



FACULTAD DE INGENIERIA

# **DISEÑO DE RECURSOS DIDÁCTICOS PARA EL ÁREA DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL EN LA UDB**



TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

**PRESENTADO POR:**

**LUIS ERNESTO NÚÑEZ DÍAZ**

**VILMA JANETH RAMIREZ SORIANO**

ABRIL DEL 2001

SOYAPANGO

EL SALVADOR

# **UNIVERSIDAD DON BOSCO**

## **RECTOR**

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET

## **SECRETARIO GENERAL**

HNO. MARIO OLMOS, SDB

## **DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

ING. CARLOS GUILLERMO BRAN

## **ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. JUAN FRANCISCO SIFONTES

## **JURADO EXAMINADOR**

ING. DOUGLAS GARCÍA

ING. RICARDO MAJANO

# UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

## **DISEÑO DE RECURSOS DIDÁCTICOS PARA EL ÁREA DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL EN LA UDB**



ING. DOUGLAS GARCÍA  
JURADO EXAMINADOR



ING. RICARDO MAJANO  
JURADO EXAMINADOR



ING. JUAN FRANCISCO SIFONTES  
ASESOR DEL TRABAJO

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** Todopoderoso, por darnos la Energía de la vida, la Sabiduría y la Perseverancia para llevar a feliz término este trabajo de graduación.

A nuestros **Padres**, porque nos apoyaron en todo sentido y nos animaron, sobre todo, en los momentos más difíciles de la carrera y de esta investigación.

A nuestros **Familiares** y **Amigos**, pues siempre estuvieron pendientes de nuestro progreso, nos acompañaron y nos brindaron su confianza.

A nuestro **Asesor**, Ing. Juan Francisco Sifontes. Sus orientaciones y observaciones fueron de gran ayuda para darle carácter científico a esta tesis.

A la **Comunidad** universitaria (salesianos, catedráticos, compañeros estudiantes) por brindarnos amistad y conocimientos durante los años de estudio.

A **Rafael y Alicia**. Ustedes fueron la motivación en los momentos de desánimo.

A todas aquellas personas que colaboraron de diferentes formas para llevar a cabo este Trabajo.

## RESUMEN DEL ESTUDIO

<b>Título del proyecto:</b> Diseño de recursos didácticos para el Área de Simulación Industrial en la UDB.	
<b>Situación inicial</b>	Con la reforma educativa también se reestructuró el pensum de Ingeniería Industrial, pues se vio la necesidad de adaptarlo a las exigencias industriales de la actualidad. Uno de los principales cambios fue la introducción de materias que respondieran a los nuevos desafíos del mundo laboral. Sin embargo, estas asignaturas comenzaron a impartirse sin tener el apoyo logístico idóneo; en concreto, sin contar con la bibliografía y laboratorios que satisficieran las expectativas del educando, por lo que paralelamente fueron surgiendo diversos problemas e incertidumbres respecto al enfoque y horizonte real de las materias. Este es el caso de Simulación Industrial.
<b>Problemas</b>	Se han detectado diversos problemas que se detallan a continuación: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Falta de enfoque: debe potenciarse la dimensión práctica de la asignatura.</li> <li>b) Falta de identidad: por no contar con software idóneo no se han cumplido los objetivos de la materia. En alguna ocasión se utilizaron guías y software de otras materias para solventar la carencia de material propio.</li> <li>c) Falta de bibliografía: existen muy pocos libros en el país relacionados con el tema.</li> <li>d) Mala ubicación de la asignatura en el pensum: se constata que para cursar Simulación son necesarios algunos conocimientos de Distribución en Planta y de Tiempos y Movimientos, entre otros.</li> </ul>
<b>Solución propuesta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establecimiento de los contenidos de la asignatura.</li> <li>b) Elaboración de un Manual de referencia de Simulación.</li> <li>c) Determinación del software idóneo.</li> <li>d) Diseño de Guías de Laboratorio.</li> <li>e) Reubicación de la asignatura en el pensum.</li> <li>f) Elaboración de cartas didácticas o planes de clases.</li> </ul>
<b>Relación con otros proyectos</b>	Existe una tesis titulada: "Investigación y diseño del laboratorio de Simulación Industrial de la Ciudadela Don Bosco".
<b>Importancia del proyecto</b>	El proyecto permitirá que Simulación Industrial se imparta con el debido apoyo didáctico, consiguiendo de esta forma los objetivos para los cuales fue diseñada.

# ÍNDICE

Pág. No.

## RESUMEN DEL ESTUDIO

## INTRODUCCIÓN

<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1 – Antecedentes del problema.....	1
1.2 – Importancia y justificación.....	3
1.3 – Definición del problema.....	5
1.3.1 – Objetivo general.....	9
1.3.2 – Objetivos específicos.....	9
1.3.3 – Alcances.....	9
1.3.4 – Limitaciones.....	9
1.3.5 – Plan matriz del proyecto.....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO. ....</b>	<b>12</b>
2.1 – Marco histórico. ....	12
2.1.1 – La simulación en la historia. ....	12
2.2 – Marco conceptual. ....	14
2.2.1 – Definición de conceptos. ....	14
2.2.2 – Tipos de modelos. ....	16
2.2.3 – Pasos para la construcción de un modelo.....	17
2.2.4 – Lenguajes de simulación. ....	20
2.2.5 – Selección de lenguajes de simulación.....	20
2.2.6 – Ventajas y desventajas. ....	21
2.2.6.1 – Lenguaje de tipo general.....	22
2.2.6.2 – Lenguaje específico de simulación.....	22
2.3 – Marco situacional.....	23
2.3.1 – Ingeniería Industrial y simulación.....	23
2.4 – Fundamentos. ....	26
2.4.1 – Principios estadísticos y Probabilísticos.....	26

2.4.2 – Principios de Distribución en Planta.....	27
2.4.3 – Principios de Estudio de Tiempos y Movimientos.....	28
2.4.4 – Principios de Investigación de Operaciones.....	29
2.4.5 – Principios de Diseño Asistido por Computadora.....	30
<b>CAPÍTULO III: CONTENIDOS DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>31</b>
3.1 – Comparación de programas de estudios de diferentes universidades..	31
3.1.1 – Resultados del estudio sinóptico de contenidos temáticos.....	36
3.2 – Temas comunes. ....	39
3.3 – Propuesta de contenidos. ....	40
3.4 – Aplicación en la UDB y en El Salvador. ....	41
3.5 – Perfil del catedrático.....	42
<b>CAPÍTULO IV: ESTUDIO DEL PENSUM DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....</b>	<b>45</b>
4.1 – Propuesta de nuevo pensum. ....	45
4.2 – Proceso de validación del nuevo pensum.....	50
<b>CAPÍTULO V: ESTUDIO SINÓPTICO DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN.....</b>	<b>51</b>
5.1 - Criterios de selección.....	51
5.2 – Sinopsis del software de simulación.....	55
5.3- Proceso de selección .....	55
5.4- Elección del software de simulación.....	63
<b>CAPÍTULO VI: CALENDARIZACIÓN DE ACTIVIDADES Y PLANES DE CLASES .....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO VII: MANUAL DE REFERENCIA DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO VIII : GUÍAS DE LABORATORIO .....</b>	<b>77</b>
Guía #1 : Entorno de Arena® .....	78
Guía #2 : Trabajando con Arena®.....	89
Guía #3 : Operaciones básicas del modelado I.....	98
Guía #4 : Operaciones básicas del modelado II.....	113
Guía #5 : Modelado Intermedio .....	129

Guía #6 : Introducción al análisis estadístico en Arena.....	142
Guía #7 : Transporte de entidades en Arena.....	149
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>157</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>159</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>161</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>166</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO 1: Componentes del computador.....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 2: Software de Simulación aplicado a la Industria.....</b>	<b>178</b>
<b>ANEXO 3: Seminarios y capacitación de Simulación.....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO 4: Ejemplos prácticos de Simulación Industrial.....</b>	<b>194</b>

## **INTRODUCCIÓN.**

A continuación se presenta el proyecto de graduación:

*"Diseño de recursos didácticos para el área de Simulación Industrial en la UDB".*

Este trabajo de graduación consiste en fortalecer y operativizar esta cátedra con recursos didácticos afines, llenar los vacíos que actualmente posee e incentivar el mejoramiento de acuerdo a los cambios tecnológicos futuros.

Se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) La Ingeniería Industrial es una carrera dinámica debido a que está constantemente actualizándose ante los avances tecnológicos de las otras disciplinas.
- b) El desarrollo tecnológico en informática y electrónica ha llevado a diseñar e implementar software de gran utilidad en el área industrial; este es el caso del software de Simulación Industrial.
- c) La simulación de procesos industriales tiene por objeto incrementar la productividad, maximizar recursos, disminuir riesgos, tiempos y costos.

El Capítulo I se refiere a los aspectos generales de la investigación. El Capítulo II describe el marco teórico conceptual, situacional y los conocimientos fundamentales para la simulación. En el Capítulo III se presenta un estudio y análisis de los contenidos de Simulación Industrial, partiendo de la comparación del pensum de diferentes universidades con el fin de identificar los temas comunes y brindar una propuesta de contenidos que tenga aplicabilidad en nuestra realidad nacional. Asimismo, se establece el perfil y competencias del catedrático.

El estudio del pensum de Ingeniería Industrial y la propuesta de ubicación de las asignaturas es detallado en el Capítulo IV; se hizo el estudio sinóptico del software de simulación el cual se ubica en el capítulo V. El Capítulo VI desarrolla el tema Calendarización y Planes de clases. El Manual de Referencia es una herramienta virtual que será de gran ayuda para el maestro y alumnos (Capítulo VII). Finalmente, las guías de laboratorio (Capítulo VIII) llevan a la práctica todos los conocimientos teóricos desarrollados en clase.

---

# **CAPÍTULO I: Generalidades**

---

# **CAPÍTULO I: GENERALIDADES.**

## **1.1- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**

El concepto de simulación es un término relativamente nuevo en el campo científico y en las disciplinas de ingeniería; se considera una herramienta de apoyo para realizar actividades a bajo costo y reducir el tiempo en la implantación de sistemas reales.

En los países desarrollados la simulación forma parte de las actividades productivas, de investigación y de servicio en las empresas, simulando ya no en equipo caro y complejo, sino en computadoras personales y estaciones de trabajo.

En los países en vías de desarrollo aún no ha sido aplicada la simulación como una herramienta para reducir tiempo, recursos y costos, debido al empirismo predominante en la mayoría de las empresas y por la inadecuada o escasa transferencia de tecnología de la que adolecen los países en vías de desarrollo.

La Universidad Don Bosco como una institución que busca incrementar la participación en el desarrollo económico y social de El Salvador, a través de los servicios científicos-tecnológicos y de la formación de profesionales altamente capacitados, se ha preocupado por incorporar la cátedra de Simulación Industrial a la población estudiantil de Ingeniería Industrial, para ser utilizada en beneficio del crecimiento empresarial y preparar mejor a los ingenieros del futuro.

Simulación Industrial tiene dos años de ser impartida en la U.D.B., período en el cual se han podido evaluar y detectar los problemas que enfrenta con el fin de solventar y mejorar la calidad de su enseñanza.

Con la experiencia que se obtuvo al momento de ser impartida dicha materia, se puede concluir que: El área de Simulación Industrial en la U.D.B necesita ser fortalecida y explotada al máximo debido a que enfrenta los siguientes problemas:

- Falta de enfoque;
- Falta de Identidad;
- Falta de Software;
- Falta de Recursos Bibliográficos;
- Mala ubicación de la asignatura en el plan de estudios.

Actualmente, la asignatura tiene como prerrequisito Investigación de Operaciones I, impidiéndose con este nivel académico aprovechar al máximo las virtudes y diferentes aplicaciones que pueden utilizarse a través de la simulación.

Los problemas a los que anteriormente se alude son producto de la insuficiente información bibliográfica, software y recurso humano capacitado y relacionado con dicha materia. Al mismo tiempo, son pocos los aportes que se han realizado a través de los trabajos de graduación sobre el área en cuestión, encontrándose solamente una tesis vinculada con la simulación de procesos.

La tesis antes citada se basó en la "Investigación y Diseño del laboratorio de Simulación Industrial de la Ciudadela Don Bosco", cuyo objetivo era realizar una investigación de alto nivel tecnológico sobre los novedosos sistemas y aplicaciones de Simulación Industrial para servir de base a la creación del respectivo laboratorio.

Lamentablemente dicho trabajo de graduación quedó solamente a un nivel teórico, no se llevó a cabo la creación del laboratorio y la adquisición de software de Simulación Industrial.

Es importante recalcar que Simulación no es un apéndice de materias como Probabilidad y Estadística e Investigación de Operaciones entre otras, pero sí debe admitirse que están íntimamente relacionadas. Entonces se afirma que todas estas asignaturas sirven de base para poder realizar modelos de diferentes procesos.

Se hace la aclaración que los software de "simulación" no siempre cumplen con los requisitos mínimos que se exigen, es decir, existen diferentes tipos de software (matemáticas, eléctrica, electrónica, etc.), pero no en todos se puede hacer simulación de procesos industriales tan específicamente como en los que han sido diseñados de forma ad hoc.

## **1.2- IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.**

La simulación es una herramienta importante en estos tiempos ya que permite:

- Visualizar o caracterizar un sistema que aún no existe y para el cual se desea encontrar la solución óptima.
- Modelar el comportamiento de un sistema real.
- Manipular una réplica del verdadero sistema para efectuar pruebas antes de comprometer a la empresa a efectuar grandes desembolsos de efectivo.
- Evaluar nuevas rutas de procesos y movimientos de materiales para la eliminación de operaciones innecesarias y determinar una buena distribución de planta.
- Establecer la capacidad de un sistema que se encuentra en operación.
- Mejorar el control bajo condiciones experimentales.
- Comparar alternativas de solución a un problema específico.
- Resolver situaciones complejas que no se pueden hacer mediante la aplicación de modelos analíticos.
- Reducir tiempo, recursos y costos en la solución preliminar de un problema.

La Universidad Don Bosco es la primera institución educativa de nivel superior en El Salvador que ha incluido Simulación Industrial en el plan de estudios vigente, el cual fue modificado en 1998, con la finalidad de formar ingenieros industriales altamente calificados y capacitados para diseñar, simular, instalar y optimizar sistemas integrados de personas, materiales, maquinaria y equipos.

Por ser una asignatura relativamente nueva en el país, aún no satisface los objetivos para los cuales fue incluida en el nuevo plan de estudios. Además, carece completamente de guías de laboratorio para programas de simulación de propósito específico.

Existen diferentes software que facilitan la simulación de procesos. La UDB no cuenta con estas herramientas para poder impartir laboratorios acordes a la temática de la materia. Es necesario que se haga un estudio que lleve a determinar cuál es el software más idóneo para la Universidad.

Por otra parte se carece de suficiente material bibliográfico contando solamente con un libro de texto y tres de consulta.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se califica como justificado el presente trabajo de graduación.

### 1.3 – DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En el cuadro 1 se presenta un resumen de la problemática, enfocándola según la situación inicial, la solución propuesta y cómo se relaciona con otros proyectos.

- **Situación inicial:** Presenta, en breves palabras, la realidad actual en torno a Simulación Industrial a partir de la entrada en vigencia del plan 1998.
  
- **Problemas:** Los cuales se detallan a continuación:
  - **Falta de enfoque:** Los temas actualmente desarrollados en clases no profundizan la simulación en sí, solamente se estudia a un nivel superficial y teórico.
  
  - **Falta de Identidad:** Los laboratorios prácticos no cuentan con guías relacionadas con la simulación, por lo tanto se ha tenido que llenar este espacio con el uso de guías de laboratorios de otras materias.
  
  - **Falta de Software:** El recurso más importante para el área de simulación industrial es el software o programas de aplicaciones prácticas, ya que si no se cuenta con este recurso, la materia pierde su enfoque e identidad y es catalogada como una materia teórica.
  
  - **Falta de Recursos Bibliográficos:** Se cuenta con pocos libros y uno de ellos es el que se ha tomado como texto; éste sirve de apoyo tanto al docente como a los estudiantes. Por lo tanto, es necesaria la diversificación de recursos bibliográficos.

- **Mala ubicación de la asignatura en el plan de estudio:** Simulación Industrial, por la ubicación que actualmente posee en el pensum, no hace uso de los conocimientos básicos de Diseño de Plantas y Sistemas, Planeación y Control de la Producción, Organización y Métodos, Estudio de Tiempos y Movimientos y Dibujo Asistido por Computadora (CAD).
- **Solución propuesta:** Menciona los aspectos que serán desarrollados para solventar los problemas descritos anteriormente.
- **Relación con otros proyectos:** Identifica cuáles son las investigaciones o tesis anteriores que están relacionadas con el proyecto en cuestión.

Por otra parte, se presenta de forma esquemática (cuadro 2) la **Red de Problemas** en donde se destacan las causas que originan el problema principal: "Falta de enfoque de la asignatura" y las consecuencias generadas.

Básicamente se trata de un diagrama Causa-Efecto, realizado con la finalidad de extraer las diferentes causas que originan el problema para darle solución posterior.

