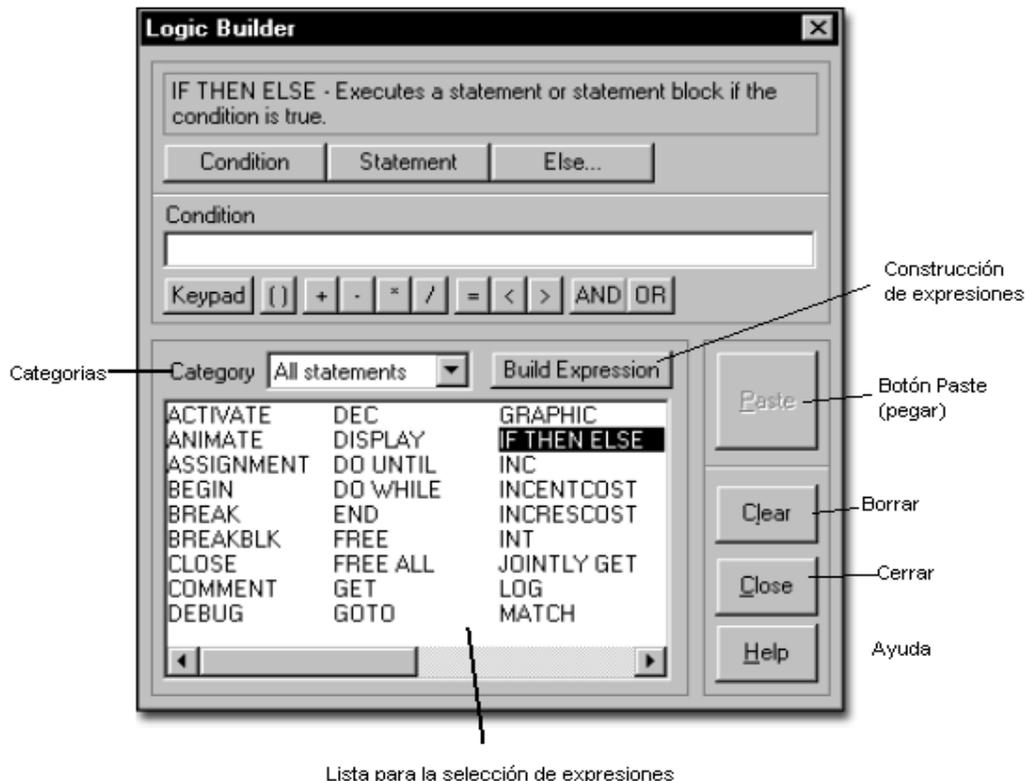
Si no consideramos el ciclo de llegadas, dentro de la simulación se iniciaría con la llegada de clientes sin importar la hora.

Para asignar el ciclo al registro de llegadas, se da un clic dentro del título **Qty Each** y de la ventana que aparezca se elige el nombre del ciclo.

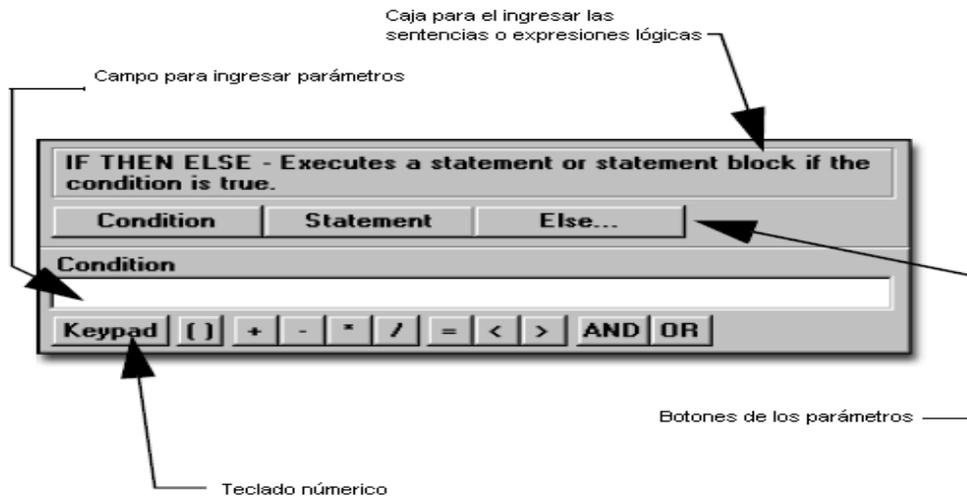
4.2 El Logic Builder

La herramienta Logic Builder, permite crear sentencias o expresiones lógicas mediante su ventana lógica y sus campos.

Cuando el Logic Builder esté abierto, permanecerá así hasta que se le de un clic sobre la opción **Close**, o al cerrar la ventana o tabla de donde fue abierta. Esto permite ingresar múltiples sentencias en la ventana y evita el estar abriendo y cerrando constantemente. El Logic Builder cierra automáticamente una expresión cuando se le da clic en Paste.



Para crear una expresión en el Logic Builder, en las locaciones solamente se permite en el campo de Capacidad, dando un clic izquierdo en el campo en blanco, dentro de las entidades, únicamente dentro del campo, Speed. Dentro del editor de **Path Networks** no existe la opción de construir mediante el Logic Builder, al menos no dentro del editor, solamente en el cuadro **Nodes** que aparece en la parte lateral izquierda en el campo **Limit**. Dentro del menú de Recursos, se puede usar esta herramienta para determinar las unidades y dentro del campo Logic. Dentro de Processing en la parte Operation y Move Logic, es muy útil y en Arrivals en los campos Occurrences, Frequency y Logic mediante el icono del martillo.



Los llamados “botones para los parámetros” nos permiten controlar la entrada de los parámetros, las sentencias o las expresiones. Los parámetros pueden ser expresiones lógicas o funciones. Estos botones únicamente aparecen cuando los parámetros pueden ser requeridos para una sentencia y pueden variar dependiendo del tipo de función que queramos ingresar en nuestro modelo. El campo para ingresar parámetros permite formular o editar supuestos sobre el modelo. El Keypad despliega un teclado numérico.



Además contiene una sección de botones para insertar operaciones lógicas y otras puntuaciones en los campos. Al dar clic sobre cualquiera de estos botones, automáticamente se insertan en el campo de entrada. Estos botones aparecen únicamente cuando se pueden utilizar dentro de la opción seleccionada para ingresar el Builder Logic.



La parte **Category** nos permite elegir el tipo de sentencia u operación que deseamos ingresar.



Mediante **Build Expression** se puede crear solamente una expresión. Se desplegará una lista elementos lógicos para la creación de la expresión que se quiere ingresar. Cada expresión se crea mediante la combinación de números, elementos del modelo, y/o funciones. La selección de la lista permite elegir qué sentencia se desea utilizar

Dando un clic en el botón **Paste** se guardarán las expresiones anotadas en el Logic Builder. Este botón se activa una vez que el mínimo de requerimientos para la expresión que se intenta ingresar han sido completados.

Si deseas borrar la información que se ha ingresado en la ventana del Logia Builder lo puedes hacer dando un clic en el botón **Clear**.

Mientras se están editando los parámetros para alguna función, aparecen dos nuevos botones. **Return** que nos permite regresar y ver el parámetro previo que se ha introducido y **Cancel** que abandona el ingreso que se realiza y regresa al inicio de la expresión.

Selección de funciones.

Lo primero que se requiere para crear una expresión dentro del Logic Builder es seleccionar la sentencia que se desea dentro de la lista y para hacerlo sólo basta dar un clic izquierdo sobre la expresión que se elige de la lista y el editor va paso a paso solicitando los requerimientos necesarios para ingresar correctamente la función deseada. Después de ingresar los parámetros de la sentencia electa, se puede seleccionar otra, de cualquier manera una vez definidos los parámetros, se puede dar clic en el botón Clear para abandonar el ingreso e iniciar nuevamente.

El construir una sentencia u operación requerirá declarar los parámetros. Para ingresar los parámetros solamente basta con dar un clic en el campo indicado.

Funciones anidadas.

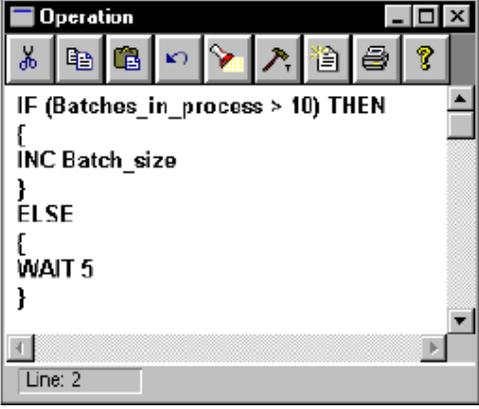
Las funciones anidadas, se dan cuando el parámetro de una sentencia u operación es a su vez otra sentencia o función. El Logic Builder ayuda a crear expresiones complejas que podrían causar dificultad para ingresar manualmente.

Las funciones IF, THEN, WHILE, DO, son ejemplos de funciones anidadas, ya que dentro de sus argumentos pueden contener a su vez otras funciones.

Por ejemplo la función IF

```
IF (Variable1 > a) THEN
  { < Sentencia 1 > }
ELSE
  { < Sentencia 2 > }
```

Una o más operaciones pueden aparecer en el bloque entre las llaves. El Logic Builder permite definir la primera operación del bloque, si se desean ingresar más deberá usarse la ventana para ingresar la sintaxis.



```
IF (Batches_in_process > 10) THEN
{
INC Batch_size
}
ELSE
{
WAIT 5
}
```

Line: 2

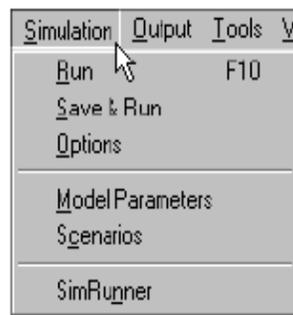
El uso de las distintas operaciones lógicas y la declaración se puede consultar en el capítulo 14 de ProModel User Guide que viene incluido dentro de los documentos del software.