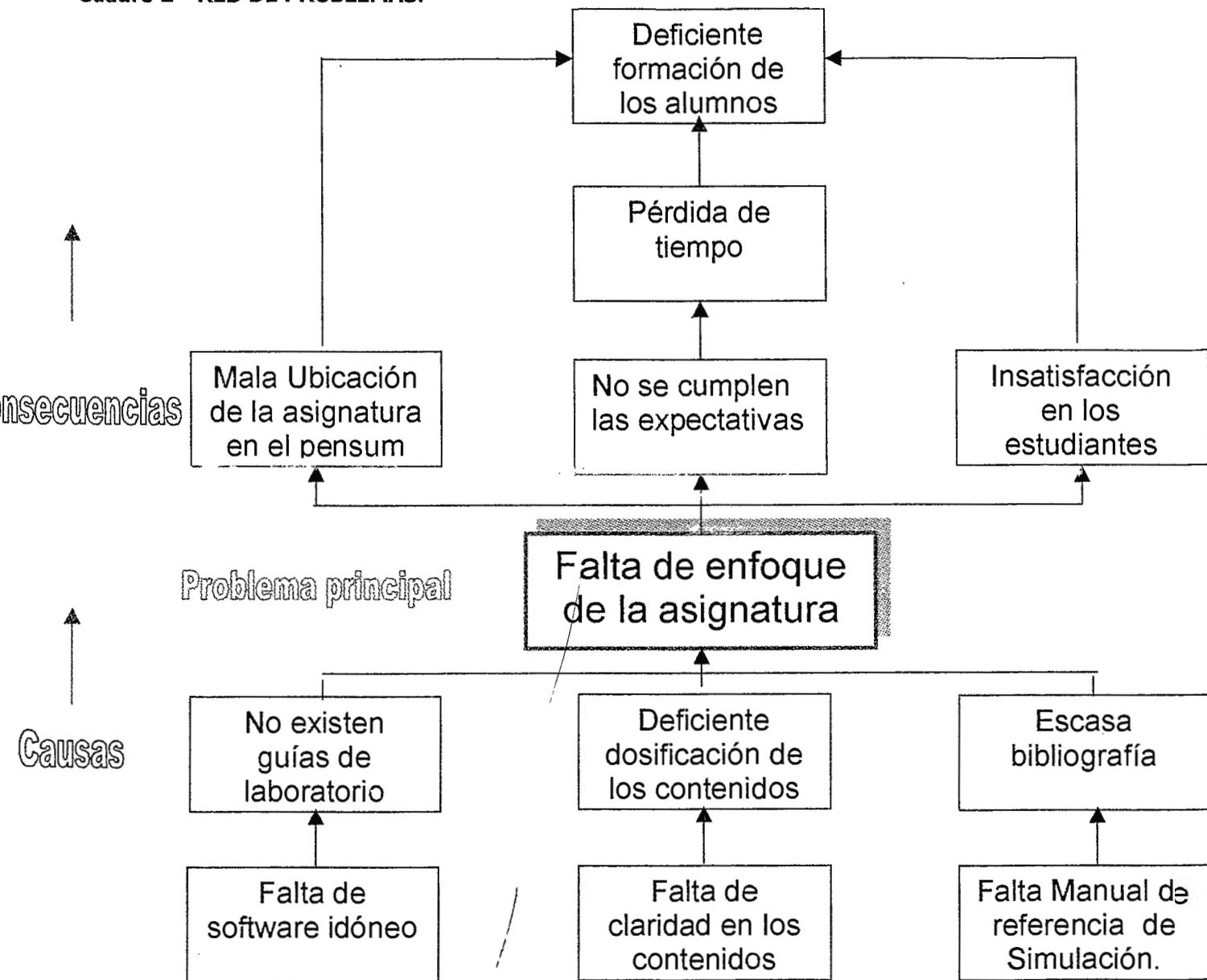
El planteamiento adecuado del problema es necesario e imprescindible, pues de esto depende la formulación de los objetivos, y en general toda la investigación.

## RESUMEN DE LA SITUACIÓN

<b>Título del proyecto:</b> Diseño de recursos didácticos para el Área de Simulación Industrial en la UDB.	
<b>Situación inicial</b>	Con la reforma educativa también se reestructuró el pensum de Ingeniería Industrial, pues se vio la necesidad de adaptarlo a las exigencias industriales de la actualidad. Uno de los principales cambios fue la introducción de materias que respondieran a los nuevos desafíos del mundo laboral. Sin embargo, estas asignaturas comenzaron a impartirse sin tener el apoyo logístico idóneo; en concreto, sin contar con la bibliografía y laboratorios que satisficieran las expectativas del educando, por lo que paralelamente fueron surgiendo diversos problemas e incertidumbres respecto al enfoque y horizonte real de las materias. Este es el caso de Simulación Industrial.
<b>Problemas</b>	Se han detectado diversos problemas que se detallan a continuación: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Falta de enfoque: debe potenciarse la dimensión práctica de la asignatura.</li> <li>b) Falta de identidad: por no contar con software idóneo no se han cumplido los objetivos de la materia. En alguna ocasión se utilizaron guías y software de otras materias para solventar la carencia de material propio.</li> <li>c) Falta de bibliografía: existen muy pocos libros en el país relacionados con el tema.</li> <li>d) Mala ubicación de la asignatura en el pensum: se constata que para cursar Simulación son necesarios algunos conocimientos de Distribución en Planta y de Tiempos y Movimientos, entre otros.</li> </ul>
<b>Solución propuesta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Establecimiento de los contenidos de la asignatura.</li> <li>b) Elaboración de un Manual de referencia de Simulación.</li> <li>c) Determinación del software idóneo.</li> <li>d) Diseño de Guías de Laboratorio.</li> <li>e) Reubicación de la asignatura en el pensum.</li> <li>f) Elaboración de cartas didácticas o planes de clases.</li> </ul>
<b>Relación con otros proyectos</b>	Existe una tesis titulada: "Investigación y diseño del laboratorio de Simulación Industrial de la Ciudadela Don Bosco".
<b>Importancia del proyecto</b>	El proyecto permitirá que Simulación Industrial se imparta con el debido apoyo didáctico, consiguiendo de esta forma los objetivos para los cuales fue diseñada.

**Cuadro 1- RESUMEN DE LA SITUACIÓN.**

Cuadro 2- RED DE PROBLEMAS.



### **1.3.1 - OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar y proporcionar a la Universidad Don Bosco una fuente de recursos didácticos para la asignatura de Simulación Industrial.

### **1.3.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- a) Investigar tendencias relacionadas con Simulación Industrial;
- b) Revisar los contenidos de Simulación Industrial según plan vigente de la Universidad Don Bosco (Plan 1998) y hacer recomendaciones;
- c) Presentar una propuesta de calendarización de contenidos a través de cartas didácticas o plan de clases;
- d) Reubicar la materia en un nuevo plan de estudios de Ingeniería Industrial;
- e) Elaborar guías de laboratorio según software de simulación;
- f) Redactar un Manual de referencia de Simulación para el profesor y alumno;
- g) Proporcionar información acerca de cursos, capacitaciones y seminarios relacionados con la simulación.

### **1.3.3 - ALCANCES.**

- Se establecerán los contenidos básicos de simulación de procesos industriales.
- Se conseguirá el software idóneo según los objetivos de la asignatura.
- Se diseñarán guías de laboratorio acordes al software de simulación que se obtenga.
- Se calendarizarán los contenidos a través de cartas didácticas.

### **1.3.4 - LIMITACIONES.**

- No existe en el país suficiente bibliografía.
- La simulación de los procesos industriales es un área poco explotada en El Salvador, por tanto no se cuenta con suficiente personal técnico entendido en la materia.

### 1.3.5 – PLAN MATRIZ DEL PROYECTO.

En el cuadro 3 se presenta el **Plan Matriz del proyecto** de forma que puedan visualizarse, de manera rápida, cuáles son los objetivos que se desean alcanzar, así como las actividades que se realizarán para llegar a la meta. Debe tenerse presente que los objetivos específicos surgieron como respuesta al planteamiento del problema, y más directamente a las causas descritas en el cuadro denominado Red de problemas.

La tabla posee las siguientes secciones:

**Línea estratégica:** Es un megaobjetivo o la visión de fondo que se pretende lograr en la UDB.

**Objetivo general:** son los aspectos más concretos de la visión que se tiene en el megaobjetivo.

**Objetivo del proyecto:** Expresa los resultados a obtener en la ejecución del proyecto.

**Objetivos específicos:** Tienen una naturaleza más concreta, indican resultados parciales que se derivan del objetivo del proyecto.

**Actividades:** Son parámetros indispensables que condicionan el logro de cada uno de los objetivos específicos; implican, en ocasiones, realizar algunas tareas.

	<b>OBJETIVOS</b>		<b>INDICADORES</b>	<b>FUENTES</b>	<b>SUPOSICIONES</b>
<b>LÍNEA ESTRATÉGICA</b>	Mejorar la calidad de la educación en la UDB		Ingenieros mejor preparados	Consulta a expertos y a empresas de contratación.	Mayor aceptación de exalumnos por parte de las empresas.
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Diseñar recursos didácticos para Simulación Industrial en la Universidad Don Bosco		Prácticas de laboratorio según temática y software	Dirección de Escuela	Apoyo de la Escuela de Ingeniería Industrial y del Decanato de Ingeniería.
<b>OBJETIVO DEL PROYECTO</b>	Identificar los principales problemas de Simulación Industrial en la UDB y establecer las pautas para resolverlos		Mayor efectividad en el aprendizaje	Alumnos	Satisfacción por parte del alumnado
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>					
	a) Elegir software idóneo.	b) Calendarizar contenidos.	c) Diseñar Manual de referencia de Simulación	d) Elaborar guías de laboratorio.	e) Reubicar la materia.
<b>ACTIVIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de diferentes software.</li> <li>• Investigación bibliográfica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección de temas según objetivos.</li> <li>• Asignación de tiempo y recursos.</li> <li>• Elaboración del nuevo contenido temático de la materia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de los contenidos del Manual de referencia de Simulación.</li> <li>• Establecimiento de la didáctica del Manual.</li> <li>• Estructura del Manual de referencia.</li> <li>• Redacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio del software de Simulación.</li> <li>• Establecimiento de los temas de las guías.</li> <li>• Diseño de la estructura de las guías.</li> <li>• Diseño de las guías según temas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del pensum de Ingeniería Industrial.</li> <li>• Comparación con el pensum de otras universidades.</li> <li>• Determinación de prerequisites</li> <li>• Reubicación de Simulación Industrial y de otras materias.</li> </ul>

**Cuadro 3- Plan Matriz del Proyecto.**

---

## **CAPÍTULO II: Marco Teórico**

---

## **CAPITULO II – MARCO TEORICO.**

Las siguientes secciones tienen la finalidad de establecer un marco de referencia teórico con el cual se parte para la investigación del material didáctico a utilizar en Simulación Industrial.

### **2.1 – MARCO HISTÓRICO.**

A continuación se relata la evolución histórica y el impacto que ha tenido la simulación industrial en el transcurso del tiempo.

#### **2.1.1 – LA SIMULACIÓN EN LA HISTORIA**

“La simulación es un concepto relativamente nuevo en el campo de la investigación y se deriva de las técnicas de modelos encontrados en otras disciplinas.

El Sr. John Von Neuman fue uno de los pioneros del concepto de simulación a finales de 1940. El concibió la idea de hacer repeticiones múltiples de pruebas en modelos, reuniendo datos estadísticos y obteniendo el comportamiento del sistema real basado en ese modelo; esto se conoció como el **Método de Montecarlo**, porque el uso aleatorio generó variaciones para representar comportamientos que no podían modelarse exactamente, pero sí caracterizarse estadísticamente.

El Método de Montecarlo, el primer método de simulación, fue catalogado como el estudio de las leyes del azar y tuvo tanto éxito que su popularidad se amplió y se utilizó en la milicia para conocer la efectividad del bombardeo aéreo en la Segunda Guerra Mundial y en aplicaciones civiles e investigativas”<sup>1</sup>

“La simulación por computadora se viene empleando desde los años 50. Inicialmente reservada a proyectos militares a gran escala o proyectos científicos de

---

<sup>1</sup> GUEVARA-ALFARO, *Investigación y diseño del laboratorio de Simulación Industrial de la Ciudadela Don Bosco*, Tesis 434 G934, San Salvador, 1998.

grandes dimensiones. A partir de los años 60 la evolución histórica del software comercial de simulación se ha dividido en cinco períodos:

- 1- Hasta 1960, todos los modelos de simulación se escribían en lenguajes de propósito general, por ejemplo, FORTRAN.
- 2- En el período de 1960 a 1965 se crearon los primeros lenguajes especiales de simulación: GPSS, SIMULA, GAPS, SIMSCRIPT, CSL y otros.
- 3- En el período de 1966 a 1970 se desarrolló la segunda generación de lenguajes especiales: GPSS II, SIMULA 67 y otros.
- 4- De 1971 en adelante se desarrollaron lenguajes con enfoque más moderno, como el SLAM o Q-GERT, con posibilidades de mezclar en el mismo modelo componentes continuos y discretos.
- 5- Se desarrollaron lenguajes integrados referentes a la simulación que además de aumentar sus funciones en sí mismos, incluían herramientas para diseñar, escribir y verificar modelos sin necesidad de utilizar lenguajes de programación. Ejemplo, MODSIM II<sup>2</sup>.

Actualmente, con el desarrollo tecnológico e informático se encuentran en el mercado diversidad de programas que están orientados a solventar cualquier tipo de necesidad.

---

<sup>2</sup> ARANA, Pilar, *Aplicaciones de la Simulación por ordenador a la programación de trabajos en JOB-SHOP*, Tesis Doctoral, País Vasco, España, 1998, 264 págs.

## 2.2 – MARCO CONCEPTUAL.

A continuación se presenta la definición de algunos conceptos importantes que sirven para comprender más ampliamente la simulación.

### 2.2.1 – DEFINICION DE CONCEPTOS.

“La **SIMULACIÓN** es la imitación de la operación de un proceso o de un sistema a través del tiempo. Ésta se centra en la metodología de formulación y resolución de problemas y es utilizada para describir y analizar el comportamiento de un sistema mediante técnicas de preguntas “¿Qué pasaría si ....?”, referente al sistema en cuestión.

La simulación de un proceso industrial empieza por el desarrollo de un programa capaz de repetir características de comportamiento de dicho proceso ante los cambios en sus variables. Como es imposible repetir exactamente dichas características, necesariamente deben aproximarse para que la simulación sea lo más real posible”<sup>3</sup>.

Un **SISTEMA** es un conjunto de entidades que actúan e interactúan para la realización de un fin lógico. La descripción exacta del sistema normalmente depende de los objetivos del estudio de la simulación. Por ejemplo, lo que puede ser un sistema para un estudio en particular, puede ser sólo un subconjunto del sistema general para otro. Los sistemas tienden en general a ser dinámicos, su estado varía en el tiempo.

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

---

<sup>3</sup> BANKS, Jerry, *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, Introduction To Simulation*. Pág 7, Atlanta, G.A.

En un sistema, un objeto de interés se llama **ENTIDAD** y cualquier propiedad de una entidad se llama **ATRIBUTO**.

Los sistemas se pueden clasificar en discretos o continuos.

Un **SISTEMA DISCRETO** es aquel en el cual las variables de estado cambian sólo en puntos discretos o contables con el tiempo. Un banco es un ejemplo de sistema discreto, ya que las variables de estado cambian sólo cuando llega un cliente, o cuando un cliente termina sus trámites y se va. Estos cambios tienen lugar en puntos discretos en el tiempo.

Un **SISTEMA CONTINUO** es aquel en el que las variables de estado cambian en forma continua a través del tiempo. Un proceso químico es un ejemplo de un proceso continuo. En este caso, el estado del sistema varía continuamente a través del tiempo. Estos sistemas se modelan en general mediante ecuaciones diferenciales.

“El **MODELO** es la construcción de una representación de un sistema real y de su funcionamiento, basada en dos principios fundamentales:

- a) Un modelo representa un sistema o entorno. Su exactitud y complejidad dependen del número de factores considerados y de las hipótesis asumidas.
- b) Un modelo se construye para encontrar una solución.

Los componentes de un modelo son los **OBJETOS** y las **RELACIONES** entre ellos. Los objetos representan los elementos del Sistema Físico: piezas, máquinas, personas y otros, mientras que las relaciones representan las reglas de funcionamiento y gestión del sistema.

Cada objeto está caracterizado por diferentes atributos que definen, a su vez, el estado de un objeto en un instante dado. Un **SUCESO** se produce cuando cambia el estado de uno o varios objetos y por tanto el sistema<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> ARANA, Pilar., OC, Pág. 170.

## 2.2.2 – TIPOS DE MODELOS.

“Los modelos de simulación pueden clasificarse en dos tipos principales<sup>5</sup>:

- a) **Modelos Estocásticos o Probabilísticos:** Tratan con sistemas cuyo comportamiento sólo cambia en instantes dados. Las variables dentro de este modelo, sufren modificaciones aleatorias con respecto a un valor promedio; dichas variaciones pueden ser manejadas mediante distribuciones de probabilidad. Un ejemplo ocurre en las líneas de espera donde el interés radica en la estimación de medidas como el tiempo de espera promedio o la longitud de la línea de espera. Estas medidas sólo cambian cuando un cliente entra o sale del sistema. En todos los demás momentos, no ocurre nada en el sistema.
  
- b) **Modelos continuos:** Tratan con sistemas cuyo comportamiento cambia continuamente de forma con el tiempo. Este tipo de modelo emplea relaciones matemáticas para describir las características del sistema. Son ejemplos los modelos para el estudio de fluidos e intercambio de calor, entre otros.

“La selección de un modelo depende de las características que éste presente: Confiabilidad, sencillez, bajo costo de desarrollo y operación, manejabilidad, de fácil entendimiento y relación positiva de costo-beneficio”<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Según el libro de AZARAN-GARCIA, los modelos también pueden clasificarse de la siguiente manera:

**Modelos Icónicos:** Se asemejan al sistema real, generalmente manejados en otra escala.

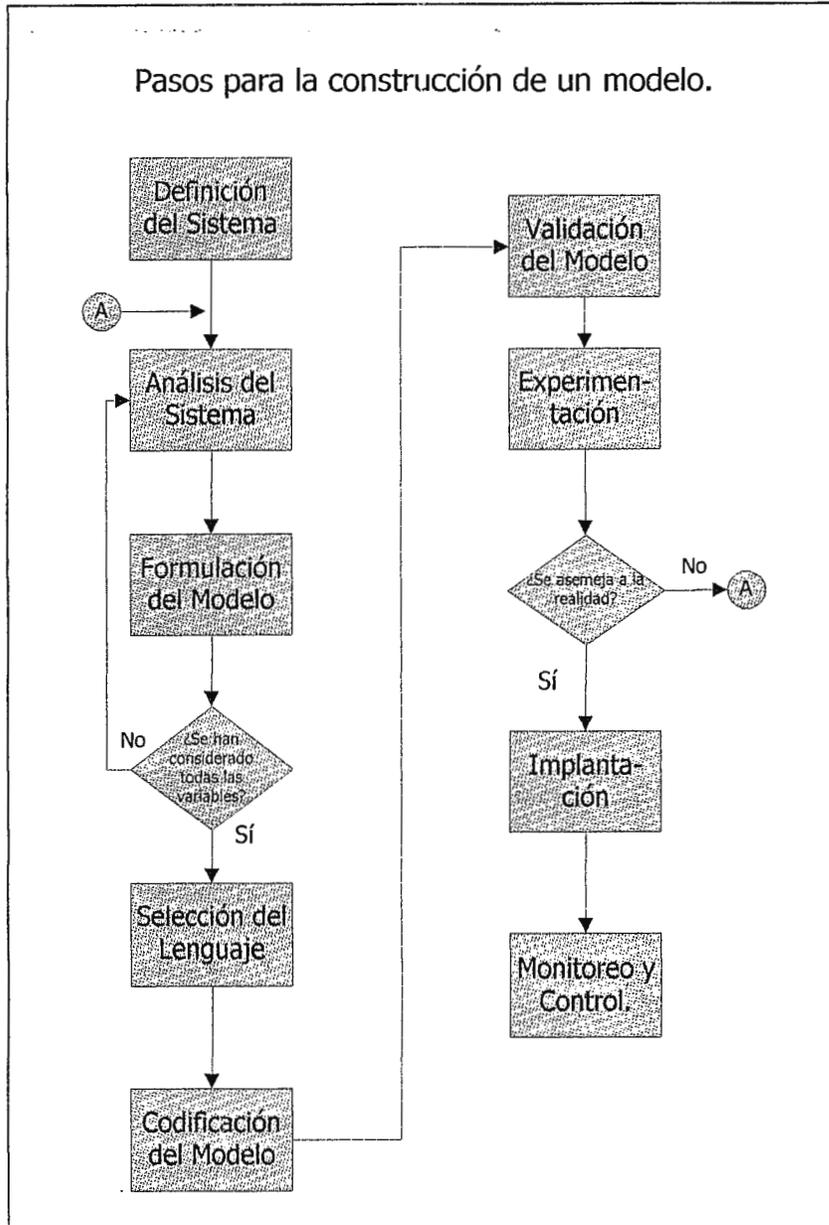
**Modelos Analíticos:** son modelos en los que una propiedad del sistema real se puede sustituir por otra diferente que se comporta de manera similar.