CAPÍTULO V

Ejecución y resultados

5.1 Corriendo el programa

Todo el control para llevar a cabo la simulación se encuentran dentro del menú **Simulation**, que contiene opciones para correr el modelo, la especificación de las repeticiones, la definición de escenarios, entre otras.



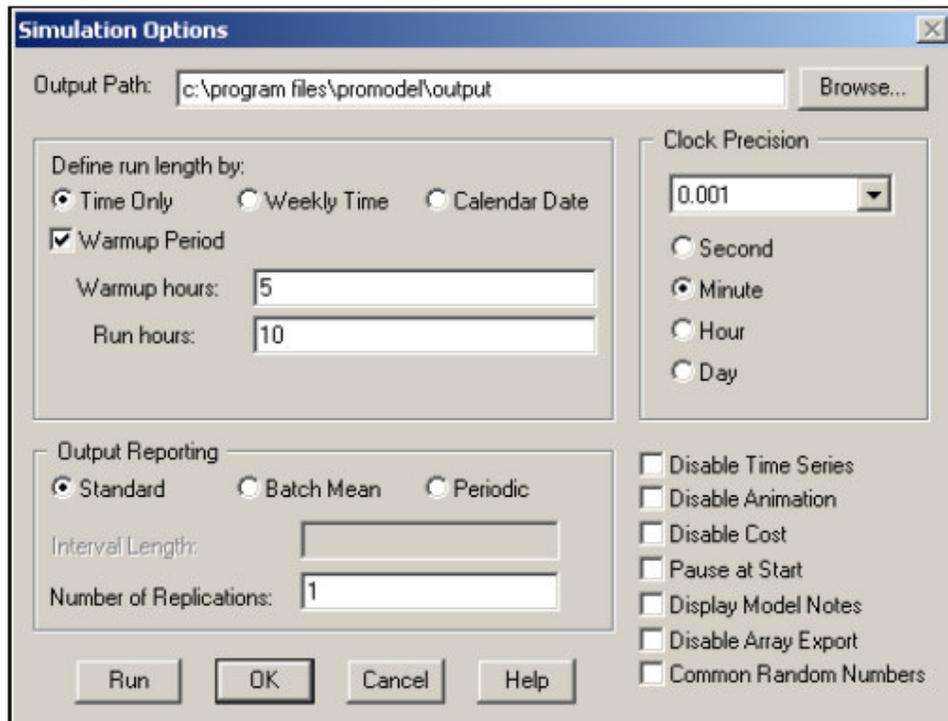
Para los fines de este manual, solamente estudiaremos las tres primeras opciones de este menú.

Run. Inicia la simulación del modelo que se encuentra en la plantilla de diseño. Al correr una simulación no se guarda el modelo, aunque será guardado en el archivo AUTOSAVE.MOD.

Save & Run. Salva el modelo mientras ejecuta la simulación.

Options. Mediante este submenú se controla la simulación especificando dentro del cuadro de diálogo el tiempo, el número de repeticiones y los resultados. También se puede definir el tipo de reportes estadísticos que se requieren.

Además del reporte estadístico básico que genera el programa, también se permite promediar estadísticas, sobre varias repeticiones. Se puede elegir entre tres tipos de reportes estadísticos.



Output Path. Este campo contiene la dirección donde se guarda el modelo. El nombre del archivo aparece automáticamente.

Define run length by. ProModel permite definir los tiempos y las unidades de tiempo en que se correrá el modelo.

Time Only. La simulación correrá sobre la longitud de tiempo horas.

Define run length by:

Time Only Weekly Time Calendar Date

Warmup Period

Warm up hours:

Run hours:

Weekly Time. La ejecución de la simulación será sobre la unidad de tiempo semanas. Dentro de los campos **Sim. Begin** se especifica el día que se inicia la simulación y en **Sim. End** cuando finaliza

Define run length by:

Time Only Weekly Time Calendar Date

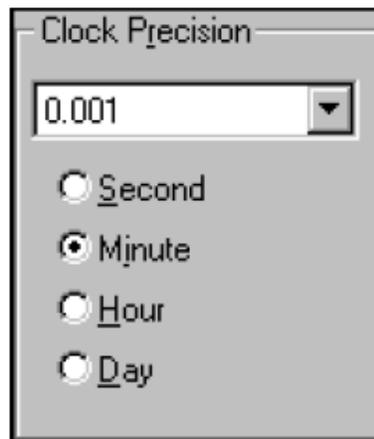
Warmup Period

Warmup Start	Wk 1, Tue @ 07:00 AM
Sim. Begin	Wk 1, Tue @ 11:00 AM
Sim. End	Wk 1, Sat @ 05:00 PM

Calendar date. La unidad de tiempo para ejecutar la simulación se especifica manualmente mediante el calendario.

Warmup period. Se especifica la cantidad de tiempo antes de que se comiencen a recolectar datos estadísticos. Usualmente este dato es tomado para que el modelo alcance cierta estabilidad. Warmup tomará la misma unidad de tiempo definida como run length.

Clock Precision. Se da un clic en la unidad de precisión que requiere el modelo.



Disable Time Series. Se usa esta opción para mejorar la velocidad al ejecutar la simulación, generando series estadísticas de tiempo. Esto también ahorra espacio en el disco que se usa para guardar estadísticas.

Disable animation. Esta opción mejora la velocidad de la ejecución al desactivar la animación de la simulación.

Disable Cost. Cuando se selecciona esta opción, se deshabilita toda la información respecto a costos en el modelo.

Pause at Start. Esta opción se usa para parar la simulación al iniciar la ejecución. La simulación estará en pausa hasta que se seleccione la opción Resume del menú de Simulación.

Display Notes. Usar esta opción para que se desplieguen notas de información general al iniciar la simulación.

Disable Array Export. Esta opción deshabilita la exportación de datos.

Common Random Numbers. Es una técnica de reducción de varianza usando cuando se tienen muchas replicaciones. Intenta ayudar a reducir el número de

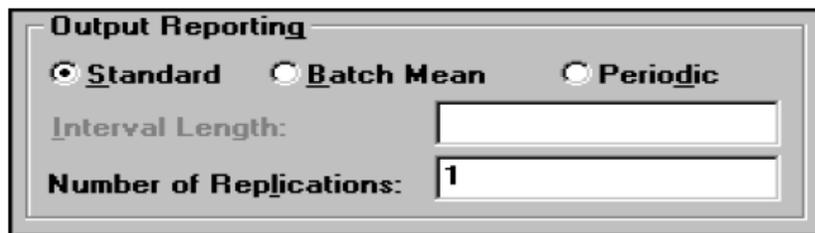
replicaciones requerido para determinar diferencias significativas en los resultados.

Output reporting Options.

Standard. Se recolecta la información de una o más replicaciones del modelo.

Batch Mean. Este método de conjuntos o intervalos conjuntos, es una forma de recolectar muestras independientes cuando la simulación está estabilizada dentro del sistema. La ventaja de usar esta opción sobre el de replicar varias veces en la versión standard, es que el **warm up period** solamente corre una vez. Interval Length es la longitud del intervalo como el número de unidades para cada intervalo o periodo en que se analizará la ejecución del modelo.

Periodic. Esta opción es útil cuando se está interesado en conocer el comportamiento del modelo en determinados períodos. El programa puede reunir información estadística de distintos periodos con varias réplicas para cada periodo.



Output Reporting

Standard **Batch Mean** **Periodic**

Interval Length:

Number of Replications:

Una vez que se ejecuta la simulación mediante el menú Simulation → Run o el comando rápido F10, el modelo es automáticamente guardado en un archivo llamado autosave.mod. Si el modelo presenta alguna inconsistencia aparecerá en la pantalla un aviso, donde se puede cancelar la ejecución mediante **Abort**, continuarla, en el caso que sea posible con **Continue** o bien, se pueden ver los detalles que provocaron la interrupción en **Detalles Status**.

Mientras el modelo se encuentre corriendo, también se tiene un menú en la parte superior para determinar algunas características de la simulación.

File. Dentro de este menú solamente aparece la opción View Text, que permite ver en texto las indicaciones del modelo, este texto es sumamente útil para depurar y verificar.

Simulation

End Simulation. Mediante esta opción se finaliza la ejecución del modelo. Si se están corriendo varios escenarios, se finalizan todos.

Pause/Resume Simulation. Mediante la opción Pausa, se detiene la simulación por un tiempo indefinido hasta que se vuelve a reactivar mediante el mismo menú con Resume.

Options

Animation On/Off. El modelo puede ejecutarse con animación o sin ella, generalmente, sin animación, el modelo corre más rápido.



Zoom. Determina el tamaño de la pantalla.

Trace Options. Se pueden enlistar los eventos como van sucediendo durante la simulación, de manera continua o paso por paso.

Debug. Valida los procesos usados en el modelo, examinando variables y atributos mientras el modelo es ejecutado.

User pause. Permite usar un reloj para detener la simulación en el momento que se señale.

Information. Mediante este menú se pueden visualizar el estado de las locaciones en dos diferentes formas, se puede ver el estado actual de todas las variables y los elementos.

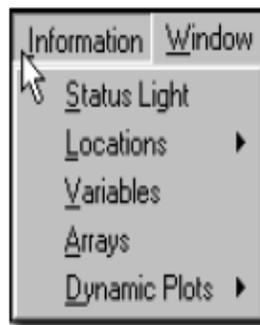
Status Light. Mediante esta opción, se da color a algunas leyendas dentro del modelo.

Locations. Al seleccionar esta opción aparece un cuadro en la pantalla con todas las locaciones, se selecciona alguna y se despliega el estado de dicha locación.

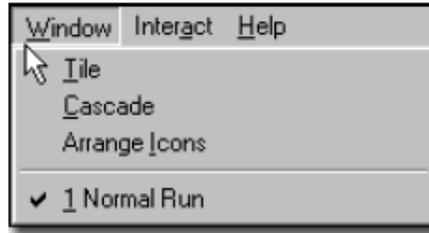
Variables. Se puede ver el estado actual de todas las variables globales, ya sean reales o enteras.