**Modelos Simbólicos:** son aquellos en los que se utiliza un conjunto de símbolos en lugar de una entidad física para representar a la realidad.

<sup>6</sup> AZARANG-GARCIA, OC, pág 2.

### 2.2.3 – PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO

“Los pasos fundamentales para llevar a cabo un proyecto de modelización y simulación son los siguientes:



**Cuadro 4- Pasos para la construcción de un modelo.**

**a) Definición del sistema:**

Cada estudio debe comenzar con la descripción completa del problema o del sistema. Incluye la correcta identificación del objetivo, de las variables de decisión, las restricciones, la medida de efectividad, las variables no controlables y su comportamiento estadístico.

**a) Análisis del Sistema:**

Implica la descripción de las interacciones lógicas entre las variables de decisión, de tal suerte que se optimice la medida de efectividad en función de las variables no controlables, sin olvidar las restricciones del sistema.

Es indispensable la definición de algunos términos, tales como: Estado, evento, entidad y atributos<sup>7</sup>.

**b) Formulación del modelo:**

Consiste en generar un código lógico-matemático que defina en forma exacta las interacciones entre las variables; debe ser una definición sencilla pero completa del sistema. Al generar las interacciones es importante tener en cuenta que se va a llevar a cabo a través del tiempo y que el uso de listas o cadenas de eventos darán la pauta en el manejo de las variables.

**c) Selección del lenguaje:**

De la selección del lenguaje dependerá el tiempo de desarrollo del modelo de simulación. Es importante utilizar el lenguaje que mejor se adecue a las necesidades de simulación que se requieran. La selección puede ser usar un lenguaje de propósito general o específico.

**d) Codificación del modelo:**

Consiste en generar las instrucciones o códigos computacionales necesarios para lograr que el modelo pueda ser ejecutado en algún tipo de computadora. La duración de este proceso está directamente relacionada con la selección del lenguaje.

**e) Validación del modelo:**

Tiene como objeto determinar la habilidad de un modelo para representar la realidad. La validación se lleva a cabo mediante la comparación estadística entre los resultados del modelo y los resultados reales.

**f) Experimentación:**

Determina las diversas alternativas que pueden ser evaluadas, seleccionando las variables de entrada y sus diferentes niveles con la finalidad de optimizar las variables de respuesta del sistema real.

**g) Implementación:**

Una vez seleccionada la mejor alternativa, es importante llevarla a la práctica.

**h) Monitoreo y control:**

No hay que olvidar que los sistemas son dinámicos y con el transcurso del tiempo es necesario modificar el modelo de simulación, ante los nuevos cambios del sistema real, con el fin de llevar a cabo actualizaciones periódicas que permitan que el modelo siga siendo una representación del sistema.

En la etapa de modelaje el analista debe poseer suficiente información para traducir el problema planteado. Pasa por una etapa de reflexión que se concreta a

---

<sup>7</sup> Ver Glosario.

menudo gráficamente. Este gráfico simboliza el problema a estudiar; por lo tanto, la modelización es una etapa importante y delicada”<sup>8</sup>.

## 2.2.4 - LENGUAJES DE SIMULACIÓN.

En un principio los programas de simulación se elaboraban utilizando algún **lenguaje de propósito general**, los cuales continúan siendo desarrollados para aplicaciones generales en alto o bajo nivel, necesitando la elaboración de algoritmos y codificación por programación estructurada en lenguajes como: FORTRAN, PASCAL, C++, ASSEMBLER y otros. Con el transcurso del tiempo se fueron identificando diferentes situaciones que llevaron a estandarizar instrucciones de programación en rutinas bien definidas. De este concepto nació el diseño de **lenguajes específicos** para programas de simulación, con los cuales se ha ido facilitando al usuario la programación de sus modelos, ejemplo: SIMAN, ARENA, PROMODEL y SIMUL8, entre otros.

## 2.2.5- SELECCIÓN DE LENGUAJES DE SIMULACIÓN

“La selección del lenguaje es el primer paso para transformar todas las interacciones del sistema real en ecuaciones matemáticas sencillas que lo representen; de esta decisión depende la sencillez o dificultad de la transformación de la realidad al modelo.

La decisión depende principalmente de varios factores:

1. Deben tomarse en cuenta las necesidades específicas que se tratan de satisfacer y las características de las opciones disponibles; es importante conocer la naturaleza del sistema a simular, sus componentes, flujos y reglas de comportamiento.

---

<sup>8</sup> AZARANG-GARCIA, OC, pág.

2. Es necesario determinar el objetivo que se persigue, definiendo con mucha precisión las respuestas que se esperan de la simulación.
3. Hay que cuestionarse sobre el método de simulación necesario para elaborar el modelo requerido, para que se puedan descartar todos los simuladores no apropiados.
4. Debe verificarse el equipo computacional con el que se cuenta, para estimar el costo de adecuación y valorar el tiempo y dinero que hay que invertir para capacitarse en su uso.
5. Es importante estudiar la existencia de documentación y libros de consulta, la rapidez de programación, la velocidad de respuesta, los formatos de salida y la flexibilidad para hacer cambios.
6. En caso de que exista el lenguaje, es importante evaluar los beneficios que aportaría invertir en dicho lenguaje y considerar que ese análisis económico podría incluso conducir al uso de un lenguaje general"<sup>9</sup>.

### **2.2.6 - VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

"Ya sea que se seleccione un lenguaje de tipo general o específico, es preciso tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno de ellos; a continuación se enumeran algunas:

---

<sup>9</sup> AAVV, *Lenguajes de Simulación.*, Trabajo de investigación. Universidad Don Bosco 1998.

### **2.2.6.1 - LENGUAJE DE TIPO GENERAL:**

#### **a) VENTAJAS :**

1. Integración en las computadoras. La mayoría de las computadoras que existen en el mercado, traen integrado algún lenguaje de tipo general, así no es necesario realizar algún tipo de inversión adicional.
2. No se requiere capacitación del programador porque la actividad es traducir operaciones lógicas a un lenguaje que conoce y domina.
3. Permite mayor flexibilidad de programación que ciertos lenguajes de simulación.
4. Un eficiente programa escrito en lenguaje general puede tomar menos tiempo de ejecución que uno escrito en un lenguaje de simulación.

#### **b) DESVENTAJAS:**

1. El tiempo de desarrollo y programación es mayor, pues no poseen funciones de simulación integradas.
2. El análisis de sensibilidad se dificulta después de programar el sistema original, ya que se requiere un tiempo de desarrollo alto para manejar diferentes escenarios.
3. Alta probabilidad de cometer errores en el momento de realizar la programación, principalmente a causa de la gran cantidad de instrucciones que requiere el uso de este tipo de lenguaje, lo que incrementa el número de pruebas de validación.

### **2.2.6.2- LENGUAJE ESPECÍFICO DE SIMULACIÓN.**

#### **a) VENTAJAS:**

1. El tiempo de desarrollo de la programación es muy corto porque se trata de lenguajes sintéticos basados en programación por bloques o subrutina, incluso algunos de ellos están encaminados al usuario, de tal forma que ya no es indispensable programar.
2. Permiten realizar análisis de sensibilidad fácilmente y en un corto tiempo; tienen alta flexibilidad para hacer cambios.

3. Integran funciones como generación de números aleatorios, análisis estadísticos y gráficas.
4. Tienen alta fiabilidad que conduce a una validación de resultados sencilla y rápida.
5. Permiten definir y entender mejor el sistema a simular gracias a que se tiene una visibilidad superior de la estructura general del modelo y se aprecian más fácilmente las interpretaciones.

#### **b) DESVENTAJAS:**

1. Es necesario invertir en la adquisición del software.
2. Se requiere de tiempo y costo en la capacitación de los programadores del nuevo lenguaje.
3. La computadora de la compañía y el software a adquirir deben ser compatibles<sup>10</sup>.

### **2.3 – MARCO SITUACIONAL.**

Este apartado muestra la evolución de Ingeniería Industrial a lo largo de la historia; además, presenta las exigencias del mercado mundial que han promovido el desarrollo de nuevas herramientas que permiten al profesional prepararse integralmente para el cumplimiento de los objetivos de las organizaciones.

#### **2.3.1 – INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SIMULACIÓN.**

“La Ingeniería Industrial comenzó a principios del Siglo XX con la aplicación de métodos científicos en el área de producción. Por estar desde el inicio orientada a la manufactura, se llegó a conocer como “**Producción industrial**” o “**Ingeniería de Administración**”. Ingeniería Industrial es usualmente definida como la integración óptima de sistemas compuestos por máquinas, personas, materiales, recursos monetarios y métodos.

---

<sup>10</sup> AAVV, Págs. 10-13

Hoy en día, la tendencia mundial a la competitividad, globalización y a los constantes cambios sociales, económicos y tecnológicos que caracterizan el medio ambiente dinámico por el que pasa nuestra sociedad, hace necesario que las organizaciones busquen nuevas opciones y formas de operar, que permitan optimizar la utilización de los recursos para ofrecer bienes y servicios de clase mundial y así lograr los objetivos que persiguen.

En todo este proceso de búsqueda, las herramientas de Ingeniería Industrial brindan los conocimientos de optimización de recursos, a fin de buscar que cada área de la organización trabaje de la mejor manera posible hacia el logro de los objetivos comunes.

El profesional en Ingeniería Industrial está preparado para desempeñarse ampliamente, tanto en la industria de transformación como en empresas de servicios, dentro de ambientes multiculturales, complejos y dinámicos, trabajando en los sistemas productivos y/o en los soportes administrativos de una organización; en áreas tales como administración de la producción, ingeniería de planta, planeación, finanzas, aseguramiento de la calidad, administración de proyectos, etc., pudiendo alcanzar puestos directivos dentro de ellas”<sup>11</sup>.

Dentro de los ambientes dinámicos y complejos que se viven a diario en todo tipo de organizaciones, se ha presentado la necesidad de crear y aplicar nuevas herramientas para la solución de problemas en una forma rápida y efectiva.

La simulación aplicada a la industria es una herramienta de Ingeniería Industrial que le permite al profesional incrementar la productividad, maximizar recursos, disminuir riesgos, tiempo y dinero mediante las matemáticas, estadísticas y el desarrollo y uso de software.

---

<sup>11</sup> Cfr. : <http://www.sistema.itesm.mx/va/perfiles/iis.html>

Los ingenieros industriales pueden aplicar sus conocimientos de simulación para el análisis de cuellos de botella, análisis del funcionamiento de nuevos equipos, pruebas de hipótesis, determinar el comportamiento de un sistema mediante la modificación de una o más variables, el entendimiento operativo del sistema, distribución y logística, diseño y mantenimiento de inventarios, incremento en el número de partes producidas por unidad de tiempo, reducción del inventario en proceso de partes, incremento en la utilización de las máquinas, aumento en la frecuencia de entrega de productos a tiempo y reducción en los requerimientos de capital.

La simulación se está convirtiendo en una herramienta estándar que todo ingeniero industrial debe manejar, proliferándose en compañías grandes y pequeñas, proyectando a expandirse y a crecer durante la próxima década<sup>12</sup>. Un ejemplo que se puede citar es el de la compañía manufacturera de vehículos **Volkswagen**, (ver ejemplo 2.1), que se vio en la necesidad, en 1997, de aplicar las técnicas de simulación para mejorar el servicio al cliente, tiempo de entrega y reducción de costos por una mala distribución de vehículos e incremento de inventario.

### **Ejemplo 2.1 Volkswagen ahorra millones en entrega de vehículos por medio de la simulación.**

Volkswagen fabrica sus vehículos en dos plantas ubicadas en México y Alemania, los cuales son comercializados en Norteamérica. Los vehículos son llevados a uno de los cinco puertos de los Estados Unidos, en donde



son almacenados y posteriormente transportados a través de camiones a las agencias de ventas ubicadas en las mejores áreas del país.

La compañía decidió mejorar la red de distribución de vehículos con dos objetivos fundamentales:

---

<sup>12</sup> Cfr.: <http://www.sistema.itesm.mx/va/perfiles/iis.html>

- a) Mejorar el servicio al cliente y tiempo de entrega;
- b) Reducir los costos generados por una mala distribución e inventario.

Por tal razón, contrató los servicios de especialistas quienes a través de la simulación construyeron un modelo de todo el sistema y con base en la selección apropiada del software y a la experimentación llegaron a una solución óptima.

Los resultados fueron sorprendentes ya que mediante cambios en el sistema de transporte y la creación de más centros de distribución ubicados en zonas estratégicas, la compañía disminuyó sus costos en esos rubros, ahorrándose más de \$20 millones al año. Otro resultado de gran importancia fue el incremento de la satisfacción de los clientes al recibir sus vehículos a tiempo<sup>13</sup>.

El ejemplo anterior representa uno de los numerosos casos que suelen ser resueltos por medio de la simulación industrial.

## **2.4 – FUNDAMENTOS**

Los siguientes puntos son una descripción de los conocimientos necesarios para el aprendizaje de la simulación.

### **2.4.1 – PRINCIPIOS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS.**

La Estadística es una ciencia que permite el tratamiento sistemático de fenómenos que involucran variaciones aleatorias, a la vez, proporciona las herramientas necesarias para hacer inferencias sobre un todo, a base de datos recopilados en unos cuantos elementos observados de la población.

---

<sup>13</sup> Cfr. <http://www.promodel.com/success/volkswagen.html>

La Probabilidad es una ciencia que estudia los modelos con los que pueden describirse dichos fenómenos y aporta los elementos de validación de los métodos estadísticos.

Los temas que fundamentales en esta asignatura son:

1. Teoría de Probabilidad.
2. Variables Aleatorias.
3. Distribuciones Discretas.
4. Distribuciones Continuas.
5. Distribución Normal.
6. Estadística Descriptiva.
7. Estimación Estadística y Distribuciones de Muestreo.
8. Pruebas de Hipótesis.

Los temas de Distribuciones de probabilidad discretos y continuos constituyen una de las bases principales para la creación de modelos de simulación.

#### **2.4.2 – PRINCIPIOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.**

La Distribución de Planta se define como el planeamiento de la ruta de las partes componentes del producto para obtener la más efectiva y económica interrelación entre hombres, equipos y movimiento de material.

Esta asignatura se considera como uno de los pilares de Ingeniería Industrial y tiene como objetivo capacitar en la solución de problemas industriales relacionados con la Distribución de plantas industriales, tales como:

- Proyecto de una planta completamente nueva.
- Expansión o traslado a una planta ya existente.
- Reordenamiento o traslado a una planta ya existente.
- Ajustes menores en distribuciones ya existentes.

En esta materia se profundiza sobre los factores que afectan a la Distribución de Plantas Industriales: Factor material, maquinaria, hombre, movimiento, espera o almacenamiento, servicio, edificio y el factor de cambio. A la vez se enfatiza en los principios básicos o enunciados que se describen a continuación:

1. "La mejor distribución integra los materiales, personas, maquinarias y movimientos".
2. "Mínima distancia recorrida".
3. "Circulación en orden de la materia prima".
4. "Aprovechamiento del espacio cúbico".
5. "Satisfacción y seguridad".
6. "Flexibilidad".

Los principios de distribución de planta son un fundamento para una simulación y animación exitosa.

### **2.4.3 – PRINCIPIOS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.**

Según la OIT, es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

Los objetivos de la Medición del Trabajo se enuncian a continuación:

- Reducir o eliminar el tiempo improductivo de un trabajo.
- Fijar tiempos tipos o estándar para la ejecución de un trabajo.

El Estudio de Tiempos y Movimientos puede ser utilizado para:

- Comparar la eficacia de varios métodos.
- Repartir el trabajo equitativamente en el tiempo.
- Determinar mediante diagramas la cantidad de máquinas que un operario puede atender.

- Obtener información en que basar el programa de producción, presupuesto de oferta, plazos de entrega y precio de venta.
- Obtener información que permita controlar los costos de mano de obra y mantener los costos estándares.
- Establecer planes de incentivos.

Debido a la riqueza del contenido de esta asignatura se considera como un fundamento de la Simulación Industrial.

#### **2.4.4 – PRINCIPIOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.**

La Investigación de Operaciones comprende una investigación científica y creativa hacia las propiedades fundamentales de las operaciones y tiene que ver con la administración práctica de las organizaciones.

El objetivo que presenta esta asignatura es desarrollar habilidades para formular y crear modelos en investigación de operaciones con énfasis en algunos temas de Programación Matemática, así como obtener soluciones para dichos modelos, analizarlos e interpretarlos, ya sea manualmente o mediante la utilización de algún software.

Los objetivos generales son:

- Definir el problema.
- Formular el problema mediante un modelo matemático.
- Obtener soluciones.
- Verificar el modelo.
- Realizar análisis de sensibilidad.

Entre los temas que se imparten en esta asignatura están:

- Aspectos generales de Investigación de Operaciones.
- Modelación de problemas.

- Programación lineal.
- Teoría de colas.
- Programación dinámica
- Introducción a la teoría de red.

Investigación de Operaciones se aplica con amplitud en los negocios, industria, la milicia, el gobierno y en dependencias civiles.

Debido a la introducción a los conceptos de modelos y solución de problemas, Investigación de Operaciones es un prerrequisito para Simulación Industrial.

#### **2.4.5 – PRINCIPIOS DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.**

El Diseño Asistido por Computadora es una nueva técnica para ingenieros, que permite elaborar e interpretar planos para expresar ideas, teniendo por objeto realizar diseños en ingeniería.

En esta asignatura se abarcan temas tales como:

- Proyecciones y vistas.
- Acotación.
- Tolerancias y discrepancias.
- Secciones y convenciones.
- Vistas Auxiliares.
- Dibujos Isométricos.
- Utilidades y órdenes de ayuda al dibujo.
- Salida a impresora o plotter.

Esta asignatura brinda las bases necesarias para el diseño y distribución de plantas industriales en donde se pueden animar procesos productivos de simulación.

---

## **CAPÍTULO III: Contenidos de Simulación Industrial**

---

## **CAPÍTULO III: CONTENIDOS DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL.**

Este capítulo tiene la finalidad de comparar los contenidos temáticos de Simulación Industrial haciendo una sinopsis entre diversas universidades; se incluye además, el índice de algunos libros de simulación, todo con el propósito de establecer cuáles son los temas comunes y presentar una propuesta de contenidos, según los objetivos de la asignatura impartida en la Universidad Don Bosco.

### **3.1 – COMPARACIÓN DE PROGRAMAS DE ESTUDIOS DE DIFERENTES UNIVERSIDADES**

Uno de los aspectos principales de la Reforma educativa fue modificar el pensum, con la intención de responder mejor a los desafíos del nuevo milenio. Por otra parte, muchas asignaturas fueron revisadas en sus contenidos con el objeto de ser actualizadas. En el caso de Simulación, no existía un precedente, pues la materia era nueva en la Universidad. Entonces lo que se hizo fue incorporarla al pensum de Ingeniería Industrial, tomando como modelo los contenidos impartidos en universidades de Estados Unidos.

Lo que se pretende, ahora, es confrontar estos contenidos con los datos de otras universidades(Cuadro 5), incluso de habla hispana, teniendo como horizonte mejorar los contenidos, actualizarlos y adaptarlos según la realidad nacional de El Salvador. Para esto, se presentan a continuación las tablas que incluyen los contenidos de Simulación Industrial a lo largo de un ciclo o semestre de estudio.

Al realizar la comparación entre uno y otro pensum debe tenerse presente el grado de profundidad que cada institución le da a los temas, el software de laboratorio práctico, los temas comunes y la inclinación a representar modelos continuos o discretos.

<b>ESPOL (Ecuador).</b>	<b>Universidad Sonora de México</b>	<b>BOGACIZI UNIVERSITY (Turquía).</b>	<b>Wichita State University (USA).</b>
1. Caracterización de los sistemas estocásticos.	1.Introducción: Desarrollo de un modelo.	1. Conceptos fundamentales.	1. Introducción
2. Conceptos básicos de simulación.	2. Estructura de simulación: -Estructura del programa. -Reloj del simulador. -Simulación con un lenguaje general.	2. Estudio de lenguajes de simulación.	2. Conceptos de simulación. -Diagramas de flujo
3. Simulación manual de sistemas discretos.	3. Elementos de probabilidad y estadística: -Terminología y conceptos. -Distribuciones de probabilidad.	3. Construcción de modelos de simulación.	3. Números aleatorios.
4. Utilización de un lenguaje de simulación para el análisis de sistemas discretos.	4. Generadores de números pseudoaleatorios: -Características. -Métodos de generación de números aleatorios. -Método lineal congruencial mixto y multiplicativo. -Compuestos.	4. Números aleatorios y generaciones variables.	4. ARENA (Software de simulación)
5. Análisis estadístico de los resultados de una simulación y selección de alternativas.	5. Pruebas estadísticas: -Pruebas de uniformidad, promedios. -Pruebas de hipótesis de parámetros. -Bondad de ajuste. -Pruebas de aleatoriedad. -Kolmogorov Smirnov. -Series, corridas.	5. Análisis de datos de salida.	5. Modelaje. - Análisis de entradas.
	6. Generación de variables aleatorias: -Método de transformada inversa. -Método de rechazo. -Método de composición. -Procedimientos especiales.	6. Inteligencia artificial en simulación.	6. Términos estadísticos.
	7. Estimadores. -Puntuales. -De intervalo.	7. Concepto orientado a objetos en simulación.	7. Modelaje. -Estadísticas.
	8. Lenguajes de simulación. -Ventajas y desventajas de los lenguajes. -Características. -Selección de un lenguaje.	8. Modelos de red Petri.	8. Modelaje detallado.
	9. Simulación con GPSS y SIMNET II. -Representación de bloques y nodos. -Estructura. -Elección de caminos y rutas de transacciones. -Recursos.	9. Simulación paralela.	
	10.Análisis y validación de un modelo -Validación del simulador. -Métodos de estimación en estado transiente. -Optimización y diseño de experimentos.	10. Modelos de sistemas dinámicos.	

Universidad Nacional de Argentina	<a href="http://upsaint.upsa.edu.bo/JEFATURA/Lii.htm">http://upsaint.upsa.edu.bo/JEFATURA/Lii.htm</a>	U. de Antioquia (Colombia) SIMULACIÓN I
1. <b>Conceptos básicos de la simulación.</b> Facetas. Ejemplos. Desarrollo. Clasificación.	1. <b>Contenido detallado:</b> Introducción, definiciones, alcance de un modelo, áreas de aplicación, proceso de simulación, bases estadísticas para el desarrollo de un modelo, lenguajes de simulación, integridad de datos.	1. Introducción a la simulación 8 horas
2. <b>Simulación determinista.</b> Sistemas. Modelos con ecuaciones. Ejemplos. Modelos de Forrester.	2. <b>Lenguaje de simulación SIMNET II:</b> Ambiente de modelación, Resumen de ventajas de SIMNET II, Estructura de un modelo en SIMNET II, Representación del modelo en una red, Nodos usados en SIMNET II, Ramificación, Variables, Funciones y Asignaciones, Recursos, Switches, Casos de aplicación.	2. Generación de números aleatorios 8 horas
3. <b>Eventos Aleatorios.</b> Probabilidad. Histogramas. Pruebas estocásticas. Algoritmos relacionados. Funciones de probabilidad. Números aleatorios. Generadores de números pseudoaleatorios. Diversos métodos. Tests de aleatoriedad. Métodos de muestreo. Distribución exponencial y normal.	3. <b>Asignaciones especiales en SIMNET II:</b> manipulación de archivos, resume/suspend, casos de aplicación.	3. Generación de variables aleatorias no uniformes 10 horas
4. <b>Simulación no determinista.</b> Métodos de MonteCarlo. Caminos aleatorios. Procesos de arribo. Arribos de Poisson. Teoría de colas. Ejemplos. Simulación de inventarios.	4. <b>Procedimientos en SIMNET II:</b> procesos para representar, secuencias en serie o en paralelo, casos de aplicación.	4. Aplicaciones de la simulación 12 horas
5. <b>Métodos de simulación discreta.</b> Visiones del mundo. Objetos de la simulación. Simulación de un banco. Estructuras de datos abstractos. Implementación: arreglos, listas, árboles. Asignación de eventos. Complejidad de los algoritmos de búsqueda.	5. <b>Análisis estadístico de los resultados de simulación:</b> estado transiente y estable de un sistema, métodos de colección estadística disponibles en SIMNET II.	5. Diseño y validación de la simulación 4 horas
6. <b>Pasos de la simulación.</b> Principios de modelamiento. Análisis de sistemas. Pasos de verificación y validez. Estimaciones de tiempo. Test de hipótesis.		6. Lenguajes para simulación discreta 10 horas
7. <b>Comparación de lenguajes de simulación.</b> GPSS. SIMSCRIPT. Simulación del banco mediante SIMSCRIPT. Otros lenguajes. Simtools. Generadores de variables aleatorias. Entidades, atributos y listas. Recursos. Eventos. Recolección de datos.		7. Simulación de sistemas continuos 4 horas
8. <b>Análisis de resultados de la simulación.</b> Naturaleza del problema. Métodos de estimación. Estadística de corridas. Repetición de corridas. Eliminación del sesgo inicial. Medias por lotes. Métodos regenerativos. Análisis de series de tiempo. Análisis espectral.		

<b>Universidad de Buenos Aires (Argentina)</b>	<b>Simulación   por Computadora (Stanislaw Raczynski)</b>	<b>SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE MODELOS ESTOCÁSTICOS (Azarang-García)</b>
<b>1. Introducción:</b> Generalidades sobre modelización y simulación. Clasificaciones: sistemas a tiempo discreto/continuo; de variables discretas/continuas. Formalismo DEVS. Comparación con otros formalismos.	1. Sistemas causales y clasificación de los sistemas dinámicos.	1. Generalidades del modelado: 1.1- Distribuciones de probabilidad. 1.2- Determinación del tipo de distribución.
<b>2. Formalismo DEVS:</b> Características generales del formalismo. Modelado jerárquico y modular. Ventajas. Bases de Modelos. Implementaciones existentes: DEVS-Scheme; DEVS-C++, Simulateur. Problemas existentes y sus soluciones. R-DEVS, P-DEVS.	2. Variables aleatorias-distribución básica y generadores. 2.1- Función acumulativa y densidad de la probabilidad. 2.2- Generación de números aleatorios. 2.3- Distribución: exponencial, Poisson, Erlang, normal, gamma, empírica.	2. Líneas de espera: 2.1- Clasificación de Kendall y Lee. 2.2- Procesos markovianos. 2.3- Procesos no markovianos.
<b>3. Técnicas de simulación Paralela/Distribuida:</b> Mecanismos pesimistas (Chandy-Misra y modificaciones) y optimistas (Time-Warp y modificaciones). Estudio comparativo de ambas clases de soluciones. Problemas existentes en ambos casos. Estudio de utilidad de c/u de las aproximaciones.	3. Especificaciones del modelo. 3.1 – Descripción informal del modelo. 3.2 – Descripción formal del modelo. 3.3 - Marcos experimentales y modelos simplificados. 3.4 – Verificación y validación del modelo.	3. Simulación: 3.1- Proceso de desarrollo de un modelo. 3.2- Generación de variable aleatorias. 3.3- Validación y estabilización. 3.4- Selección de lenguajes de simulación.
<b>4. Implementaciones existentes en la actualidad:</b> Implementaciones de mecanismos DEVS. Implementaciones existentes para simulación paralela / distribuida, de autómatas celulares. Propuesta de desarrollo de mecanismos DEVS celulares. Estudio de comportamiento de tráfico, sistemas ecológicos complejos, sistemas teóricos complejos, comunicaciones celulares, aplicación para sistemas de control en tiempo real, estudio de condiciones de tráfico urbano.	4. Modelos matemáticos de los sistemas dinámicos y algunos algoritmos numéricos.	4. GPSS (Sistema de simulación de propósito general)
	5. Ejemplos de programación usando lenguajes algorítmicos (Basic, Fortran, Pascal) en simulación de sistemas dinámicos continuos.	
	6. Lenguajes de simulación: CSL, SIMULA, PASIÓN, GPSS.	
	7. Aplicaciones de la simulación en mercadotecnia.	
	8. El uso de la simulación en algoritmos iterativos.	
	9. Simulación de SIDA y del sistema inmunológico humano.	

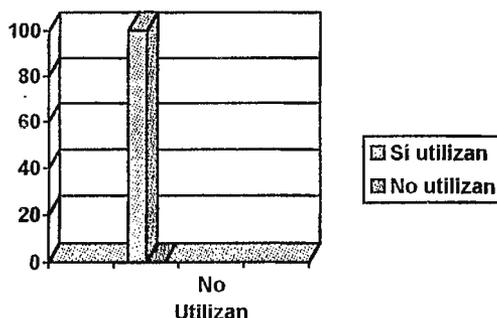
<b>Universidad del Salvador (Argentina)</b>	<b>UIA (México)</b>	<b>U. de Antioquia (Colombia) SIMULACIÓN II</b>
<b>1. Conceptos básicos.</b> Introducción al modelaje con colas de espera. Elementos de un procedimiento general de solución. Generador de números aleatorios para eventos discretos. Algoritmos de procedimientos de solución.	1. Probabilidad y Teoría de Colas.	1. Introducción: definiciones, alcance de un modelo, áreas de aplicación, proceso de simulación, bases estadísticas para el desarrollo de un modelo, sistemas y lenguajes de simulación, integridad de datos.
<b>2. Simulación usando GPSS.</b> Consideraciones preliminares. Transacciones. Entidades dinámicas. Reloj. Bloque GENERATE. Bloque TERMINATE. Bloques SEIZE y RELEASE. Bloque ADVANCE. Bloques QUEUE y DEPART. Estadísticas de acumulación en las colas. Lógica interna del simulador GPSS.	2. SLAM y GPSS. GPSS/PC. GPSS/H	2. Lenguaje de simulación SIMNET II: Ambiente de modelación, Resumen de ventajas de SIMNET II, Estructura de un modelo en SIMNET II, Representación del modelo en una red, Nodos: SOURCE, QUEUE, FACILITY, AUXILIARY, Ramificación, Variables, Funciones y Asignaciones, Recursos, Switches, Casos de aplicación.
<b>3. Simulación a partir de Modelos Probabilísticos.</b> Generación números aleatorios en GPSS. Bloques GENERATE Y ADVANCE. Modelos de Funciones discretas en GPSS. Valores posibles de las variables aleatorias. Variables aleatorias continuas observadas de manera discreta. Funciones continuas en GPSS. Modelo de distribución de POISSON. Simulación de eventos de tiempo continuo.	3. Uso de computadores en la solución de modelos.	3. Asignaciones especiales en SIMNET II: manipulación de archivos, resume/suspend, casos de aplicación
<b>4. Conceptos intermedios en modelamiento de sistemas.</b> Atributos numéricos Estándar (SNA). Parámetros asociados a transacciones y Modificación de los valores. Bloque ASSING. Modificación del nivel de prioridad asociado a las transacciones. Bloque PRIORITY. Sistemas de colas múltiples. Concepto de la tabla de entidades en GPSS. Bloques TABLE y TABULATE. Tablas asociadas a atributos numéricos estándar. Ejercicios de Aplicación.	4. Modelos de espera.	4. Procedimientos en SIMNET II: procesos para representar secuencias en serie o en paralelo, casos de aplicación.
<b>5. Conceptos intermedios en modelamiento de sistemas. Parte B.</b> Variables aritméticas en GPSS. Comando VARIABLE. Modelos planteados a partir de distribuciones de tipo normal. Bloques INITIAL y SAVEVALUE. Bloque TEST. El concepto y uso de tablas balanceadas. Bloques LOOP y RETURN. Entidades de GPSS para simular elementos de control (Switches lógicos). Control y ajustes de switches. Descripción de los bloques INITIAL, LOGIC y GATE. Usos y limitaciones del bloque GATE. Usos del bloque SELECT en modo lógico.	5. Modelos de programación matemática y algoritmos.	5. Análisis estadístico de los resultados de simulación: estado transiente y estable de un sistema, métodos de colección estadística disponibles en SIMNET II.
<b>6. Conceptos de Modelamiento avanzado en GPSS. Parte A.</b> Variables booleanas, Bloque BUFFER. Bloque SPLIT. Direccionamiento indirecto, su implementación en GPSS. Análisis de funciones con atributos valorizados.	6. Ventajas y desventajas de los modelos de simulación.	
<b>7. Conceptos de Modelamiento avanzado en GPSS. Parte B.</b> Cadenas de eventos futuros y corrientes. Bloque LINK y UNLINK. Bloques PRIORITY y BUFFER. Bloques PREEMPT y RETURN. Bloque ASSEMBLE. Bloque GATHER. Bloqueo MATCH. Ejercicios de aplicación.	7. Generación de variables aleatorias.	
	8. Selección de lenguajes de simulación.	

**Cuadro 5 - Estudio sinóptico de contenidos temáticos de simulación industrial.**

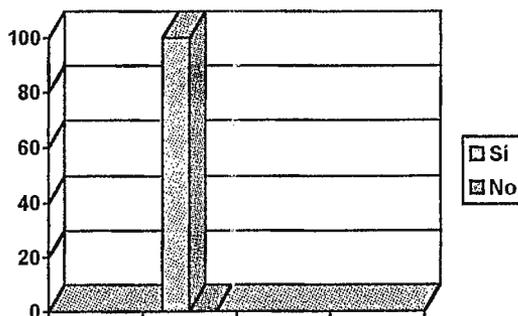
### 3.1.2 -RESULTADOS DEL ESTUDIO SINÓPTICO DE CONTENIDOS TEMÁTICOS:

Los resultados que se presentan a continuación no pretenden ser un estudio sistemático de mercado. En estos casos es necesario determinar una muestra de universidades por medios estadísticos o segmentar el mercado meta; sin embargo, la situación se complica cuando se van presentando las variables. Por ejemplo, no todas las universidades ofrecen Ingeniería Industrial, pero también no todas las que brindan Ingeniería Industrial imparten Simulación Industrial, por otra parte, no todas ofrecen la información pertinente. Entonces lo que se hizo fue tomar una muestra por conveniencia de algunas universidades relacionadas con Simulación, tratando de abarcar diferentes países, sobre todo, los más sobresalientes en el área en cuestión.

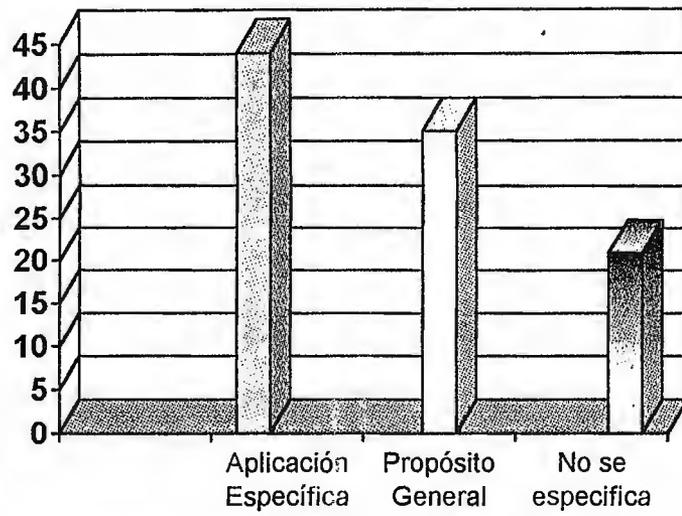
#### 1 – Utilización de laboratorios prácticos y programas de simulación.



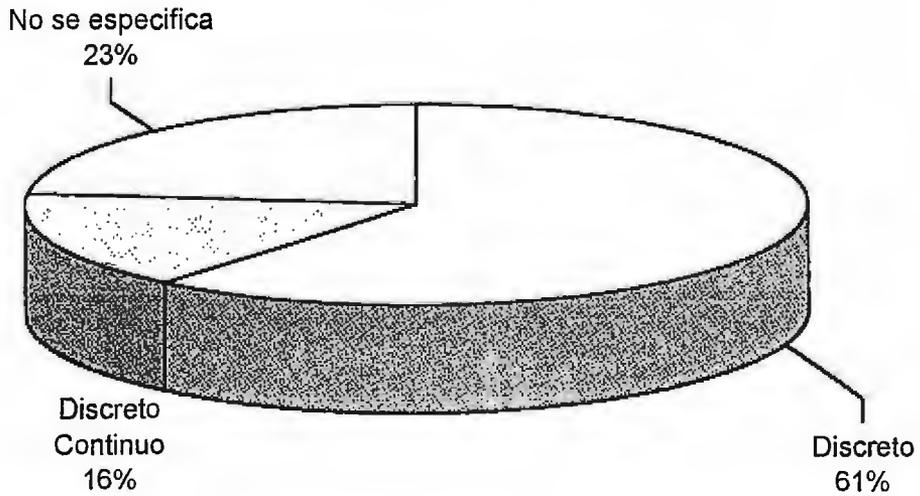
#### 2 – Inclinación hacia la fundamentación probabilística (estocástica).