Arrays. Esta opción permite ver los valores de cada una de las celdas, si es que se crearon arreglos dentro del modelo.

Dynamic Plots. Permite ver gráficamente el desarrollo de los elementos del modelo durante la ejecución.



Window. Recoloca las ventanas y los iconos dentro de la pantalla.



Tile. Coloca todas las ventanas abiertas en los espacios disponibles de la pantalla en forma vertical.

Cascade. Coloca todas las ventanas abiertas en forma de cascada, de manera que todas puedan verse.

Arrange icons. Todos los iconos son reacomodados a lo largo de la pantalla.

Los demás elementos de este menú son para visualizar las pantallas activas.

Mientras que el menú **Help**, no requiere de mayor explicación, el menú **Interact**, requiere un conocimiento más profundo del que este trabajo pretende abarcar, incluyendo subrutinas, que son elementos avanzados del menú *Build*.

5.2 Resultados y gráficas

Una vez que el modelo ha sido construido y la simulación haya sido ejecutada, se está listo para tomar decisiones en el mundo real con respecto a los datos arrojados por la simulación. ProModel puede presentar los resultados en tercera dimensión.

El programa interno que utiliza ProModel para graficar los resultados, **Output Viewer 3DR**, que organiza y despliega los datos recopilados durante la ejecución de la simulación.

Dentro del menú de barras se encuentran todas las herramientas para ver los resultados de la simulación.

Menú File

Dentro del menú File se pueden abrir o cerrar archivos, exportar o imprimir datos.

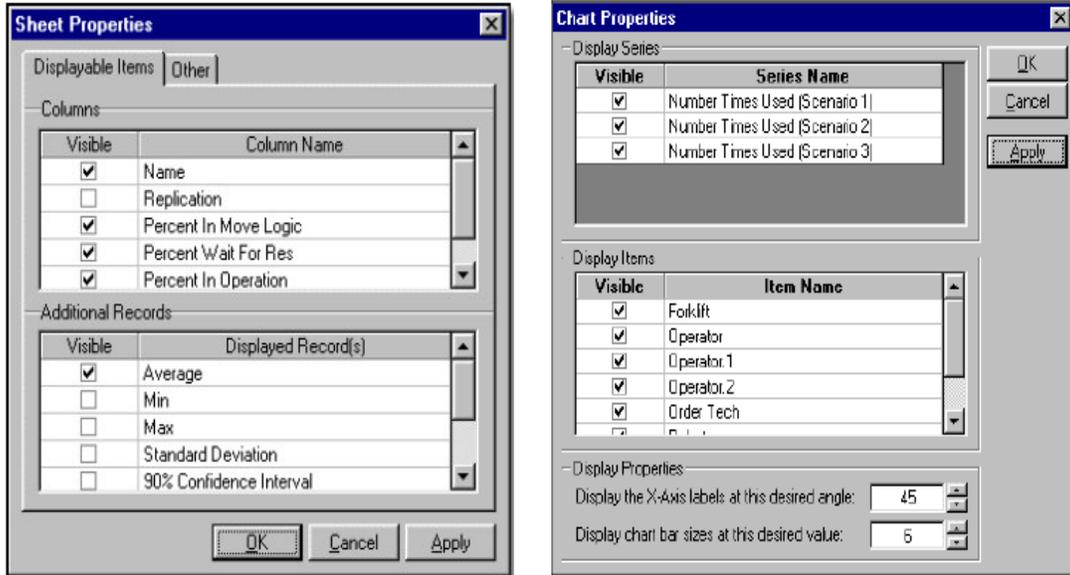
Los datos pueden exportarse a una dirección con la terminación .csv esto permite después importar los datos desde otros programas tales como Excel.

Menú View

Dentro de este menú se puede especificar, la forma en que se quiere que se desplieguen los datos. Las primeras cinco secciones de este menú permiten el despliegue de los resultados de diferentes formas que veremos más a detalle dentro de este capítulo.



La opción Sheet Properties o Chart Properties varía dependiendo de la ventana que se encuentre activa al momento de elegir este menú, dentro de esta sección se pueden elegir los datos que quiera que se aparezcan dentro del reporte.



De la ventana Sheet Properties, se pueden elegir los datos que se quiere aparezcan en el reporte respecto a los resultados obtenidos para el modelo. También se puede modificar el tipo de fuente, el color de las líneas que dividen el informe, y la fuente y el color de los títulos dentro de la opción Other.

De la ventana Chart Properties, se pueden ocultar las gráficas de una misma serie que no se requieran ver, también se puede cambiar el ángulo del texto, los títulos así como el tamaño de las barras dentro de las gráficas. Esto ayuda a crear un reporte o las gráficas que contenga solamente la información relevante del proyecto.

Menú Tools

El menú de herramientas permite acceder al **View Manager** que permite personalizar los reportes y las gráficas, que nos permite tener un control de las

vistas dentro del programa, por ejemplo si alguna gráfica nos interesa tenerla presente la podemos guardar dentro del View Manager y llamarla cuando queramos.

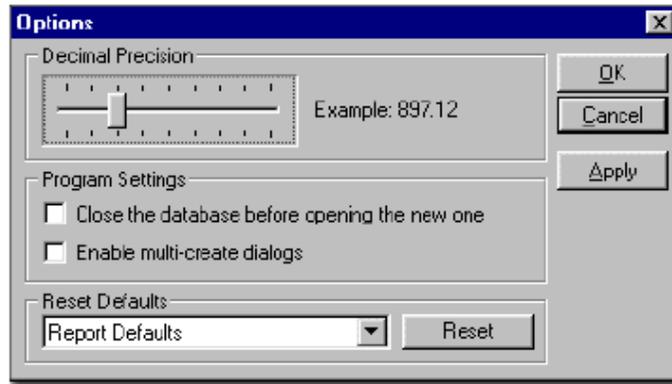


-  Crea y guarda una nueva vista basado en el reporte o en la gráfica que estaba activa cuando se selecciono guardar la vista.
-  Guarda una vista después que se le han hecho modificaciones.
-  Borra la vista seleccionada en la pantalla del View Manager.
-  Se le puede asignar un nuevo nombre a la vista.
-   Mueven los nombres seleccionados de la lista hacia arriba o hacia debajo de la pantalla del View Manager.

Las opciones **Next /Previous View** despliegan las vistas anteriores o siguientes dentro de la lista creada en el View Manager.

Dentro de **Set as Default Style**, se pueden referir las características del reporte o gráfica que serán definidas como las establecidas por defecto.

Dentro del menú **Options**, despliega un cuadro, donde se pueden cambiar las características básicas del **Output Viewer 3DR**.

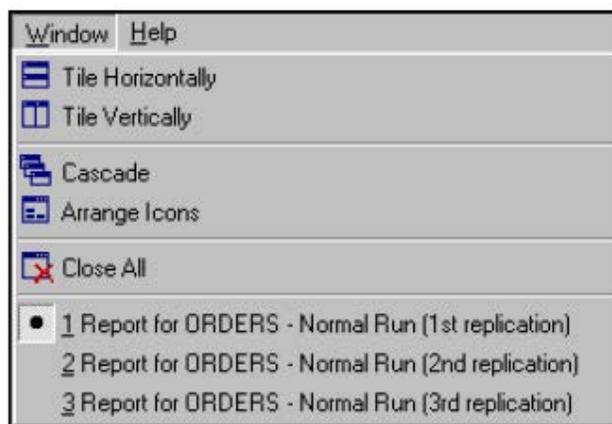


La precisión en decimales, también se puede elegir cerrar una base de datos en cuanto se abra una nueva. Activando la opción **Enable multi-create dialogs** permite tener varios reportes y gráficas al mismo tiempo sin tener que abrir la ventana cada vez.

Si se ha cambiado el estilo de un reporte o gráfica, y se quieren restablecer las características originales, se puede restaurar usando el botón **Reset**.

Menú Window

Dentro de este menú hay útiles herramientas para ver los necesarios datos dentro de la pantalla.



Tile Horizontally. Todas las ventanas son colocadas de manera horizontal dentro de la pantalla.

Tile Verically. Todas las ventanas son colocadas de manera vertical dentro de la pantalla.

Cascade. Las ventanas son colocadas una tras otra de manera que es fácil abrir alguna de ellas.

Arrange icons. Si se ha minimizado algún reporte o gráfica, esta opción alinea en una fila.

Close All. Cierra todas las ventanas que estén abiertas dentro del programa.

Menú Help

Dentro de este menú se puede obtener ayuda de los temas que contiene el programa así como sus características.

La barra de herramientas

Gráficamente podemos acceder a la mayoría de los menús explicados.



Los comandos para el menú File.

-  Abre un archivo.
-  Exporta los datos.
-  Imprime la información.

Los iconos para los reportes y gráficas.

-  Crea un reporte.
-  Crea una gráfica categórica.
-  Crea una gráfica de estado.
-  Crea un histograma.
-  Crea una gráfica de tiempo.

Los iconos del menú de Opciones.

-  Despliega las propiedades de la hoja (Sheet Properties).
-  Despliega las opciones que están en el menú Tools.

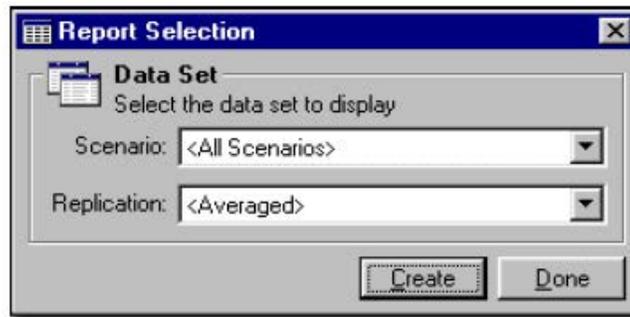
Del menú para ayuda.

-  Inicia la ayuda.
Herramientas de View Manager.
-  Permite seleccionar la vista enlistada.
-  La anterior o la siguiente vista.
-  Despliega la ventana del View Manger.