### 3 – Utilización de software de Simulación:



### 4 – Sistema continuo y discreto en el estudio de la materia.



De la comparación realizada entre las diferentes fuentes se han extraído las conclusiones detalladas a continuación:

- a) Es necesario fundamentar e incluir conceptos de Ingeniería Industrial en la simulación de procesos. No es posible modelar o representar algo si no se tienen claros elementos como: tiempos, movimientos, métodos, distancias, distribución en planta, etc. Estos aspectos crearán una descripción más real de la situación.
- b) Las universidades consultadas tienen inclinación hacia la práctica de conocimientos teóricos en uno o más paquetes o software; esto viene a reforzar el carácter práctico de la asignatura y la inmensa inclinación por el área de sistemas. En este sentido, los laboratorios no pueden presentarse como algo secundario, sino que son un componente imprescindible de la materia.
- c) La inclinación de la mayoría hacia la fundamentación estadística y probabilística o estocástica es evidente; sin embargo, la probabilidad y estadística deben tomarse como herramientas y no como horizonte y fin último.
- d) La mayoría se inclina por programas simuladores de aplicación específica como: SIMNET II, ARENA, TAYLOR II, SIMAN.

Las universidades tienden a prestar mayor importancia a los modelos o sistemas discretos que a los continuos. Por otra parte el mayor porcentaje de software está hecho para sistemas discretos y para aplicaciones específicas.

### 3.2 – TEMAS COMUNES.

En esta sección se presentan los temas comunes en la mayoría de universidades, según la sinopsis realizada en las tablas precedentes. El criterio de elección, entonces, está referido a los contenidos que se repetían con mayor frecuencia en los planes de estudios de las universidades consultadas.

- a) Conceptos básicos de simulación, ejemplos.
- b) Simulación de sistemas discretos
- c) Simulación de sistemas continuos.
- d) Principios de modelaje.
- e) Desarrollo de un modelo: tipos, pasos, construcción de modelos de simulación, análisis de entrada y datos de salidas.
- f) Elementos de probabilidad y estadística:
  - Terminología y conceptos;
  - Distribuciones de probabilidad;
  - Determinación del tipo de distribución;
  - Generación de números pseudoaleatorios;
  - Generación de variables aleatorias;
  - Pruebas estadísticas;
  - Validación y estabilización.
- g) Lenguajes de simulación:
  - Ventajas;
  - Desventajas;
  - Características;
  - Tipos;
  - Simulación con GPSS.
- h) Áreas de aplicación:
  - Técnicas de reducción de varianza;
  - Ejemplos;
  - Estudio de casos;
  - Organizar los problemas para sistemas de Simulación.

### **3.3 - PROPUESTA DE CONTENIDOS.**

Esta propuesta ha sido elaborada tomando como base los objetivos de la materia; además, desempeñó un papel importante el resultado obtenido en el estudio sinóptico de contenidos de Simulación.

a) Conceptos fundamentales de simulación:

- Evolución histórica de la simulación.
- Concepto de simulación y aplicaciones.
- Ventajas y desventajas de la simulación.
- Simulación en los sistemas de manufactura.
- Recomendaciones para la simulación exitosa.
- La lógica de la simulación
- Ejemplos.

b) Generalidades del modelado:

- Principios del modelado.
- Tipos de modelos.
- Pasos para el desarrollo de un modelo.
- Análisis de datos de entrada.
- Técnica de omisión y sustitución.
- Fallos en los modelos de entrada.

c) Fundamentos.

- Principios de Diseño de Plantas.
- Principios de Estudio de Tiempos.
- Principios de Investigación de Operaciones.

d) Lenguajes de simulación:

- Tipos y características.
- Simulación en Arena.

e) Simulación: Tecnología para el nuevo milenio.

- Tecnología para el nuevo milenio.
- Fabricación virtual

f) Proyecto.

### **3.4 – APLICACIÓN EN LA UDB Y EN EL SALVADOR.**

La Simulación no ha sido explotada al máximo en el país. Al salvadoreño, en general, le gusta improvisar y lo relacionado con planificación, organización y pronósticos es dejado a un lado. Por esta razón se invierten mal muchos recursos, además esta es la explicación de porqué a veces el desarrollo es muy lento. La organización y planificación trae consigo la optimización de recursos vitales como tiempo, mano de obra y materia prima. Sin embargo, la filosofía de simulación no ha penetrado por completo en el empresario nacional.

A nivel educativo se constata que en los planes de estudio de Ingeniería Industrial no se ha incluido la materia en cuestión y que solamente la UDB imparte esta asignatura.

La situación de simulación en la UDB es la siguiente: Se ha planteado como una continuación o aplicación de Investigación de Operaciones I; de hecho esta materia es prerrequisito. Luego tiene como base Estadística I y II, y Procesos de Fabricación I y II.

Esta fundamentación no es errónea, pues la simulación se auxilia de la Estadística para sus aplicaciones; por otra parte, hace uso de los conocimientos lógicos de Manufactura adquiridos en Procesos de Fabricación.

Anteriormente, en El Salvador, se hacían las operaciones de manera tradicional; ahora, en cambio, con el auxilio de las computadoras es posible reducir el tiempo de cálculo y aumentar el número de variables que se involucran en un proceso, consiguiendo, de esta forma, poder simular desde la computadora sin necesidad de mover máquinas o distribuir operarios. Básicamente, se está haciendo ahorro de tiempo de respuesta y aplicación.

Debe tenerse presente que esta forma de trabajo todavía no es muy popular en nuestro medio, por lo que al incluir materias como ésta en el plan de estudios, se tiene una visión más concreta y clara de los diversos cambios o variantes con las que puede jugarse.

### **3.5 - PERFIL DEL CATEDRÁTICO.**

El cumplimiento de los objetivos de la asignatura en estudio depende, en gran medida, del profesor, aunque también influye el material de apoyo, el currículo, las instalaciones y, en general, todo lo relacionado con el proceso Enseñanza-Aprendizaje.

En relación al catedrático, es importante tomar en cuenta que no basta con saber mucho de la materia, pues existen diversos parámetros que deben evaluarse para determinar con pertinencia que un profesor desempeña su labor de manera eficiente.

Anteriormente no se le prestaba atención a las Competencias del maestro en un área específica, pero con la Reforma Educativa se ha dado un giro categórico. Ahora se busca formar al catedrático e instructor según un perfil, el cual representa lo mínimo que una persona debe poseer como formación para aspirar a un puesto, mantenerse en el mismo o cambiarse a otro mejor.

En repetidas ocasiones el perfil del maestro ha estado condicionado por el equipo, maquinaria, materiales y herramientas, más que por los conocimientos

propios respecto al área de especialización. Por otra parte, no basta sólo con dominar a la perfección una disciplina, ya que en la enseñanza se requiere de actitudes o disposición de la persona; más que profesión es vocación. En este sentido, ahora se habla mucho de los valores transmitidos durante el Proceso Enseñanza-Aprendizaje. Por tanto el perfil del catedrático, a la luz de la reforma Educativa, se vuelve más complejo.

Para establecer un perfil debe tomarse en cuenta lo siguiente: competencias, conocimientos, habilidades, destrezas, conductas y actitudes.

En primer lugar se presentan las competencias pedagógicas, pues se constata que se adolece mucho en el ámbito de enseñar y evaluar con base a objetivos.

a) Competencias pedagógicas:

- Planificar:
  - . Seleccionar contenidos del programa;
  - . Redactar objetivos;
  - . Preparar material didáctico;
  - . Elaborar guiones de clase.
- Impartir clase:
  - . Utilizar métodos y técnicas didácticas;
  - . Desarrollar ejercicios prácticos;
  - . Retroalimentar el aprendizaje;
- Evaluar:
  - . Conocer Técnicas de evaluación;
  - . Diseñar instrumentos de evaluación;
  - . Comprobar el logro de objetivos;
- Orientar:
  - . Fomentar valores;
  - . Inculcar hábitos de estudio.

b) Conocimientos técnicos:

- Métodos y técnicas de investigación;
- Probabilidad y Estadística;
- Técnicas de Ingeniería Industrial:
  - Tiempos y Movimientos.
  - Diseño de plantas.
  - Ingeniería de Métodos.
  - Procesos de fabricación.
- Inglés;
- Internet;
- Conocimiento de la industria salvadoreña.

c) Destrezas y habilidades:

- a. Manejo de computadora;
- b. Habilidad numérica;
- c. Diseño Asistido por Computadora.

d) Conductas y actitudes:

- a. Honesto(a);
- b. Flexible;
- c. Proactivo(a);
- d. Accesible;
- e. Crítico(a);
- f. Equidad de género;
- g. Responsable;
- h. Empático(a);
- i. Comprensivo(a).

---

# **CAPÍTULO IV: Estudio del Pensum de Ingeniería Industrial**

---

# CAPÍTULO IV- ESTUDIO DEL PENSUM DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

## 4.1 – PROPUESTA DE NUEVO PENSUM.

Con la finalidad de potenciar y optimizar las materias afines a Simulación Industrial y alcanzar los objetivos de esta disciplina, se ha reestructurado el pensum de estudios. No se han eliminado o agregado materias, pues esta tarea correspondería a otro estudio, pero sí se ha visto la necesidad de cambiar de posición ciertas asignaturas para optimizar la secuencia lógica en el proceso formativo.

En el cuadro siguiente (Cuadro 6) se plantea la propuesta de cambio de ubicación de algunas asignaturas. Este cuadro está compuesto de los siguientes elementos:

- **Materia:** Nombre de la asignatura en cuestión.
- **Plan vigente:** Se refiere a la ubicación de la asignatura en el plan actual, es decir, plan 1998. También incluye los prerrequisitos necesarios para poder cursarla.
- **Plan propuesto:** Este es el nuevo pensum que se propone, es decir, Plan 2001. Incluye, además, los prerrequisitos.
- **Justificación del cambio:** Especifica cuáles son las razones que motivan la reubicación.

MATERIA	PLAN VIGENTE	PLAN PROPUESTO	JUSTIFICACIÓN
<b>FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA</b>	Ciclo II Prerrequisitos: Bachillerato	Ciclo I Prerrequisitos: Bachillerato	Esta asignatura ha sido reubicada únicamente por razón de distribución de cargas y para poder colocar en su lugar a Principios Generales de Economía.
<b>PRINCIPIOS GENERALES DE ECONOMÍA</b>	Ciclo VII Prerrequisitos: Ingeniería económica	Ciclo II. Prerrequisitos: Bachillerato	Los principios impartidos en esta disciplina sirven como base para el análisis en diferentes materias posteriores e indirectamente para Ingeniería Económica.
<b>INGENIERÍA ECONÓMICA</b>	Ciclo V. Prerrequisitos: 60 U.V.	Ciclo III. Prerrequisitos: Ppios. Generales de Economía	En algunas materias como Procesos de Fabricación I (ciclo III), se necesitan hacer cálculos del VAN y TIR para estudios de factibilidad de proyectos.
<b>ESTÁTICA</b>	Ciclo III Prerrequisitos: Física I y Matemáticas II	Ciclo V Prerrequisitos: Física I y Mate. II	Reubicada por razón de distribuir mejor las cargas y para poder ubicar en su lugar a Ingeniería Económica.
<b>ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS</b>	Ciclo VIII. Prerrequisitos: Diseño de plantas y sistemas	Ciclo VI. Prerrequisitos: Investigación de operaciones I.	Esta materia no puede ubicarse después de Diseño de Plantas, pues algunos de sus contenidos sirven de base para hacer estudios de distribución en planta. Por otra parte, detallar los métodos y procesos de manufactura sirve como fundamento para una posterior simulación. En este sentido, Organización y Métodos tiene que ubicarse antes de Simulación Industrial.
<b>SIMULACIÓN INDUSTRIAL</b>	Ciclo VI. Prerrequisitos: Investigación de Op. I	Ciclo IX. Prerrequisitos: Técnica electiva I	Esta asignatura debe ser cursada después de poseer conocimientos sobre Organización y Métodos, Estudio de Tiempos y Movimientos, Diseño de Plantas y Estadística II, entre otras.
<b>INGENIERÍA DE PROYECTOS</b>	Ciclo IX. Prerrequisito: Todas las anteriores	Ciclo X. Prerrequisito: Todas las anteriores	Análisis Financiero es vital para evaluar proyectos, entonces debe reubicarse la materia. Existen proyectos que requieren cálculos de recuperación de la inversión, por lo que debe dominarse Planeación de la Producción.

**Cuadro 6- Cambio de ubicación de materias en el pensum.**

El cuadro 7 presenta de forma gráfica el "Estudio del pensum en relación a Simulación Industrial". Muestra las universidades tomadas como referencia destacando:

- **Ciclo:** Nivel de estudio o ubicación de la asignatura dentro del plan o pensum.
- **Prerrequisitos:** Materias o Unidades Valorativas que deben ser cursadas antes, como requisito de estudio.
- **Correquisitos:** Materias que pueden ser cursadas simultáneamente.

Los cuadros 8 y 9 muestran, respectivamente, el Plan 1998 y una Propuesta, en la que se varía la posición de algunas materias.

<b>Universidad Don Bosco (El Salvador)</b>	<b>Universidad Sonora (México)</b>	<b>BOGACIZI UNIVERSITY (Turkía)</b>	<b>Wichita State University (USA)</b>
<p><b>Simulación:</b> VI ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Investigación de Operaciones I.</li> <li>b) Generales: Dibujo y geometría descriptiva, Introducción a la informática, Dibujo Asistido por Computadora, Computación I, Procesos de fabricación, Estadística I, Procesos de fabricación II, Estadística II, Computación II, IOP I</li> </ul> <p><b>Correquisitos:</b> Procesos y Métodos de manufactura.</p>	<p><b>Simulación:</b> VIII ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Diseño de experimentos, Análisis y diseño de sistemas, Contabilidad de Costos.</li> <li>b) Generales: Cómputo I, Dibujo, Cómputo II, Probabilidad y Estadística, Cómputo III, IOP I, Modelación, IOP II, Ingeniería de métodos, Manufactura I</li> </ul> <p><b>Correquisitos:</b> Manufactura II.</p>	<p><b>Simulación:</b> VI ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Introducción a la Estadística.</li> </ul>	<p><b>Simulación:</b> VI ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Sistemas de producción, Programación en C.</li> <li>b) Generales: Gráficas de ingeniería, Métodos de manufactura, Estadística, Probabilidad y estadística I, Investigación de operaciones.</li> </ul> <p><b>Correquisitos:</b> Probabilidad y estadística II.</p>
<p><b>Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) (Ecuador).</b></p>	<p><b>Universidad de Antioquia (Colombia)</b></p>	<p><b>Universidad Carlos III (España)</b></p>	<p><b>Universidad de Oriente (Venezuela)</b></p>
<p><b>Simulación:</b> VI ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Investigación de operaciones II.</li> <li>b) Generales: Fundamentos de computación, Expresión gráfica, dibujo aplicado, Investigación de operaciones I, Estadística, Estadística aplicada.</li> </ul> <p><b>Correquisitos:</b> Producción I, Ingeniería de métodos, Procesos industriales.</p>	<p><b>Simulación:</b> <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Computadores I y Laboratorio, Investigación de Operaciones.</li> </ul>	<p><b>Simulación:</b> IX ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Específicos: Modelado y simulación de sistemas dinámicos.</li> <li>b) Generales: Programación, Estadística I, Estadística II, Expresión gráfica, Estadística Industrial, Informática Industrial.</li> </ul> <p><b>Correquisitos:</b> Diseño de sistemas productivos.</p>	<p><b>Simulación:</b> VIII ciclo <b>Prerrequisitos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Generales: Introducción a la programación, Procesamiento de datos, Estadística I, Procesos industriales, Programación lineal, Estadística II, Investigación operativa.</li> </ul> <p><b>Correquisitos:</b> Diseño de plantas, Computadores II.</p>

**Cuadro 7- ESTUDIO DEL PENSUM DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN RELACIÓN A SIMULACIÓN INDUSTRIAL**

Cuadro 8- Plan 1998

INGENIERÍA INDUSTRIAL

1	3 U.V.	DIBUJO Y GEOMETRÍA DESCRIPTIVA	-	27	4 U.V.	TERMODINÁMICA	13, 19	32	3 U.V.	CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD	20	37	3 U.V.	ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS	34	42	3 U.V.	PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	37	47	3 U.V.	TÓPICOS ESPECIALES DE INGENIERÍA	42
2	3 U.V.	INTRODUCCIÓN A LA INFORMÁTICA	-	28	3 U.V.	INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE	-	33	4 U.V.	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	29	38	3 U.V.	CONTABILIDAD Y COSTOS	36	48	4 U.V.	ANÁLISIS FINANCIERO	38	49	4 U.V.	TÉCNICA ELECTIVA II	42
3	4 U.V.	MATEMÁTICA I	-	29	3 U.V.	PROCESOS Y MÉTODOS DE MANUFACTURA	17	34	4 U.V.	DISEÑO DE PLANTAS Y SISTEMAS	31	44	4 U.V.	MERCADERO	36	49	4 U.V.	APLICACIÓN DE MICROPROCESOR EN LA INDUSTRIA	25, 29	50	3 U.V.	TÉCNICA ELECTIVA III	42
4	4 U.V.	MATEMÁTICA II	3	30	3 U.V.	HUMANÍSTICA II	-	35	3 U.V.	COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL	80 U.V.	45	4 U.V.	INGENIERÍA DE PROYECTOS	*	50	3 U.V.	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	*	129 U.V.			
5	3 U.V.	MATEMÁTICA III	8	31	4 U.V.	SIMULACIÓN INDUSTRIAL	24	36	3 U.V.	PRINCIPIOS GENERALES DE ECONOMÍA	22	46	4 U.V.	FACTORES HUMANOS Y ERGONOMIA	33, 37	41	3 U.V.	HUMANÍSTICA III	-	46	4 U.V.	FACTORES HUMANOS Y ERGONOMIA	33, 37
6	3 U.V.	MATEMÁTICA IV	14	32	3 U.V.	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	17	26	3 U.V.	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	19	25	4 U.V.	SISTEMAS ELECTRICOS LINEALES	18, 19	25	4 U.V.	SISTEMAS ELECTRICOS LINEALES	18, 19	26	3 U.V.	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	17
7	4 U.V.	FÍSICA I	3	33	3 U.V.	COMPUTACIÓN II	9	21	3 U.V.	MATEMÁTICA III	8	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	21	3 U.V.	COMPUTACIÓN II	9	21	3 U.V.	COMPUTACIÓN II	9
8	3 U.V.	DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA	1, 2	34	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	16	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	16	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8
9	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	2	35	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
10	3 U.V.	QUÍMICA II	4	36	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8
11	4 U.V.	FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	-	37	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	9	21	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	9	21	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	9	21	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	9	21	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	9
12	3 U.V.	PROCESOS DE FABRICACIÓN I	6	38	3 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8	15	4 U.V.	ESTADÍSTICA I	8
13	4 U.V.	PROCESOS DE FABRICACIÓN II	12	39	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
14	3 U.V.	INGENIERÍA ECONOMICA	60 U.V.	40	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
15	3 U.V.	MECÁNICA DE FLUIDOS	13, 19	41	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
16	4 U.V.	MECÁNICA DE FLUIDOS	13, 19	42	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
17	3 U.V.	PROCESOS DE FABRICACIÓN I	6	43	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
18	4 U.V.	PROCESOS DE FABRICACIÓN II	12	44	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
19	4 U.V.	MATEMÁTICA III	8	45	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
20	3 U.V.	MATEMÁTICA IV	14	46	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
21	3 U.V.	COMPUTACIÓN I	2	47	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
22	3 U.V.	INGENIERÍA ECONOMICA	60 U.V.	48	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
23	4 U.V.	MECÁNICA DE FLUIDOS	13, 19	49	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
24	3 U.V.	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	19	50	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
25	4 U.V.	SISTEMAS ELECTRICOS LINEALES	18, 19	51	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
26	3 U.V.	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	17	52	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
27	4 U.V.	TERMODINÁMICA	13, 19	53	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
28	3 U.V.	INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE	-	54	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
29	3 U.V.	PROCESOS Y MÉTODOS DE MANUFACTURA	17	55	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
30	3 U.V.	HUMANÍSTICA II	-	56	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
31	4 U.V.	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	29	57	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
32	3 U.V.	CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD	20	58	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
33	4 U.V.	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	29	59	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
34	3 U.V.	ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS	34	60	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
35	3 U.V.	COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL	80 U.V.	61	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
36	3 U.V.	PRINCIPIOS GENERALES DE ECONOMÍA	22	62	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
37	3 U.V.	PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	37	63	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
38	3 U.V.	ANÁLISIS FINANCIERO	38	64	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
39	3 U.V.	CONTABILIDAD Y COSTOS	36	65	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
40	4 U.V.	TÉCNICA ELECTIVA I	31, 34	66	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
41	3 U.V.	HUMANÍSTICA III	-	67	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
42	3 U.V.	PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	37	68	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
43	3 U.V.	ANÁLISIS FINANCIERO	38	69	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
44	4 U.V.	APLICACIÓN DE MICROPROCESOR EN LA INDUSTRIA	25, 29	70	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
45	4 U.V.	INGENIERÍA DE PROYECTOS	*	71	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
46	4 U.V.	FACTORES HUMANOS Y ERGONOMIA	33, 37	72	4 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
47	3 U.V.	TÓPICOS ESPECIALES DE INGENIERÍA	42	73	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
48	4 U.V.	TÉCNICA ELECTIVA II	42	74	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
49	4 U.V.	TÉCNICA ELECTIVA III	42	75	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
50	3 U.V.	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	129 U.V.	76	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
51	3 U.V.	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	129 U.V.	77	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
52	3 U.V.	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	129 U.V.	78	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
53	3 U.V.	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	129 U.V.	79	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15
54	3 U.V.	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	129 U.V.	80	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15	20	3 U.V.	ESTADÍSTICA II	15

Cuadro 9- Propuesta de Nuevo Pensum

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

1   3 U.V. DIBUJO Y GEOMETRÍA DESCRIPTIVA -	7   3 U.V. DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA 1,2	13   3 U.V. PROCESOS DE FABRICACIÓN I 7	18   3 U.V. PROCESOS DE FABRICACIÓN II 13	23   4 U.V. ESTÁTICA 8,9	28   4 U.V. TERMODINÁMICA 14,20	33   3 U.V. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD 21	37   3 U.V. CONTABILIDAD Y COSTOS 36	41   3 U.V. PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN 39	46   3 U.V. TÓPICOS ESPECIALES DE INGENIERÍA 41
2   3 U.V. INTRODUCCIÓN A LA INFORMÁTICA -	8   4 U.V. FÍSICA I 3	14   4 U.V. FÍSICA II 8,9	19   4 U.V. FÍSICA III 14,15	24   4 U.V. MECÁNICA DE FLUIDOS 14,20	29   3 U.V. INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE 80 U.V.	34   4 U.V. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS 30	38   3 U.V. MERCADEO 23	42   3 U.V. ANÁLISIS FINANCIERO 37	47   4 U.V. TÉCNICA ELECTIVA II 39
3   4 U.V. MATEMÁTICA I -	9   4 U.V. MATEMÁTICA II 3	15   4 U.V. MATEMÁTICA III 9	20   4 U.V. MATEMÁTICA IV 15	25   3 U.V. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I 20	30   3 U.V. PROCESOS Y MÉTODOS DE MANUFACTURA 18	35   4 U.V. DISEÑO DE PLANTAS Y SISTEMAS 32	39   4 U.V. TÉCNICA ELECTIVA I 35	43   4 U.V. APLICACIÓN DE MICROPROC. EN LA INDUSTRIA 26,30	48   4 U.V. TÉCNICA ELECTIVA III 39
4   4 U.V. QUÍMICA I -	10   3 U.V. COMPUTACIÓN I 2	16   4 U.V. ESTADÍSTICA I 9	21   3 U.V. ESTADÍSTICA II 16	26   4 U.V. SISTEMAS ELÉCTRICOS LINEALES 19,20	31   3 U.V. HUMANÍSTICA II 5	36   3 U.V. COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL 100 U.V.	40   3 U.V. HUMANÍSTICA III 31	44   4 U.V. SIMULACIÓN INDUSTRIAL 39	49   3 U.V. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO 120 U.V.
5   3 U.V. HUMANÍSTICA I -	11   3 U.V. QUÍMICA II 4	17   3 U.V. INGENIERÍA ECONÓMICA 12	22   3 U.V. COMPUTACIÓN II 10	27   3 U.V. HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL 18	32   3 U.V. ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS 25			45   4 U.V. FACTORES HUMANOS Y ERGONOMÍA 32,34	50   4 U.V. INGENIERÍA DE PROYECTOS 140 U.V.
6   4 U.V. FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA -	12   3 U.V. PRINCIPIOS GENERALES DE ECONOMÍA -								
21 U.V. I	20 U.V. II	18 U.V. III	17 U.V. IV	18 U.V. V	16 U.V. VI	14 U.V. VII	13 U.V. VIII	18 U.V. IX	18 U.V. X

CORRELATIVO	U.V.	- BACHILLERATO
NOMBRE DE LA ASIGNATURA		* TODAS LAS ASIGNATURAS ANTERIORES
PRERREQUISITO		

## **4.2 – PROCESO DE VALIDACIÓN DEL NUEVO PENSUM.**

El pensum de Ingeniería de 1998 cuenta con un período de cinco años para poder hacerle los ajustes que la Institución considere pertinentes. Atendiendo a esto, es factible hacer enmiendas o correcciones en relación a las asignaturas o al programa de las mismas.

El proceso de validación del pensum es el siguiente:

- a) Cada escuela analiza y reestructura los planes de estudios.
- b) El Director de escuela presenta la propuesta al Comité de Revisión Curricular, el cual evalúa el nuevo pensum según normas institucionales y requerimientos oficiales.
- c) El Comité, a través del Vicerrector de la Universidad, lo presenta ante el Director General de Educación Superior.
- d) El Ministerio de Educación cuenta con tres meses a partir de la fecha en que ingresa el documento, para emitir un fallo, de lo contrario las reformas cobran validez por derecho.

---

# **CAPÍTULO V: Estudio Sinóptico del Software de Simulación**

---

## **CAPITULO V: ESTUDIO SINÓPTICO DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN.**

Este capítulo tiene la finalidad de determinar el software que más se adapte a las necesidades del contenido de Simulación Industrial, para ser el insumo principal de los laboratorios prácticos.

### **5.1- CRITERIOS DE SELECCIÓN:**

La definición de los criterios de selección son un proceso clave en la toma de decisiones en todo proyecto de ingeniería.

La elección del software que será el insumo principal de Simulación Industrial, debe considerar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) **Funcionalidad** : Que sea realmente aplicable a los contenidos de la materia de Simulación Industrial y que proporcione una herramienta de ingeniería en el estudio y desarrollo de proyectos industriales. Es preferible la elección de una versión de software desarrollada especialmente para estudiantes, para poder asegurar las características didácticas de los laboratorios prácticos.
  
- b) **Soporte Técnico**: Consiste en la disponibilidad de documentación técnica relacionada con el software; la cual, puede ser obtenida en forma de tutoriales, manuales de referencia y/o usuarios, software de demostración, libros de texto, revistas, lista de distribución de correo electrónico (Mailing List) y otros.
  
- c) **Interfaz amigable**: Puede cuantificarse en función del tiempo que le toma a una persona utilizar el software de simulación para el análisis de procesos industriales y en la comprensión de las funciones. De tal manera, que el

software amigable permita al ingeniero resolver problemas de una manera fácil, rápida y segura .

- d) **Costos:** Es uno de los criterios más importantes porque es el que determina la capacidad de adquisición del software y está sujeto a un análisis del costo de ciclo de vida en un período determinado.

El análisis del costo de ciclo de vida puede ser calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\mathbf{LCC = CI + NA (CO + CM + CPO)}$$

Donde :

- LCC = Costo del ciclo de vida
- CI = Costo de la inversión inicial
- NA = Número de años de vida del producto
- CO = Costo de operación anual
- CM = Costo de mantenimiento
- CPO = Costo por pérdida de oportunidad.

Aplicando la ecuación anterior al estudio del costo de ciclo de vida para el software a utilizar, se define lo siguiente:

- El **costo de inversión inicial (CI)** es la sumatoria de los costos por la compra del software, licencias, documentación técnica (manuales, tutores, software de demostración, libros de texto, revistas, etc), trámites de envío y capacitación para los instructores que impartirán el laboratorio.

De antemano se aclara que no se tomará en cuenta la inversión relacionada con el hardware en el presente estudio, debido a que la universidad Don Bosco cuenta por medio del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica (CITT) con laboratorios especiales de Simulación y de computación que permiten de cierta forma aprovechar estos recursos para su implementación.

- El **número de años de vida (NA)** es una variable definida por el período de tiempo que se encuentra vigente una versión específica de un programa en particular. Para uniformizar el criterio de selección es posible basar el análisis en un tiempo promedio para los programas que se presentan en la siguiente sección.

El número de años de vida (NA) se definirá de un año, debido al constante y dinámico desarrollo de nuevas aplicaciones e informáticas por parte de los fabricantes de software.

- El **costo de operación anual (CO)** puede ser cuantificado por medio del pago de sus actualizaciones. Es importante mencionar que gran cantidad del software comercial, sus actualizaciones son gratis para un período que normalmente oscila entre seis meses y un año, a partir de la fecha de adquisición.
- El **costo por mantenimiento (CM)** para este caso en particular puede ser prescindible, dado que con cualquiera que sea la selección, este valor permanece constante para cada una de las opciones.
- El **costo por pérdida de oportunidad (CPO)** se puede interpretar como la pérdida de laboratorios prácticos por causas externas y ajenas, no impartiendo el servicio correspondiente al alumnado, quienes

previamente pagaron los derechos de estos. Suponiendo que el promedio de pérdida de oportunidad es constante para cualquier software, se anulará de la ecuación este factor.

De acuerdo a lo definido anteriormente, el costo del ciclo de vida para un software de simulación puede ser definido reescribiendo la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$\text{LCC} = \text{CI} + \text{NA} (\text{CO}),$$

- e) **Aplicabilidad** : Se requiere que el software a implementar en los laboratorios de la asignatura, tenga las potencialidades necesarias para el desarrollo de proyectos de ingeniería acordes a la realidad nacional. Es decir, que se necesita que el software sea flexible y aplicable al mayor porcentaje posible de la empresas industriales y de servicio del país, no descartando la posibilidad de ser considerado para la implementación de nuevas industrias con alto nivel tecnológico, que contribuyan al desarrollo del sector productivo del país.
  
- f) **Compatibilidad**: Se refiere a la capacidad de importación y exportación de información, desde el software para el desarrollo de reportes escritos en procesadores de textos, bases de datos, hojas electrónicas e interfaces gráficas y ambiente CAD.

## 5.2- SINOPSIS DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN.

Existe en el mercado actual una gran diversidad de programas para la simulación de procesos industriales, de los cuales se han investigado diez, para ser incluidos en el proceso de selección del software de simulación. En el Cuadro 10, se muestra el nombre de cada uno de ellos.

En el cuadro 11 se presentan las características generales de cada uno de los software, incluyendo áreas de aplicación, tipo de interfaz, librerías, requerimientos de hardware, programas de incentivos, soporte técnico, comentarios y precio.



Cuadro 10- Software de simulación industrial

## 5.3- PROCESO DE SELECCIÓN DEL SOFTWARE.

Para detallar el proceso de selección del software, se analizará en conjunto las características propias de cada programa. Es decir los criterios de funcionalidad, interfaz amigable, soporte técnico y compatibilidad. Posteriormente se hará un

pequeño análisis del costo del ciclo de vida de cada programa, que completa el total de criterios para la selección del software.

a) Criterios de Funcionalidad, Interfaz amigable, aplicabilidad y compatibilidad:

Los criterios de funcionalidad e interfaz amigable, han sido evaluados con la instalación de versiones de demostración y de operación por medio de las herramientas didácticas que son integradas a los programas en su creación (Tutoriales, software de demostración y ayudas)

La aplicabilidad y la compatibilidad puede verse en las características mostradas en la descripción de áreas de aplicación del cuadro No. 11.

	Simul8	Arena	Promod	Taylor II	Simu-link	Extend	Expert Fit	Simcad	Simscript II	Simproc
Funcionalidad	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
Interfaz A.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Soporte Tecn..	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Aplicabilidad	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Compatibilidad	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

**Cuadro 12. Matriz de Decisión del software**

De los resultados de la matriz de decisión mostrada en el cuadro 12, se puede notar que solamente existen cuatro programas que satisfacen los criterio de selección previamente planteados, estos programas son Simul8, Arena, Promodel y Simprocess.

## Estudio Sinóptico del Software de Simulación

No.	Software	Características	Áreas de Aplicación	Interface	Librerías	Requerimientos	Incentivos	Material Apoyo	Comentarios	Precio
1	SIMUL8	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No requiere código de programación.</li> <li>* Aplicable a eventos discretos.</li> <li>* Diseñado para Windows</li> <li>* Simulación personalizada</li> <li>* Variedad de gráficos</li> <li>* Capacidad ilimitada de almacenamiento de proyectos en disco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Procesos productivos</li> <li>* Aviación</li> <li>* Líneas de espera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Amigable</li> <li>* Point &amp; Click</li> <li>* Excel</li> <li>* Visual Basic.</li> <li>* Drag and Drop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Transporte</li> <li>* Tanques</li> <li>* Personas</li> <li>* Centros de trabajo.</li> <li>* Máquinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 15MB disk free</li> <li>* 16MB RAM</li> <li>VGA graphics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Actualización gratis.</li> <li>* Soporte telefónico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Workbooks</li> <li>* Tutorial</li> <li>* Manual</li> <li>* SW Demo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Limitante de librerías en software demo</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.simul8.com">www.simul8.com</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paquete completo</li> <li style="text-align: right;">\$495</li> </ul>
2	ARENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aplicable a sistemas complejos y procesos operativos.</li> <li>* Diseños de paquetes para el área educativa</li> <li>* Diseñado para Windows</li> <li>* Manejo de reportes estadísticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Espacio Aéreo</li> <li>* Procesos productivos</li> <li>* Proc. Alimenticios</li> <li>* Transporte</li> <li>* Distribución</li> <li>* Financiero/ Banca</li> <li>* Procesos Servicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Amigable</li> <li>* Compatible con Microsoft Office 97</li> <li>* Pop-up Help</li> <li>* Drag and Drop</li> <li>* Visual Basic.</li> <li>* People Soft</li> <li>* ERP, Visio, CAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Flujogramas</li> <li>* Máquinas</li> <li>* Personas</li> <li>* Transporte</li> <li>* Accs. Oficina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>30-50MB free disk</li> <li>32MB RAM</li> <li>Windows 95/NT</li> <li>VGA graphics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Patrocinador de concursos de simulación con ARENA a nivel de educación superior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Libro Simulation with ARENA</li> <li>* Tutorial</li> <li>* Manual</li> <li>* SW Demo</li> <li>* ARENA Academic Software</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.sm.com/simarena">www.sm.com/simarena</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* SW versión del estudiante Grátis y fácil de adquirir en Internet.</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.sm.com/simarena">www.sm.com/simarena</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paquete completo \$995</li> <li>Versión estudiant. \$0.00</li> </ul>
3	PROMODEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Diseñado para Windows</li> <li>* Aplicable a sistemas complejos y procesos operativos.</li> <li>* Manejo de reportes estadísticos.</li> <li>* Presentación en 2D y 3D</li> <li>* Variedad de gráficos</li> <li>* Calidad en presentaciones gráficas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Procesos textiles</li> <li>* Procesos metalurgia</li> <li>* Transporte</li> <li>* Procesos Servicios</li> <li>* Procesos Alimentic.</li> <li>* Financieros</li> <li>* Administración de costos</li> <li>* Industria automovilística.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Amigable</li> <li>* Compatible con Microsoft Office y CAD.</li> <li>* Compatible con importación de gráfico (Scanner)</li> <li>* Drag and Drop</li> <li>* Pop-up Help</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Personas</li> <li>* Transporte</li> <li>* Mueblería</li> <li>* Equi. Comunicación.</li> <li>* Maquinaria confección</li> <li>* Maquinaria metalurgia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>8MB free disk</li> <li>Procesador de 486 o Pentium</li> <li>16 MB RAM</li> <li>Win 3.1x95 o Windows NT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Patrocinador de concursos de simulación con PROMODEL a nivel de educación superior</li> <li>* Promotor de conferencias de simulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Libro Simulation using PROMODEL</li> <li>* Tutorial</li> <li>* Manual</li> <li>* SW Demo</li> <li>* Lab Package</li> <li>* Módulos Introductorios</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.promodel.com">www.promodel.com</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Variedad de librerías y reportes estadísticos en demo.</li> <li>* Buena resolución gráfica.</li> <li>* SW solamente vendido en región Norteamericana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paquete completo \$995</li> <li>Versión estudiant. \$30</li> </ul>