Haciendo uso del clic derecho se puede tener acceso también a varios de los menús antes mencionados, dependiendo de la ventana si la venta es reporte o gráfica.

5.2.1 La creación de un reporte

Para crear un reporte se elige del menú View la primer opción Report o directamente del icono ubicado en la barra de herramientas, si el modelo contiene múltiples escenarios o replicaciones, aparece la siguiente ventana, donde se puede elegir cuáles escenarios o replicaciones se requieren ver, pulsando el botón Create.



Los reportes contienen datos numéricos respecto a modelo construido que se recolectan durante la simulación, esta información es presentada en hojas como del tipo de cálculo, agrupando la información por categorías. Para adelantar las hojas se usan los botones .

Report for ORDERS - Normal Run (3rd replication)					
General		Entity Activity	Entity Costing	Entity States	Failed Arrivals
Entity Activity for ORDERS, Normal Run (3rd replication)					
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	
Cntr	80.00	29.00	54.33	21.70	
Cntr2	3150.00	659.00	77.89	45.04	
PickList	0.00	208.00	0.00	0.00	
Truck	16.00	2.00	13.47	0.00	

General

Dentro de esta hoja, se encuentran los datos generales del modelo de simulación, tales como la hora y la fecha en la que se ejecutó el programa, la dirección donde se guarda el modelo y el nombre.

Locations

Scheduled hours. El número total de horas en que la locación estuvo disponible. Este valor se encuentra con dos decimales.

Capacity. La capacidad para la locación definida dentro del módulo de locaciones.

Total Entries. El número total de entidades que ingresaron en la locación.

Average <time> Per Entry. El tiempo promedio que se esperó en cada locación. Este promedio, puede incluir tiempos parciales desde la llegada a la finalización del tiempo de ejecución.

Average Contents. El número promedio de entradas a la locación.

Maximum Contents. El máximo número de entradas que ocuparon la locación en el transcurso de la simulación.

Current Contents. El número de entidades restantes en la locación al finalizar la simulación.

% Util. El porcentaje en que la locación estuvo ocupada durante la simulación.

Locations States Multi

Scheduled Hours. El número total de horas o minutos que la locación estuvo con actividad.

% Empty. Porcentaje de tiempo en que la locación estuvo sin entidades.

% Partially Occupied. Porcentaje de tiempo en que la locación estuvo ocupada pero no al 100%.

% Full. Porcentaje de tiempo que la locación tuvo la máxima cantidad de entidades que le era posible.

% Down. En esta parte se dan los detalles de las especificaciones programadas por tiempos en DT's en el editor de locaciones.

Locations States Single/Tank

Scheduled Hours. El número total de horas o minutos que la locación estuvo con actividad.

% Operation. Porcentaje de tiempo en que la locación estuvo procesando una entidad.

% Setup. Porcentaje de tiempo en que la locación gastó ordenando las entidades.

% Idle. Porcentaje de tiempo en que las entidades no estaban en la locación pero la locación estaba ejecutando otras tareas.

% Waiting. Porcentaje de tiempo en que la locación estaba en espera de un recurso o alguna entidad o en espera del cumplimiento de alguna condición especificada.

% Blocked. Porcentaje de tiempo que entidades estuvieron esperando salir de la entidad libremente.

% Down. En esta parte se dan los detalles de las especificaciones programadas por tiempos en DT's en el editor de locaciones.

Resources

Units. El número de unidades definidas en el editor de recursos.

Scheduled Hours. El número total de horas que los recursos estuvieron disponibles para ser usados.

Number of Times Used. El número de veces que se utilizó el recurso para traspasar o procesar una entidad o dar algún servicio en alguna locación.

Average <time> Per Usage. El tiempo promedio que el recurso gastó transportando o procesando una entidad, o bien llevando a cabo algún servicio en alguna locación o con algún otro recurso.

Average <time> Travel To Use. El tiempo promedio que el recurso gastó en transportarse entre las locaciones o transportando las entidades

Average <time> Travel To Park. El tiempo promedio que el recurso gastó viajando a los nodos o los down time nodos.

% Blocked In Travel. El porcentaje de tiempo que el recurso no pudo moverse a su destino porque la ruta estaba ocupada por otro recurso.

% Util. El porcentaje de tiempo que el recurso gastó viajando para ser usado, transportando o procesando una entidad, o bien dando algún servicio a alguna locación u otro recurso.

Resources Status

Name. Nombre asignado al recurso.

Scheduled Hours. El número total de horas que los recursos estuvieron disponibles para ser usados.

% In Use. El porcentaje de tiempo que el recurso gastó transportando o procesando una entidad.

% Travel To Use. El porcentaje de tiempo que el recurso gastó viajando a una locación o a otro recurso para transportar o procesar alguna entidad.

% Travel To Park. El porcentaje de tiempo que el recurso gastó viajando a un nodo.

% Idle. El porcentaje de tiempo que el recurso estaba disponible pero no fue usado.

% Down. El porcentaje de tiempo que el recurso no estaba disponible para realizar alguna actividad programada en DT's.

Node Entries

Un nodo de entrada es generado por cada path network en el sistema. Dentro de este campo se contiene la siguiente información:

Total Entries. El número de veces que un recurso ingreso en un nodo de transporte.

Blocked Entries. El número de veces que un recurso intentó ingresar en nodo pero estaba ocupado por otro recurso.

Failed Arrivals. El número total de entidades que fallaron al llegar en una específica locación debido a una capacidad insuficiente.

Entity Activity

Name. Nombre de la entidad.

Total Exits. El número de entidades que completaron su salida del sistema.

Current Quantity In System. El número total de entidades rezagadas en el sistema al tiempo que la simulación finalizó y que no completaron su salida.

Average <time> In System. El tiempo promedio que la entidad ocupó en el sistema.

Average <time> In Move Logic. El tiempo promedio que la entidad ocupó viajando entre las locaciones, incluyendo retrasos.

Average <time> Wait For Res. El tiempo promedio que la entidad ocupó esperando por un recurso o alguna entidad (o ambas en conjunto). También incluye el tiempo de espera en la fila.

Average <time> In Operation. El tiempo promedio que la entidad ocupó siendo procesada en alguna locación.

Entity Status By Percentage

% In Transit. El porcentaje de tiempo que la entidad ocupó viajando entre locaciones, incluyendo algún retraso.

% Wait for Res. El porcentaje de tiempo que la entidad ocupó esperando algún recurso o en espera de cumplir alguna condición establecida en el sistema como un WAIT o UNTIL.

% In Operation. El porcentaje de tiempo que la entidad ocupó siendo procesada en alguna locación o bien viajando a algún transportador. Si alguna entidad se encuentra en un trasbordador atrás de otra entidad la cual esté bloqueada porque la siguiente locación no se encuentra disponible, el tiempo que la entidad esperando atrás de otra entidad es considerado % in Operation.

% Blocked. El porcentaje de tiempo que la entidad espera para que la siguiente locación esté disponible.

Variables

Total Changes. El número total de veces que el valor asignado a una variable cambió durante la simulación.

Average <time> Per Change. El tiempo promedio que la variable permanece con el mismo valor.

Minimum Value. El valor más bajo que la variable tomó durante la simulación.

Maximum Value. El valor más alto que la variable tomó durante la simulación.

Current Value. El último valor que la variable tomó antes de finalizar la simulación.

Average Value. El valor promedio que la variable tomó durante la simulación.

Location Costing

La parte de costos, Location Costing, Resource Costing, Entity Cost y Logs se refieren todas a los costos que generan la operación, sin embargo queda fuera del alcance de este trabajo, aún así se da una explicación breve al respecto del primer campo de costos, los siguientes son similares.

Operational Cost = (Tiempo de la operación*interés) + (Costos adicionales).

% Operational Cost. Se refiere al porcentaje de las locaciones la suma de todos los costos de operación.

Resource Cost. (Utilización*Interés)+ (Tiempo usado*Costo por uso).

% Resource Cost. Se refiere al porcentaje de las locaciones de la suma de todos los costos de recursos.

Total Cost. (Costo de la operación)+ (Costo de recursos).

% Resource Cost. Es el porcentaje del costo de todas las locaciones.

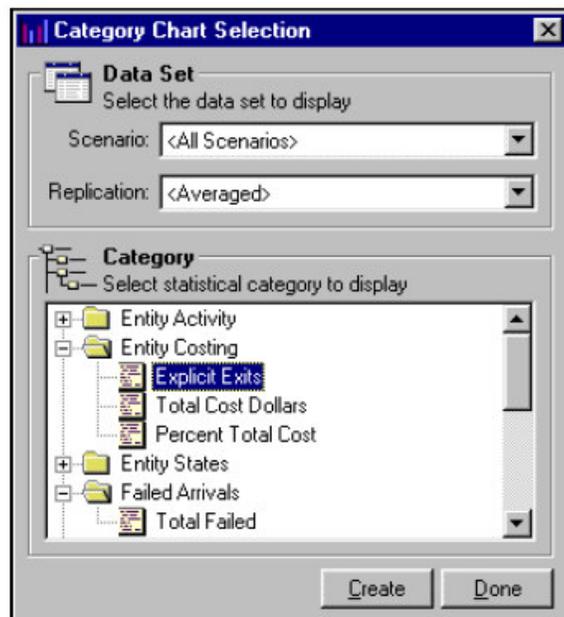
5.2.2 La creación de los gráficos

Las gráficas aportan un acompañamiento visual de los datos contenidos en el reporte. Al aparecer el reporte de resultados, dentro de la barra de herramientas aparecen los iconos correspondientes para graficar, a un lado del generador de reporte.



Category Chart.

Despliega gráficas de barras de los datos que se encuentran dentro del reporte. Esta opción además de estar disponible mediante este icono también puede generarse con el menú View en Category Chart. Y dentro de la pantalla que aparece debe seleccionarse el campo que se desea graficar.

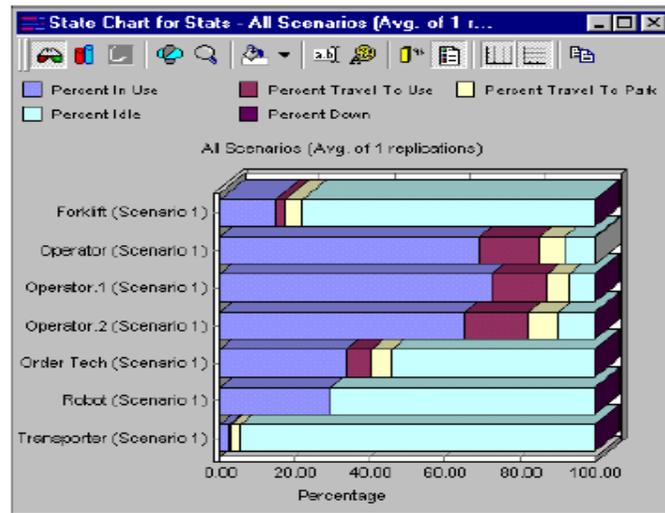




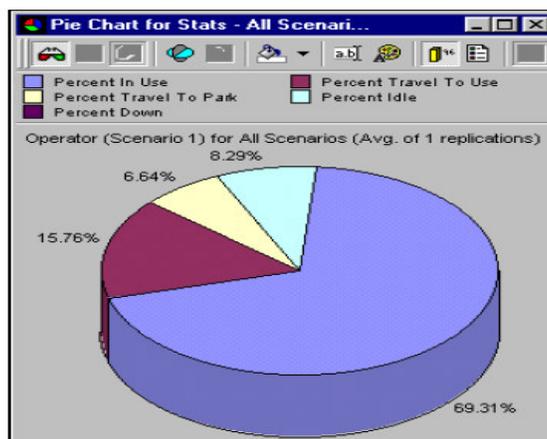
State Charts.

Este tipo de gráficas muestran en forma aglomerada toda la información de los recursos y las entidades. Por ejemplo un recurso pudo presentar varios estados durante la simulación: en uso, trasportándose, libre o bloqueado.

Para usar este tipo de gráficas, nuevamente se puede ir al menú View y elegir State Chart o directamente con el icono que aparece.



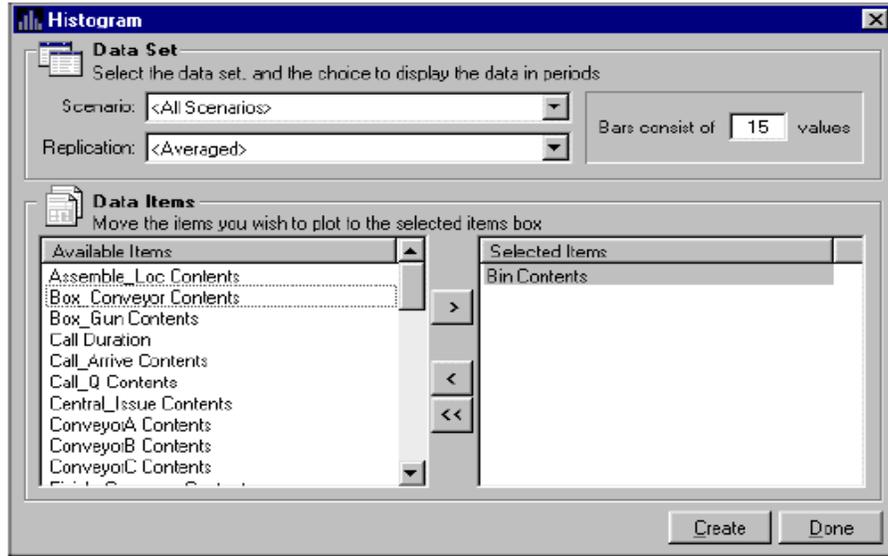
Se pueden cambiar algunos detalles usando el clic derecho sobre la gráfica mediante la opción **Gallery** como la fuente, el color o inclusive el tipo de gráfico que representan los datos, es cuestión de que el usuario se introduzca. También mediante la opción Create Pai Char se despliega una gráfica de pastel.



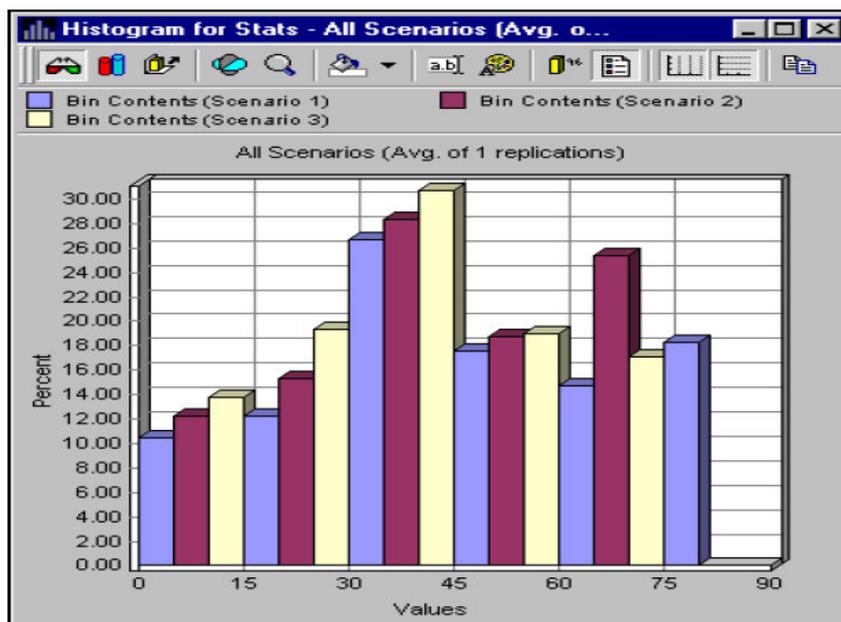


Histogram

Un histograma es una gráfica de barras que muestra los porcentajes o las veces que un acontecimiento cae dentro de un rango.



Mediante esta pantalla, se eligen los escenarios, replicaciones, la unidad de tiempo y las categorías de los datos que se desean graficar. En la siguiente gráfica se muestra un ejemplo de un histograma.



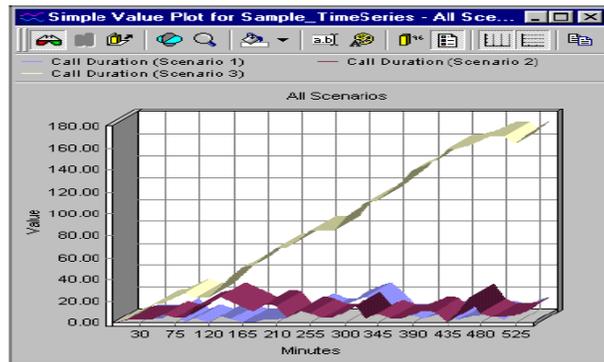


Timeplot

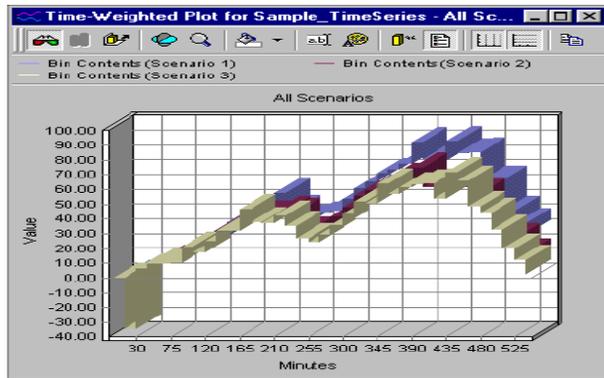
Este tipo de gráfico, muestran el estado o desarrollo de los valores que toma una variable sobre el tiempo. Esto nos permite observar la tendencia, durante que la simulación va en progreso.

Existen tres tipos dentro del programa de este tipo de gráficas que pueden ser desplegadas.

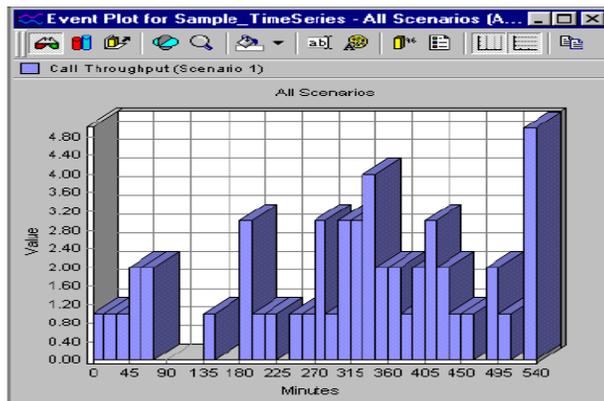
Simple Value. El valor simple de la o las variables en el tiempo.



Time weighted Values. El valor de la variable con algún ponderado a través del tiempo.



Event Counts. El número de ocurrencias para algún evento en particular.



A continuación se describen las funciones de la barra de herramientas principal.

-  Presionando el icono se elige ver la gráfica en tres o dos dimensiones.
-  Las gráficas pueden hacerse con cilindros o barras.
-  La gráfica puede expandirse en la pantalla.
-  En forma tridimensional, este icono da la perspectiva deseada.
-  Se presiona y luego se selecciona el área que se quiere agrandar.
-  Con este icono se cambian los colores del gráfico.
-  Permite cambiar los títulos y etiquetas de la gráfica activa.
-  Permite cambiar las especificaciones como la fuente, color y tamaño de los títulos y etiquetas.
-  Presionando este icono aparecen dentro de las gráficas los valores.
-  Permite ver o no ver la leyenda de la gráfica.
-  Aparecen líneas verticales como ejes secundarios.
-  Aparecen líneas horizontales en el gráfico.

Conclusiones

El campo de la simulación es vasto. Podemos simular desde una barbería hasta el sistema solar. Una de las aplicaciones con mayor difusión en esta área en los últimos tiempos es la simulación de redes neuronales artificiales para simular el comportamiento inteligente de los seres humanos.