## Estudio Sinóptico del Software de Simulación

No.	Software	Características	Áreas de Aplicación	Interface	Librerías	Requerimientos	Incentivos	Material Apoyo	Comentarios	Precio
4	Taylor	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fácil de usar y ejecución rápida.</li> <li>* Presentación en 2D y 3D</li> <li>* Se adapta a cualquier tipo de proyectos o negocios</li> <li>* Puede ser controlado por otras aplicaciones y visc.</li> <li>* Permite modificar modelo durante su ejecución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Procesos Alimentic.</li> <li>* Transporte</li> <li>* Manejo de materiales</li> <li>* Análisis de logística</li> <li>* Identificador de cuellos de botella</li> <li>* Soporte de toma de decisiones en invest.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Compatible con hojas electrónicas lenguaje C, y bases de datos.</li> <li>* Drag and Drop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Accs.Alimen.</li> <li>* Accs.Bodega</li> <li>* 3D Factory</li> <li>* Transporte</li> <li>* Maquinaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>40MB free disk</li> <li>Procesador 486</li> <li>32MB RAM</li> <li>Win 95 o NT</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tutorial</li> <li>* Manual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Variedad de información en sitio web.</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.taylorii.com">www.taylorii.com</a></p>	Paquete completo \$650.
5	Simulink	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Construcción de modelos a través de diagramas de bloques a strmas. Dinám.</li> <li>* Software derivado de MATLAB.</li> <li>* Apropiado para sistemas complejos y grandes.</li> <li>* Resolución de problemas mediante ecuaciones diferenciales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Proceso de señal de imagen.</li> <li>* Diseño de Control.</li> <li>* Mapeo.</li> <li>* Series de tiempo financieras.</li> <li>* Resolución de ecuaciones parciales diferenciales.</li> <li>* Optimización y estadist.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Drag and Drop</li> <li>* Compatible con MATLAB y C</li> <li>* Facilidad de adherir más librerías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Librerías de Bloques:</li> <li>- Fuentes</li> <li>- Discreto</li> <li>- Continuos</li> <li>- Non Linear</li> <li>- Funciones y tablas.</li> <li>- Matemáticas</li> <li>- Señales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>145 MB free disk</li> <li>Windows 95 x 98</li> <li>Windows NT 4.0</li> <li>PC 486 o Pentium</li> <li>Lector CD-ROM</li> <li>Adaptador gráfico</li> <li>Pantalla 8-bits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cursos orientados a ingenieros y científicos de todas las áreas para la utilización máxima de MATLAB y Simulink.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Demostración</li> <li>* Libros basados en MATLAB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* La utilización de este software requiere conocer previamente MATLAB.</li> <li>* No es un SW amigable.</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.mathworks.com">www.mathworks.com</a></p>	Versión Estudian. \$99
6	Extend	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Construcción de modelos a través de bloques.</li> <li>* Permite personalizar reportes estadísticos y librerías.</li> <li>* Simula múltiples propósitos: eventos continuos, discretos, non linear e híbridos</li> <li>* Maneja niveles jerárquicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Actividad basada en costos.</li> <li>* Animación.</li> <li>* Análisis estadísticos de eventos discretos y continuos.</li> <li>* Procesos productivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Compatible con Visual Basic, C, Fortran, EXCEL.</li> <li>* Drag and Drop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Eventos:</li> <li>- Discretos</li> <li>- Continuos</li> <li>- Non Linear</li> <li>- Híbridos.</li> <li>* Elem. electrón.</li> <li>* Plotter (gráf. de modelos de salida).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>35 MB free disk</li> <li>16 MB RAM</li> <li>Windows 3.1x 95</li> <li>Windows NT</li> <li>Procesador Pentium.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Manual</li> <li>* Tutorial</li> <li>* SW Demo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fácil de usar por acceso a manual del SW Demo.</li> </ul> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.imagnethat.irc.com">www.imagnethat.irc.com</a></p>	Paquete completo \$695

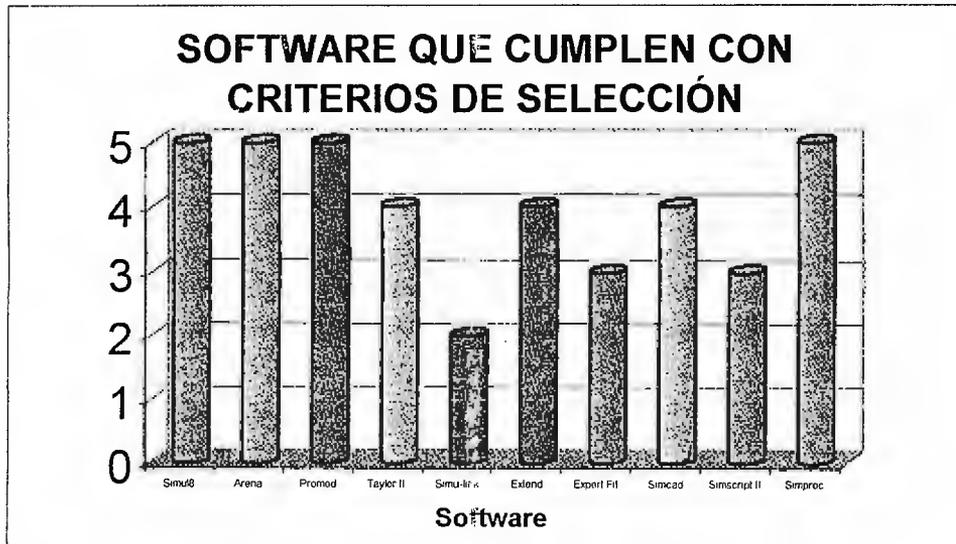
## Estudio Sinóptico del Software de Simulación

No.	Software	Características	Áreas de Aplicación	Interface	Librerías	Requerimientos	Incentivos	Material Apoyo	Comentarios	Precio
7	E x p e r t  F i t	* Determina el tipo de distribución de probabilidad a utilizar en la construcción de un modelo de simulación.	* Aplicable a cualquier tipo de modelo a utilizar	* Compatible con 33 software de simulación de propósito específico: Promodel, Arena, Siman, Tayllor...	* Presenta más de 40 distribuciones de probabilidad: - Discretos - Continuos - Empíricos.	5 MB free disk 4 MB RAM Windows 3.1x98 Windows NT 3.5" 1.44 2D Driver	* Soporte telefónico x 1 año * Mto por 1 año	* Guía de usuario * Tutor * SW Demo	* Es un programa a nivel estadístico, ya que se limita a conocer el tipo de distribución a usar.  www.averill-law.com	Promodel \$975 Simul8 \$495 TaylorII \$975
8	S I M C A D	* Simula procesos de negocios y transacciones, dando una retroalimentación en forma dinámica los detalles de datos estadísticos.	* Simulación de eventos discretos. * Aplicable a cualquier tipo de negocio. * Para la automatización de laboratorios y robots. * Reingeniería. * Optimización de fabricación.	* Amigable * Compatible con AutoCAD. * click and point * Pop-up Help	* Ofrece más de 750000 imágenes de Clipart.	70MB free disk 64MB RAM 256 color display CD-ROM Win 95,98,2000 Win NTx3.1	* Garantía de 30 días. * Soporte técnico gratis durante 1 año	* Tutorial * Manual	* Tiene variedad de gráficos estadísticos para la presentación de reportes. * No tiene paquetes estudiantiles  www.createasoft.com	Paquete completo \$1,950 Actualización. \$599
9	S I M C R I P T  I I	* Software de propósito general, orientado al análisis complejo y detallado de modelos de simulación. * Software que presenta integración gráfica y un compilador robusto.	* Aplicable a eventos discretos y continuos * Orientado a procesos de gran escala * Aplicable a complejos modelos de simulación. * Orientado a todo procesos y negocios.	* Fácil de aprender * Flexible ejecución tanto para Windows como Unix		Microprocesador Pentium. Windows 98 o NT 64 MB RAM 50 MB free disk Compilador C++		*Manual Usuario *SW Demo		Paquete completo \$870  www.caciasl.com

## Estudio Sinóptico del Software de Simulación

No.	Software	Características	Áreas de Aplicación	Interface	Librerías	Requerimientos	Incentivos	Material Apoyo	Comentarios	Precio
10	S I M P R O C E S S	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Programa de propósito específico.</li> <li>* Combina la simplicidad de los flujogramas con el poder de la simulación, análisis estadísticos, actividad basada en costos y en la animación.</li> <li>* Orientado a prototipos simples brindando soluciones rápidas.</li> <li>* Maneja 14 tipos de distribuciones de probabilidad para la construcción de modelos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sistemas ERP</li> <li>* Líneas de producción</li> <li>* Logística en transporte</li> <li>* Centros de atención al cliente (Help Desk)</li> <li>* Desarrollo de nuevos productos.</li> <li>* Mejoramiento de procesos.</li> <li>* TQM, ISO 9000</li> <li>* Animación.</li> <li>* Actividad basada en costos.</li> <li>* Análisis estadísticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fácil de usar</li> <li>* Compatible con ACCES, hojas electrónicas, bases OBDC, formato HTML.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Presenta 14 tipos de distribuciones de probabilidad.</li> <li>* Gráfico estadísticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microprocesador Pentium</li> <li>Windows 95-98 o NT 4.0</li> <li>32 MB RAM</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>*Manual Usuario</li> <li>*CD Demo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ofrece dos tipos de software de demostración: Versión de estudiante y para estudio en casa.</li> </ul>	Paquete completo \$1,250

[www.simprocess.com](http://www.simprocess.com)



**Gráfico 1. Software que cumplen criterios de selección.**

En el caso de Taylor II, Extend, Simcad y Simsript obtuvieron un puntaje negativo en el criterio de funcionalidad por no contar con una versión con fines académicos o incentivos para estudiantes. Es decir, son software con proyección únicamente comercial. A la vez, el Simsript es el único que cuenta con poco soporte técnico: Una manual de usuario y software demo. Por otra parte, se aclara que Simulink sí cuenta con una versión para estudiantes, pero obtuvo un puntaje negativo en el criterio de funcionalidad por no contar con librerías exclusivas para el desarrollo de proyectos de manufactura. Además, por ser un lenguaje de tipo general, su utilización requiere de conocimientos previos de MatLab.

Expert Fit no es funcional para la materia de Simulación Industrial, ya que solamente se limita a seleccionar la correcta distribución de probabilidad y no a desarrollar todos los pasos que involucra la simulación.

## b) Criterio: Costos

Los costos se han calculado de acuerdo a valores aproximados, estimándose según las características específicas de los productos informáticos en la actualidad.

En el cuadro 13 se muestran los valores calculados para cada uno de los programas en estudio.

	Software	Manual	Libro Tex	Envío	Actualización	LCC <sup>1</sup>
Simul8	\$999	\$0	\$0	\$99	\$99	\$1,392.00
Arena	\$0	\$0	\$89.50	\$22.50	\$0	\$112.00
Promodel	\$30	\$45	\$50	\$99	\$75	\$299.00
Taylor II *	\$650	-	-	\$99	-	\$2,249.00
Simulink	\$0	\$35	\$35	\$0	-	\$70.00
Extend	\$350	\$25	\$30	\$99	\$40	\$543.50
Expert Fit *	\$495	-	-	\$99	\$35	\$629.00
Simcad *	\$1,950	\$0	\$63	\$99	\$599	\$2,711.00
Simscrip *	\$870	\$0	\$0	\$99	\$50	\$1,019.00
Simprocess*	\$1,250	\$0	\$0	\$99	\$250	\$1,599.00

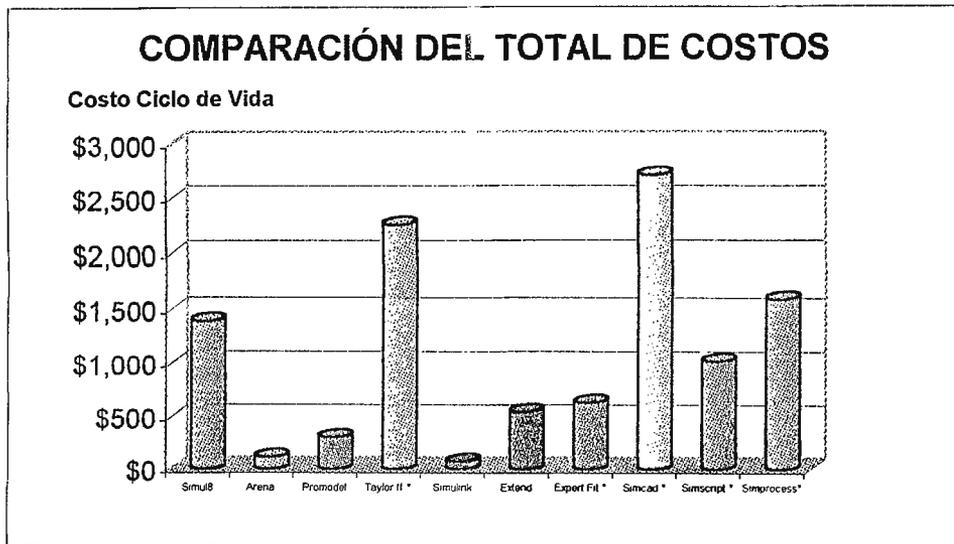
Cuadro 13. Análisis de los costos del software

El asterisco (\*) que se muestra en los programas Taylor II, Expert Fit, Simcad, Simscrip y Simprocess indica que es el total del valor de la versión estándar del software. Es decir que no son precios de versión de estudiante.

La símbolo (-) indica que se desconoce dicha información.

Analizando el cuadro 13 se puede observar que el software que involucra menos costos es **Simulink**, debido a que es un programa con el que ya cuenta la Universidad. Por tal razón aparece el costo de compra y de envío igual a cero. Solamente se han tomado en cuenta los costos del soporte técnico (libros de referencia) que tienen un valor total de \$70

El segundo programa menos costoso es **Arena**, con un costo total de \$112.



**Gráfico 2. Comparación del total de costos.**

#### **5.4- ELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN**

De acuerdo al proceso de selección de la sección anterior, se tienen cuatro programas que cumplen con los criterios: funcionalidad, interfaz amigable, soporte técnico, aplicabilidad y compatibilidad. Estos programas son: Simul8, Arena, Promodel y Simprocess.

Al analizar el criterio de los costos, los dos programas que lo satisfacen son el Simulink con \$70 y el Arena con \$112. El costo de Simul8 y Simprocess es de \$1,392 y \$1,599 respectivamente; lo cual contribuye a descartarlos completamente. Promodel tiene un costo de \$299, el cual es un valor considerado límite aceptable.

Dado que Simulink solamente cumple con el criterio de los costos y ha sido descartado por los demás, nada más se cuenta con dos posibles software a seleccionar: Arena o Promodel.

Para seleccionar el software más indicado a utilizar se hará mediante otro cuadro de decisión en el cual se evaluarán aspectos específicos implícitos en los criterios de selección:

	Aplicabilidad	Librerías	Incentivos	Soporte Técnico	Costos	Popularidad	Disponibilidad.	<b>Total</b>
Arena	+	-	+	+	+	+	+	<b>6</b>
Promodel	+	+	+	+	-	-	-	<b>4</b>

**Cuadro 14. Matriz de Decisión entre Arena y Promodel.**

Analizando los resultados obtenidos en el cuadro 14, se determina que el software a utilizar en los laboratorios de Simulación Industrial será el **ARENA** por las siguientes razones:

- Es el software que ha cumplido con los cinco criterios de selección previamente planteados.
- Presenta una gran cantidad de aplicaciones cumpliendo los objetivos de la materia.
- El software versión para estudiantes es gratis y puede ser transferible.
- Ofrece soporte técnico mediante libros, manuales, ayuda en línea, soporte telefónico, programas de demostración y tutoriales.
- Es uno de los software más populares para el área de Simulación Industrial, utilizados por universidades reconocidas<sup>14</sup>. Por ejemplo: Wichita State University (U.S.A)<sup>15</sup>, Washington State University Vancouver<sup>16</sup>, University of Minnesota<sup>17</sup>, California State Polytechnic University, Pomona<sup>18</sup>, The University of Southern Queensland<sup>19</sup>, Kansas State University<sup>20</sup>.

<sup>14</sup> Crf.: <http://www.sm.com/Univ/university.htm>

<sup>15</sup> Crf.: <http://www.ie.twsu.edu>

<sup>16</sup> Crf.: <http://www.vancouver.wsu.edu/fac/holt/em517>

<sup>17</sup> Crf.: [http://www.me.umn.edu/\\*rahult/resume.htm](http://www.me.umn.edu/*rahult/resume.htm)

<sup>18</sup> Crf.: [http://www.csupomona.edu/\\*sparisay/websima/ie429](http://www.csupomona.edu/*sparisay/websima/ie429)

<sup>19</sup> Crf.: <http://www.usq.edu.au/faculty/murali/leng480/leng480.htm>

<sup>20</sup> Crf.: <http://www.ukans.edu/fullspec/64425s1d.htm>

# **CAPÍTULO VI: Calendarización de Contenidos y Plan de Clases**

---

# CALENDARIZACIÓN DE CONTENIDOS

## SIMULACIÓN INDUSTRIAL

CONTENIDOS	JUNIO		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17
1- CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE SIMULACIÓN						10	V					20.					30.
1.1- Evolución histórica de la simulación	■						A										
1.2- Conceptos de simulación y aplicaciones		■	■				P	C				P					P
1.3- Ventajas y desventajas de la simulación			■	■			a	A				a					a
1.4- Simulación en los sistemas de manufactura				■	■		r	C				r					r
1.5- Recomendaciones para la simulación exitosa				■			c	I				c					c
1.6- La lógica de la simulación					■		i	O				i					i
1.8- Ejemplos					■	■	a	N				a					a
2- GENERALIDADES DEL MODELADO							I	E				I					I
2.1- Principios del modelado							e	S	■			e					e
2.2- Tipos de modelos							s		■			s					s
2.3- Pasos para el desarrollo de un modelo							A		■	■							
2.4- Análisis de datos de entrada							G		■	■	■						
2.5- Técnicas de Omisión y Sustitución							O				■						
2.6- Fallos en los modelos de entrada							S				■						
3- FUNDAMENTOS							T										
3.1- Principios de Diseño de Plantas							I					■					
3.2- Principios de Estudio de Tiempos							N					■					
3.3- Principios de Investigación de Operaciones							A					■					
4- LENGUAJES DE SIMULACIÓN							S										
4.1- Tipos y características												■					
4.2- Simulación en ARENA													■				
5- SIMULACIÓN: Tecnología para el nuevo milenio														■			
5.1- Tecnología para el nuevo milenio														■			
5.2- Fabricación virtual														■			
6- PROYECTO														■	■	■	



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA:  
 UNIDAD

SIMULACIÓN INDUSTRIAL

PROFESOR:

GRUPO  
 CICLO/AÑO

Página 1

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:** Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa más eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
<b>1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE SIMULACIÓN</b>						
1.1- Evolución histórica de la simulación	Presentar el proceso evolutivo que ha experimentado la simulación a través del tiempo.	1.1.1- Introducción: Importancia de la simulación. 1.1.2- Perspectiva histórica de la simulación: a) Mainframes al final de los años 60 b) Programas a principios de los 70	Transparencias Retroproyector	100'	Clase expositiva	<a href="http://www.informs-cs.org">www.informs-cs.org</a> pág 176-179
1.2- Conceptos de Simulación y aplicaciones	Aprender y diferenciar los conceptos relacionados con simulación.	1.2.1- Definición de conceptos: a) Simulación, diferentes definiciones b) Sistema c) Modelo d) Conceptos varios 1.2.2- Areas de aplicación 1.2.3- ¿Cuándo simular?	Pizarra, yeso Transparencias Retroproyector	200'	Clase expositiva Entrega de separata con resumen de conceptos	<a href="http://www.informs-cs.org">www.informs-cs.org</a> pág. 8  TAHA Handy, <i>Investigación de Operaciones, una introducción</i> , Prentice Hal, México 1997 p670  <a href="http://www.inf.utfsm.cl/~hallende.com">www.inf.utfsm.cl/~hallende.com</a>
1.3- Ventajas y desventajas	Establecer cuáles son las principales ventajas y desventajas de la simulación.	1.3.1- Ventajas  1.3.2- Desventajas		200'	Clase expositiva	COSS BU Raúl, <i>Simulación, un enfoque práctico</i> LIMUSA, México 1985, p. 11  AZARANG-GARCÍA, <i>Simulación y análisis de modelos estocásticos</i> , McGrawHill, México 1997, p. 63-64