Hasta ahora, podemos decir que uno de los principales usos de las herramientas de Simulación es para modelar sistemas, unidades de negocio y a partir de los resultados tomar decisiones, es bien importante que el modelo que se plantea como el más parecido a la realidad sea, efectivamente, consistente con el mundo real, pues de ahí depende que las decisiones que se tomen sean las adecuadas de lo contrario, se incurriría en un grave error y así como puede ahorrarse tiempo y recursos analizando un sistema mediante la simulación, también podría suceder lo inverso si no se cuenta con la certeza de que cada uno de los pasos requeridos para llegar a modelo óptimo fue realizado cuidadosamente.

La pregunta es: ¿Hasta dónde podría llegar la simulación? Las computadoras que tenemos hoy en día no son lo suficientemente poderosas para ejecutar los procesos computacionales que ocurren en nuestro cerebro, inclusive si lo fueran, no sabríamos cómo programarlas para que lo hicieran, pero a fin de cuentas, lo que nos permite tener experiencias conscientes, es el hecho de que el cerebro cuenta con cierta arquitectura computacional, y desde esa óptica, podría plantearse la opción de que se pueda llevar a cabo un modelo que

simule perfectamente nuestra realidad, y esto a su vez nos lleva a pensar y a cuestionarnos si nuestra realidad, es efectivamente “la realidad” o solamente una percepción creada por una avanzada técnica de simulación computacional.

Dejando de lado el tema existencialista, debemos considerar por lo menos, que en determinado tiempo, el uso de la simulación permitirá la reducción de errores así como la optimización de recursos, por lo que podría llegar a ser la principal herramienta en la toma de decisiones de las compañías, lo que nos lleva a la conclusión más lógica de que saber manejar algún programa y conocer las bases teóricas de la Simulación, será de gran utilidad y rentabilidad en los siguientes años.

El conocimiento estadístico y la capacidad analítica que se adquieren durante la carrera, permite al actuario proponer distintas formas para la resolución de un problema; una misma interrogante puede ser abordada desde distintas perspectivas, el uso de la Simulación es una de éstas. El actuario tiene los conocimientos necesarios para proponer opciones en cuanto al planteamiento y resolución de distintas problemáticas ya sea dentro de las empresas, para reducir costos y aumentar productividad o para tomar las decisiones acertadas para lograr estos objetivos, determinar la logística adecuada para una empresa que distribuye algún producto en diferentes canales o cadenas minimizando los tiempos de entrega, o dentro del gobierno para simular el comportamiento de una variable económica. Considero que este trabajo es un preámbulo para la correcta aplicación de un software de simulación y a partir de éste pueden plantearse la resolución de problemas más complejos que requieran un uso avanzado de éste mismo, que contiene herramientas que permiten considerar costos y variables, inclusive hacer pronósticos o la validación de riesgos por mencionar algunos temas que se me ocurren.

Una vez terminado este trabajo, el lector contará con las herramientas necesarias para iniciar en el mundo de la simulación, procesando mediante modelos, lo que se le ocurra dentro de ProModel. El provecho que pueda dársele a este software dependerá en gran medida del interés que el usuario

tenga al respecto; dentro del mismo software, si el usuario tiene curiosidad, encontrará los beneficios que ha representado a grandes empresas, como American Express, FIAT, Volks Wagen, el uso de esta poderosa herramienta que es la simulación.

Existen miles de oportunidades para desarrollar modelos de simulación y mejorar los resultados, no solamente los que primeramente se nos vienen a la mente como la economía o finanzas o dentro de una fábrica a fin de mejorar tiempos y optimización de recursos, sino también por ejemplo dentro de la medicina, la meteorología, en la construcción, inclusive en campos como la física, la química y hasta en la educación física podrían aplicarse ciertos modelos. Dejemos en la mente del lector un sinfín de posibles modelos que pueden concretarse mediante este programa y ser aprovechados.

ANEXO

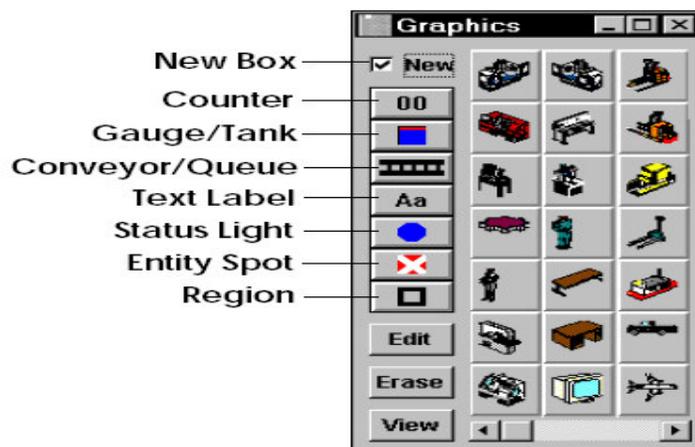
Modelo 1

Llevaremos a cabo la simulación de una barbería, de la que se tienen los siguientes datos: las llegadas de los clientes se da entre 8 y 10 minutos, hay un solo barbero y el tiempo que se tarda en atender a cada cliente se expresa como una exponencial con media 10.

Para llevar a cabo el modelo primeramente abrimos un nuevo archivo desde el menú File → New y lo llamaremos Modelo_1, posteriormente damos clic sobre la opción OK. La pantalla Layout quedara lista para empezar a crear el modelo.

Primeramente debemos definir que requeriremos de dos locaciones, primero un lugar a donde lleguen los clientes a esperar a ser atendidos por el barbero y posteriormente el lugar donde el mismo barbero atiende a sus clientes.

Entramos en el menú Build y elegimos la opción Locations.



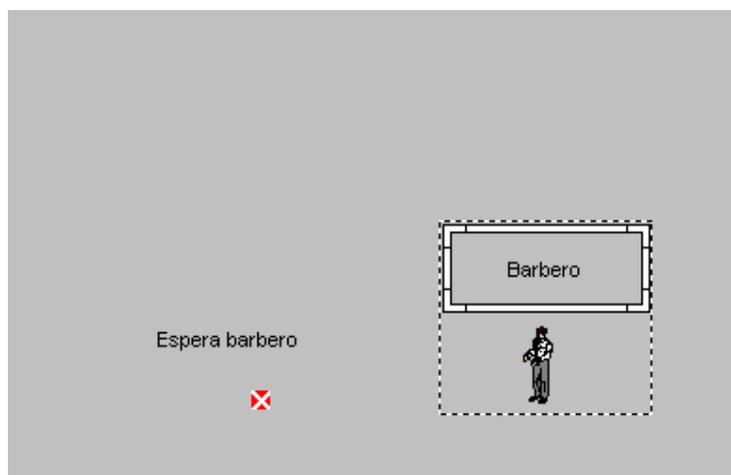
El lugar a donde llegan los clientes, se modela con el icono Entity Spot, para trasladar el icono damos un clic izquierdo en la ventana de los gráficos de las entidades y volvemos a dar clic en la pantalla Layout y para así trasladarlo.

La segunda locación, sería el mismo barbero, seleccionamos el icono que queramos que lo represente y llevamos a cabo el mismo procedimiento.

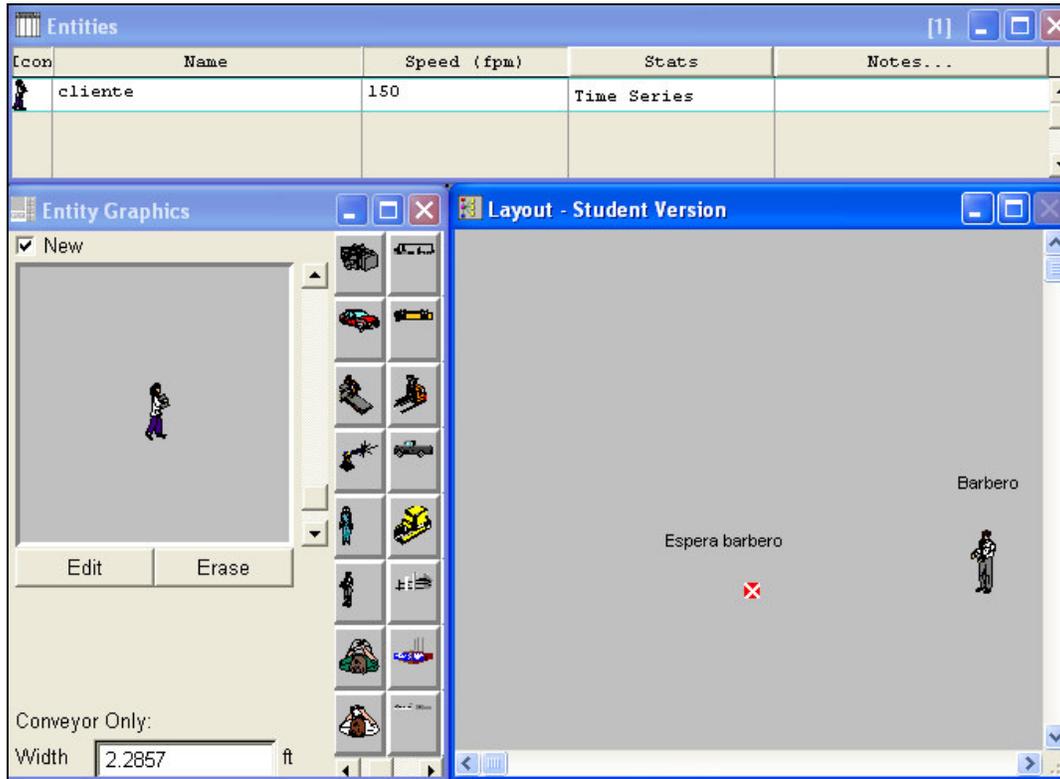
Dentro de la ventana Locations, cambiamos los nombres a los gráficos.

Locations		
Icon	Name	Cap.
	Espera_barbero	1
	Barbero	1

Para colocar los nombres de las locaciones dentro de la pantalla de simulación, seleccionamos con un clic izquierdo la locación dentro de la venta donde editamos los nombres de las locaciones, desactivamos la opción **New Box** de la ventana de gráficos y seleccionamos el icono **Text Label**, posteriormente damos clic en la pantalla Layout sobre la locación y aparecerá su nombre. Si editamos el nombre dentro de la ventana de detalles de las locaciones automáticamente se modificara de la pantalla de simulación.



Ahora definiremos las entidades, que es lo que se procesa en el modelo, y en este caso se trata de clientes. Dentro del menú Build elegimos ahora el sub menú Entities y seleccionamos el icono que representara al cliente, podemos cambiarle el nombre en la ventana donde se describen las entidades.



Posteriormente hay que definir todo el proceso. Para esto dentro del menú Build elegimos la opción Process.

En las ventanas que aparezcan debemos definir todos los pasos.

1. El cliente llega al lugar donde espera ser atendido por el barbero.

The screenshot shows the 'Process' window with the following table:

Entity...	Location...	Operation...
cliente	Espera_barbero	

2. Si no hay nadie con el barbero, el cliente pasa, o de lo contrario espera a que salga el cliente al que atiende el barbero.

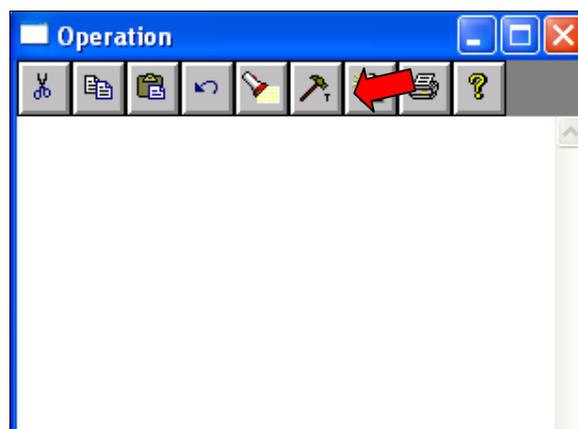
Routing for cliente @ Barbero [1]				
Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic
1	cliente	Barbero	FIRST 1	

Para continuar con el proceso, si queremos hacerlo con los cuadros, debemos seleccionar la siguiente locación que sería el barbero, dentro de la pantalla de simulación o bien en la parte Tools, debemos presionar el botón New Process y activar Snap Lines to Border para crear los procesos gráficamente.

3. El tiempo en que el barbero atiende a sus clientes varia entre 8 y 10 minutos, lo que se puede describir mediante una uniforme (9,1).

Process [2]		
Entity...	Location...	Operation...
cliente	Espera_barbero	
cliente	Barbero	

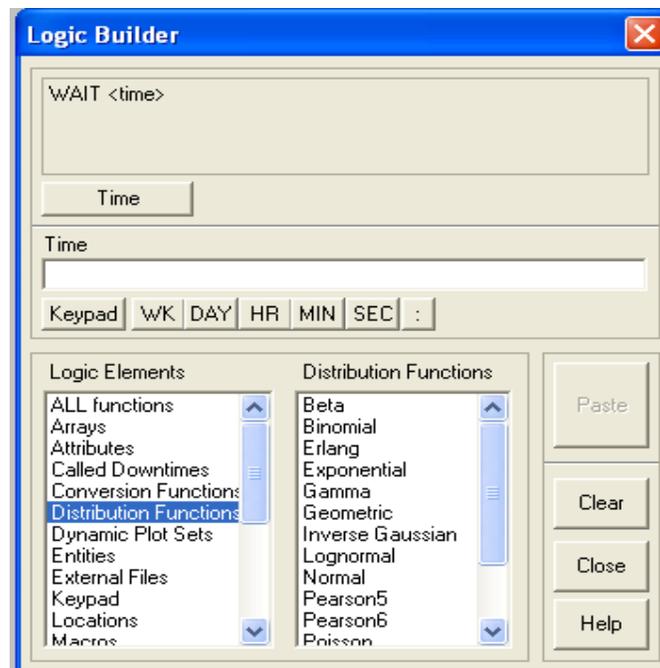
En la opción Operation, aparecerá, un editor de fórmulas (Logic Builder) para especificar el tiempo que se tarda el barbero en atender a sus clientes. Damos clic en el icono del martillo.



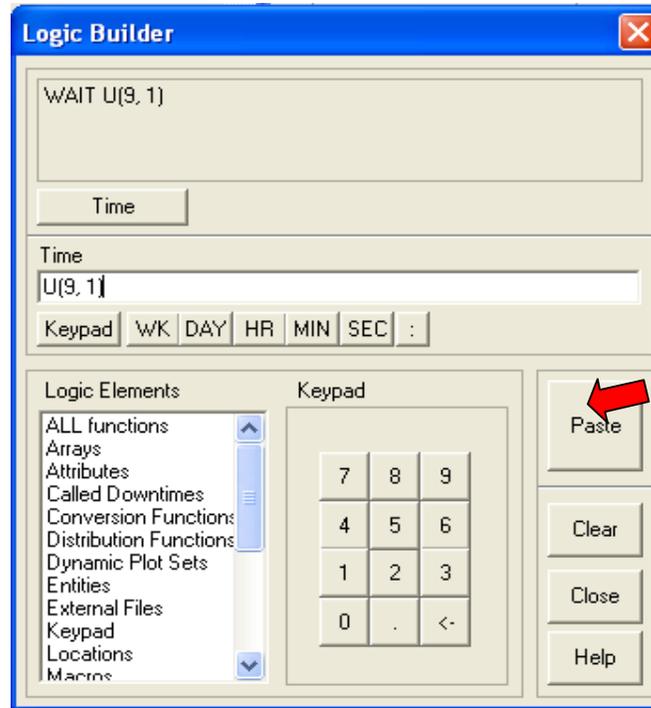
Damos doble clic en la opción WAIT.



Posteriormente seleccionamos la opción Distributions Functions y elegimos la opción Uniforme.



Anotamos en Mean 9, y en Half Range 1. Damos clic en Return. En la pantalla que aparezca damos clic en Paste y finalmente cerramos.



4. Para terminar el cliente sale.

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Log
1	cliente	EXIT	FIRST 1	

Ahora necesitamos definir las llegadas de los clientes, esto mediante el sub módulo Arrivals. Las ocurrencias son infinitas, bajo el supuesto de que pueden llegar el número de clientes que sean, pues el lugar donde se espera al barbero no se definió con un límite de capacidad, y la frecuencia se define como una exponencial con media 10, que se introduce mediante el Logic Builder.

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency
Customer	Waiting_for_Barber	1	0	INF	e(10) min

En File→ View Text, podemos ver todos los detalles de nuestro modelo.

El modelo queda terminado con todas las especificaciones anteriores, ahora para ver los resultados, debemos entrar en el menú Simulation y si se desea algún tiempo en específico de la simulación entrar en Options, y finalmente para ver corriendo nuestra simulación en Run Simulation.

Al terminar la simulación Promodel preguntará si queremos ver los resultados.

Modelo 2

Supongamos que tenemos un producto que debe ser revisado y después empaquetado. Dentro de nuestro sistema existen tres máquinas idénticas que supervisan los productos para después pasarlos al área donde un empleado los empaca. Sabemos que el tiempo en que llegan los productos se distribuye como una exponencial con media 12 y como van llegando pasan con alguna de las máquinas inspectoras que los revisa, si la primera está ocupada el producto se pasa con la segunda y si la segunda está ocupada pasa con la tercera. El tiempo que tardan las máquinas en revisar cada producto puede expresarse como una normal con media 10 y desviación estándar 3 asimismo una vez que el producto es revisado, se empaca en un tiempo que se puede describir como una normal con media 5 y desviación estándar 2. Una vez que cada producto es empacado sale del área. Modelar el sistema.

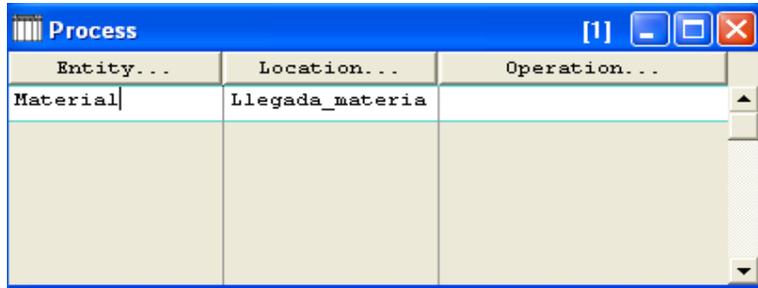
Primeramente debemos identificar que habrá 3 locaciones, el lugar en donde llega el producto para ser revisado, la máquina supervisora y el empleado que empaca. En la segunda locación es donde puede haber confusión, pues quedamos que eran tres máquinas las que realizaban este proceso, sin embargo como son tres máquinas idénticas se declara como solamente una locación con tres unidades.

Locations							
Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...	Notes...
	Llegada_material	inf	1	None	Time Series	Oldest	
	Inspector	1	3	None	Time Series	Oldest, First	
	Inspector.1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Inspector.2	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Inspector.3	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Empacador	1	1	None	Time Series	Oldest	

Ahora que ya están establecidas las locaciones, debemos declarar las entidades, que para este modelo solamente será el producto que será procesado, en esta parte no se hace ningún cambio, excepto si se quiere editar el gráfico del producto.

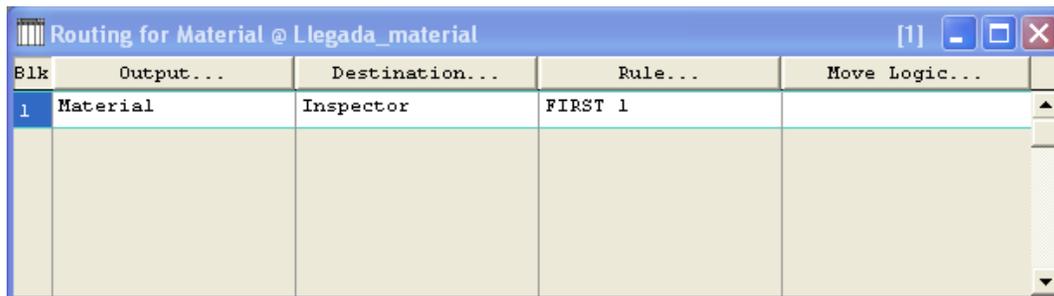
La parte del proceso de la simulación quedaría de la siguiente manera:

1. El producto llega en la parte donde espera a ser revisado.



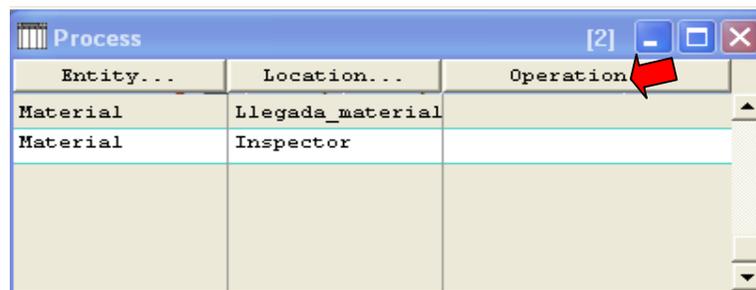
Entity...	Location...	Operation...
Material	Llegada_materia	

2. Si existe algún inspector desocupado pasa con el inspector.



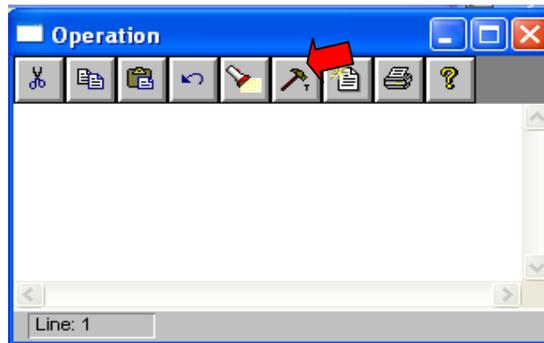
Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Material	Inspector	FIRST 1	

3. El tiempo que espera en inspección puede definirse como una normal con media 10 y desviación estándar 3. Esta especificación se hace con el Builder Logic. Primeramente en el título **Operation** se da un clic.

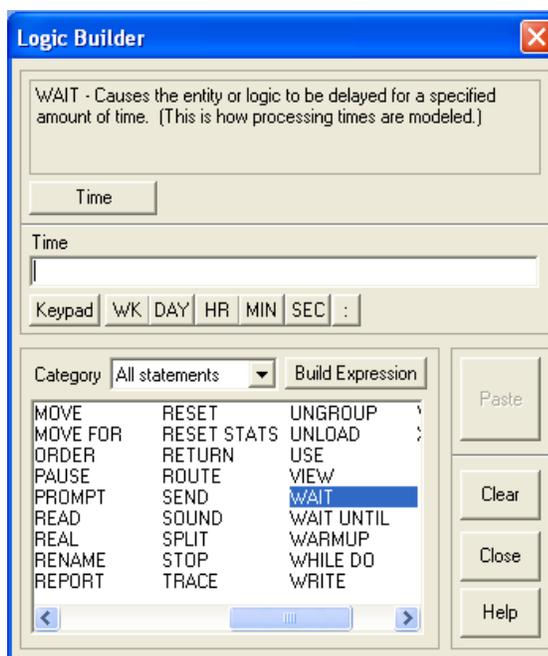


Entity...	Location...	Operation...
Material	Llegada_materia	
Material	Inspector	

En seguida aparecerá la pantalla del Logic Builder, y para facilitar la declaración de expresiones damos clic en el icono del martillo.

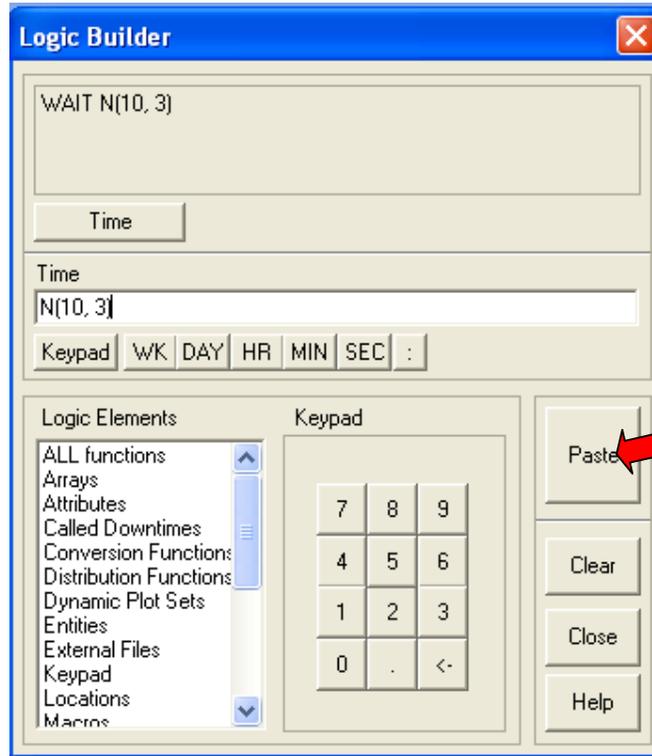


Damos doble clic en la sentencia WAIT, puesto que la entidad espera en esta locación aproximadamente como una normal con media 10 y desviación estándar 3.



La pantalla que aparecerá será la siguiente. Donde debemos seleccionar la opción **Distribution Function** y a continuación **Normal**. En la siguiente pantalla dando un clic en el botón Media colocamos el número 10 en el campo en blanco mediante el teclado o mediante el Keypad que

aparece y presionando el botón **Std Deviation** colocamos el 3 en el campo en blanco. Damos un clic en el botón **Return**. Y finalmente damos un clic en **Paste** y cerramos.



4. Del área de supervisión, el material pasa con el empacador.

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Material	Empacador	FIRST 1	

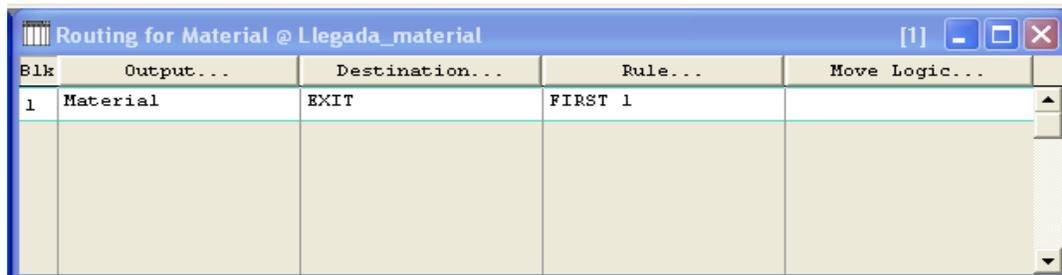
5. Nuevamente en la pantalla Process debe usarse el Logic Builder para declarar que con el empacador el producto espera como una normal con media 5 y desviación estándar 2. Repitiendo los mismos pasos como en

el proceso anterior solamente cambiando la media y la desviación estándar de la distribución.



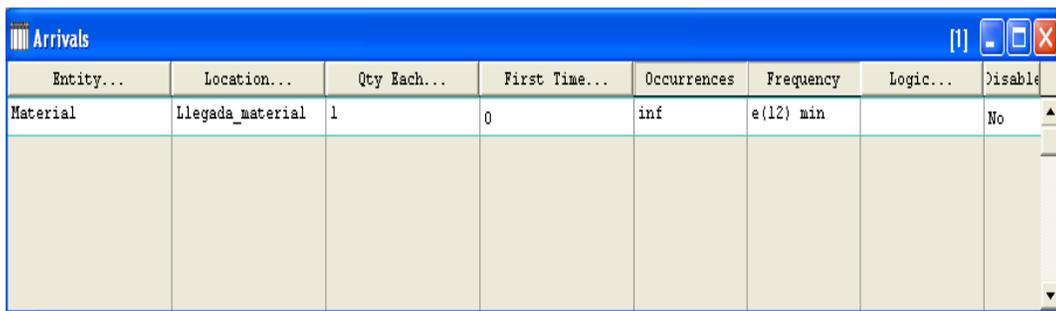
Entity...	Location...	Operation...
Material	Llegada_material	
Material	Inspector	WAIT N(10, 3)
Material	Empacador	WAIT N(5, 2)□□

6. Finalmente en la pantalla Routing se declara que el producto sale del sistema al terminar el proceso de empaque.



Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Material	EXIT	FIRST 1	

Como última parte del proceso debemos entrar en el menú Build y posteriormente Arrivals para declarar que los productos llegan (colocamos la palabra **inf** dentro del campo Occurrences para declarar que no se tiene un límite) definidos como una exponencial con media 12 (se da un clic izquierdo dentro del campo **Frequency** y se usa el Logic Builder como ya se hizo).



Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Disable...
Material	Llegada_material	1	0	inf	e(12) min		No

Nuestro modelo está listo para ejecutarse.

Bibliografía

SHANNON, R.E. "*Systems Simulation. The art and the science*", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. USA, 1978.

GORDON, GEOFFREY. "*Modeling and Simulation*", Prentice Hall. USA 1978.

LAW, A.M.; KELTON, W.D. "*Simulation Modelling and Analysis*", McGraw-Hill, New York. USA, 2000.

PRITSKER, A.A.B. y PEGDEN, C.D, "*Introduction to Simulation and SLAM*". John Wiley & Sons Inc, USA, 1979.

FREUND, JOHN E. "*Estadística Matemática con Aplicaciones*", 6ta ed. Prentice Hall, USA, 2000.

GONZALEZ VIDEGARAY, MARÍA DEL CARMEN "*Modelos y Simulación*", UNAM, México, 1998.

PARZEN, E. "*Teoría moderna de la Probabilidad*", Limusa Wiley, 1973

PROMODEL USER GUIDE (Guía de uso del software dentro del programa).