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA:  
 UNIDAD

SIMULACIÓN INDUSTRIAL

PROFESOR:

GRUPO  
 CICLO/AÑO

Página 2

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:** Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa más eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
1.4- Simulación en los sistemas de manufactura	Determinar los principales elementos relacionados con la simulación en ambientes manufactureros.	1.4.1- Aplicaciones de la simulación en los procesos de manufactura a) Requerimientos de equipo y personal b) Evaluación del rendimiento c) Evaluación de procesos operativos 1.4.2- Desarrollo de modelos de simulación válidos y creíbles 1.4.3- Estadística en simulación de sistemas a) Modelos aleatorios b) Diseño y análisis de experimentos 1.4.4- Análisis de un sistema de manufactura	Pizarra yeso	200'	Lluvia de ideas sobre simulación en una industria  Clase expositiva	<a href="http://www.informs-cs.org">www.informs-cs.org</a>
1.5- Recomendaciones para una simulación exitosa	Enunciar las distintas recomendaciones para realizar una simulación	1.5.1- ¿Qué significa exitosa? a) La información correcta b) Tiempo correcto c) Decisión correcta 1.5.2- Dónde podría haber error a) Abordando el problema equivocado b) Trabajando en el problema correcto, pero en un mal tiempo. c) Pasando por alto las advertencia de datos . Pocos datos . Demasiados datos . La correcta información pero cómo interpretarla? d) Cerrar la oportunidad 1.5.3- Cómo mantenerse con éxito ?		100'	Breve discusión en grupo y plenaria detallando otras recomendaciones para una simulación exitosa.	<a href="http://www.informs-cs.org">www.informs-cs.org</a> pág. 60



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA: SIMULACIÓN INDUSTRIAL      PROFESOR:    
 UNIDAD:  

GRUPO:    
 CICLO/AÑO:  

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:**      Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa más eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
1.6- La lógica de la simulación como un método	Presentar la simulación como un proceso lógico	El análisis consiste en: a) Verificar si los datos simulados tienen similitud con los datos colectados b) Medir e identificar los parámetros más importantes	Cartel con diagrama	100'	Explicación del diagrama en el que se presenta de forma gráfica la lógica de la simulación.	<a href="http://www.Uni-koblenz.de/~kgt/learn/textbook/node10.html">www.Uni-koblenz.de/~kgt/learn/textbook/node10.html</a>  <a href="http://www.informs-cs.org">www.informs-cs.org</a> pág. 7
1.7- Ejemplos	Expresar, en forma de ejemplo, los conceptos vistos en la unidad # 1	Ejemplos : Simulación Manual	Carteles Calculadora Yeso Pizarra Computadora TV o proyector de cañón	240'	Explicación de los contenidos de forma expositiva. Presentación de ejemplos en computadora. Discusión de ejemplos.	COSS BU Raúl, <i>Simulación un enfoque práctico</i> , LIMUSA, México, 1985. Pag.11



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA: SIMULACIÓN INDUSTRIAL      PROFESOR:    
 UNIDAD:  

GRUPO:    
 CICLO/AÑO:  

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:**      Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa mas eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
<b>2. GENERALIDADES DEL MODELADO</b>						
2.1 Principios del modelado	Indicar cuáles son los principios que deben tomarse en cuenta al modelar	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Beneficios del modelado</li> <li>. Guía para la construcción de un modelo:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación en bloques</li> <li>- Relevancia</li> <li>- Exactitud</li> <li>- Agregación</li> </ul> </li> </ul>		100'	Clase expositiva	RACZYNSKI Stanislaw, <i>Simulación por computadora</i> , NORIEGA Editores, México 1993 Pag. 42  AZARANG-GARCÍA Pag. 63
2.2 Tipos de modelos	Definir los tipos de modelos que existen	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Modelos estáticos</li> <li>. Modelos dinámicos</li> <li>. Modelos analíticos</li> <li>. Modelos numéricos</li> <li>. Modelos continuos</li> <li>. Modelos discretos</li> </ul>	Pizarra yeso	100'	Clase expositiva Ejemplos gráficos	TAHA, <i>IOP una introducción</i> , Prentice Hall México, 1997, Pag. 679  AZARANG-GARCÍA Pag. 1-2 <a href="http://www.inf.utfsm.cl/~hallende/download">www.inf.utfsm.cl/~hallende/download</a>
2.3 Pasos para el desarrollo de un modelo	Enumerar y describir los pasos necesarios para hacer un modelo	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) Definición del sistema</li> <li>b) Análisis del sistema</li> <li>c) Formulación del modelo</li> <li>d) Selección del lenguaje</li> <li>e) Codificación del modelo</li> <li>f) Validación del modelo</li> <li>g) Experimentación</li> <li>h) Implementación</li> <li>i) Monitoreo y control</li> </ol>	Transparencias Proyector	200'	Explicación de cada punto del diagrama de pasos para hacer un modelo	AZARANG-GARCÍA, <i>Op. Cit.</i> Pag. 64-65 Guía para un proyecto exitoso en: <a href="http://www.inf.utfsm.cl/~hallende">www.inf.utfsm.cl/~hallende</a>



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA: SIMULACIÓN INDUSTRIAL PROFESOR:    
 UNIDAD:  

GRUPO:    
 CICLO/AÑO:  

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:** Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa mas eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
2.4- Análisis de Datos de entrada	Estudiar los diferentes tipos de distribución con el objeto de aprender a aplicarlas según el fenómeno que se analiza.	2.4.1- Hechos al azar o aleatorios 2.4.2- Distribución uniforme 2.4.3- Distribución normal 2.4.4- Distribución Poisson 2.4.5- Distribución Gamma 2.4.6- Distribución Beta 2.4.7- Distribución Weibull	Carteles con gráficos de distribución  Acetatos  Proyector	240'	Presentación de cada tipo de distribución detallando la importancia y aplicación en Simulación.	Modelación de datos de entrada en: <a href="http://www.inf.utfsm.cl/~hallengende">www.inf.utfsm.cl/~hallengende</a>
2.5- Técnicas de Omisión y sustitución	Aprender a realizar un análisis de datos de salida de un sistema simulado con el fin de hacer inferencias de tipo estadístico respecto del comportamiento del sistema.	2.5.1- Técnica de omisión y sustitución 2.5.1.1- Impacto de la simplificación de los modelos en los resultados  2.5.2- Técnica de reducción y simplificación  2.5.3- Fuente de datos de entrada	Computadora Retroproyector	100'	Presentación de diapositivas en PowerPoint	<a href="http://www.webdia.cem.itesm.mx/ac/alvarez">www.webdia.cem.itesm.mx/ac/alvarez</a>
2.6- Fallos en los modelos de entrada	Detectar y solucionar las fallas que podrían presentarse en los modelos de entrada	2.6.1- Detecciones y reparaciones 2.6.2- Confiabilidad 2.6.3- Mantenibilidad 2.6.4- Disponibilidad 2.6.5- Tiempo entre fallas 2.6.6- Tiempo de reparación		100'	Trabajo de investigación. Discusión en Torno a como detectar fallas en los sistemas	<a href="http://www.informs-cs.org/wsc99papers/009.pdf">www.informs-cs.org/wsc99papers/009.pdf</a>



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA:	SIMULACIÓN INDUSTRIAL	PROFESOR:
UNIDAD:		

GRUPO	
CICLO/AÑO	

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:** Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa más eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
<b>3.0 FUNDAMENTOS</b>						
3.1- Principios de Diseño de plantas	Brindar los criterios más importantes acerca de la distribución en planta, los cuales serán utilizados en el diseño de plantas en simulación.	3.1.1- Definición 3.1.2- Objetivos 3.1.3- Principios básicos: a) Integración de conjunto b) Mínima distancia recorrida c) Circulación o flujo de materiales d) Espacio cúbico e) Satisfacción y seguridad f) Flexibilidad 3.1.4- Naturaleza de los problemas a) Planta completamente nueva b) Expansión o traslado a una planta ya existente c) Reordenación de una distribución ya existente d) Ajustes menores en distribuciones ya existentes 3.1.5- Tipos clásicos de distribución a) Por posición fija b) Por proceso c) En cadena 3.1.6- Factores que afectan la distribución - Material - Maquinaria - Hombre - Movimiento - Espera - Servicio - Edificio - Cambio	Transparencias Retroproyector	100'	Presentación de los contenidos de forma expositiva. Ejemplificación del diseño a través de transparencias, es decir, mostrar diferentes distribuciones de planta como modelo.	MUTHER Richard, <u>Distribución en planta</u> , ed. Hispano Europea, S.A., Barcelona, 1981. pág. 13, 15, 19, 21, 24, 43



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA: SIMULACION INDUSTRIAL PROFESOR:    
 UNIDAD:  

GRUPO:    
 CICLO/AÑO:  

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:** Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa más eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
3.2-Principios de Estudio de Tiempos y Movimientos	Dar a conocer los elementos principales y los criterios que deben seguirse al realizar un estudio de Tiempos y Movimientos.	3.2.1- Métodos de lectura con cronómetro. 3.2.2- Número de ciclos a observar y calificación por velocidad. 3.2.3- Tiempo estándar 3.2.4- Balanceo de línea.	Pizarra, yeso, Cronómetro	100'	Lectura de separata por grupos. Puesta en común	GARCÍA-CRIOLLO, estudio del Trabajo, McGraw-Hill, México, 218 pág.
3.3- Principios de Investigación de Operaciones	Cimentar los temas principales de Investigación de Operaciones como fundamento de Simulación de Procesos.	3.3.1- Antecedentes 3.3.2- Definición 3.3.3- Pasos del método científico 3.3.4- Optimización de recursos Métodos determinísticos Métodos probabilísticos Métodos híbridos Métodos heurísticos 3.3.5- Programación lineal 3.3.6- Conjunto convexo 3.3.7- Método Simplex 3.3.8- Teoría de colas	Transparencias Retroproyector	100'	Presentación de los contenidos de forma expositiva. Resolución de ejemplos y ejercicios.	<a href="http://www.unam.com">www.unam.com</a>
<b>4.0 LENGUAJES DE SIMULACIÓN</b>						
4. Lenguajes de Simulación	Presentar una sinópsis de los lenguajes de simulación detallando las características principales, ventajas y desventajas	4.1- Selección de lenguajes de simulación 4.1.1- Ventajas y desventajas. 4.1.1.1- Lenguaje de tipo general. 4.1.1.2- lenguaje específico de simulación 4.2- Simulación en Arena 4.2.1- Conceptos del Arena Template 4.2.2- Conceptos de animación 4.2.3- Common Panel	Computadora Proyector de cañón	200'	Clase expositiva	AA.VV. Lenguajes de Simulación. Trabajo de investigación, UDB, 1998  AZARANG-GARCIA, O.C



## PLAN DE CLASES

ASIGNATURA: SIMULACIÓN INDUSTRIAL      PROFESOR:    
 UNIDAD:  

GRUPO:    
 CICLO/AÑO:  

**OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA:**      Enseñar al estudiante a crear programas computacionales de simulación de sistemas industriales  
 Crear diferentes escenarios de operación y brindar la alternativa mas eficiente y de menor costo

CONTENIDO	OBJETIVO	DESARROLLO	MATERIAL	TIEMPO	METODOLOGÍA	BIBLIOGRAFÍA
5.0 SIMULACIÓN: Tecnología para el Nuevo Milenio.						
5- SIMULACIÓN.	Investigar las tendencias presentes y futuras sobre simulación	5.1- Tecnología para el nuevo milenio 5.2- Fabricación virtual		100'	Investigación y exposición por grupos	<a href="http://www.informs-cs.org/wsc99papers/018.pdf">www.informs-cs.org/wsc99papers/018.pdf</a>
6- PROYECTO.	Especificar el formato y contenido del proyecto final de la materia.	Contenido y modalidad del Proyecto		240'	Por grupos	Manual de referencia de Simulación

---

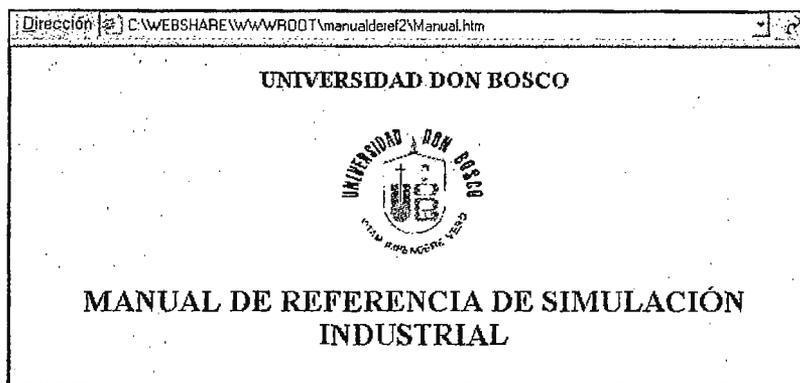
# **CAPÍTULO VII: Manual de Referencia de Simulación Industrial**

---

# CAPITULO VII: MANUAL DE REFERENCIA DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL

## 7.1- AMBIENTE DEL MANUAL

El Manual de Referencia de Simulación Industrial se presenta a través del formato html que se encuentra en el CD adjunto a este documento.



**Figura 7.1. Manual de Referencia de Simulación Industrial**

El manual está compuesto por cuatro elementos principales(ver figura 7.2):

- a) **Plan de Clases:** Muestra la calendarización de contenidos de la materia de Simulación Industrial y las diferentes cartas didácticas o planes de estudio.
- b) **Desarrollo de temas:** Presenta un breve desarrollo de los contenidos de simulación; adicionando en cada tema, otros sitios de referencias bibliográficas.
- c) **Capacitaciones:** Se encuentran diferentes sitios de capacitaciones y seminarios que pueden ser accesados a través de Internet.
- d) **Universidades Extranjeras:** Presenta las direcciones URL (Localizador de Recursos Uniformes) de universidades extranjeras, las cuales formaron parte del presente estudio investigativo.

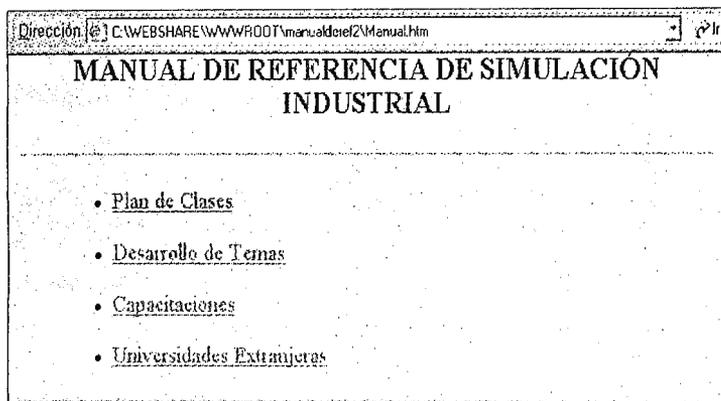
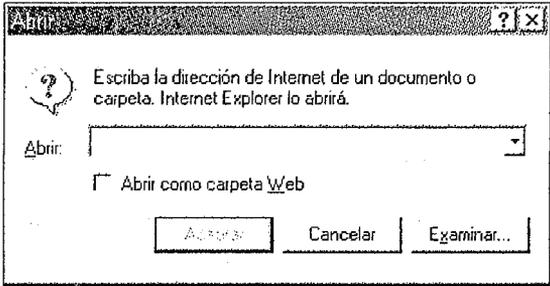
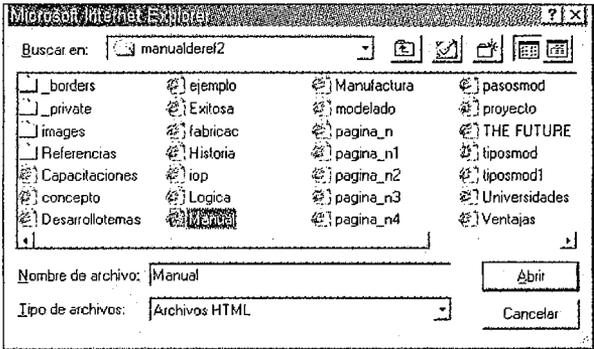


Figura 7.2. Opciones del Manual de Referencia de Simulación Industrial

## 7.2- ACCESO AL MANUAL DE REFERENCIA DE SIMULACIÓN INDUSTRIAL.

PROCEDIMIENTO	GRAFICO
<p>1- Insertar CD a dispositivo de CD-ROM</p> <p>2- Abrir Internet <b>Explorer</b> o <b>Netscape</b> Navigator.</p> <p>3- Seleccionar del menú Archivo la opción abrir (<b>OPEN</b>).</p> <p>4- Hacer un clic en el botón <b>EXAMINAR</b></p> <p>5- Se abrirá la carpeta del Manual de Simulación y seleccionar el archivo <b>manual.html</b></p> <p>6- Hacer clic en <b>Aceptar</b> y comience a navegar....</p>	<p style="text-align: center;"> Fig.7.1 Microsoft Explorer</p>  <p style="text-align: center;"><b>Figura 7.2. Opción Abrir</b></p> 

---

## **CAPÍTULO VIII: Guías de Laboratorio**

---

# Guía de Laboratorio No. 1

## ENTORNO DE ARENA®



ALUMNO :	LUGAR: CENTRO DE CÓMPUTO	TIEMPO:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

### 1- OBJETIVOS.

<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno se familiarice con el entorno de Arena®
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno explore un ejemplo de simulación con Arena®
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno conozca las principales funciones de Arena®

### 2 - EQUIPO Y MATERIALES.

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora 2- Software: ARENA® 3.1	1- Guía # 1 2- Lápiz 3- Ejemplo: Mod_03_1.doe

### 3 - NORMAS DE SEGURIDAD.

<input checked="" type="checkbox"/>	Revise que sus discos flexibles no tengan virus.
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C y póngale su nombre.
<input checked="" type="checkbox"/>	Haga copias de respaldo del ejemplo Mod_03_1.doe.

### 4 - MARCO TEÓRICO.

Las organizaciones, a lo largo del mundo, están rápidamente adoptando procesos que involucran la simulación como parte integral de la toma de decisión en los negocios y en las continuas iniciativas de mejora. Los empresarios están demandando herramientas que soporten gran cantidad de aplicaciones, que se puedan ajustar a las diferentes necesidades, que se integren con los modelos corporativos y con las bases de datos de las empresas. Aunque el uso de simulación en procesos de mejora es una tendencia reciente, su beneficio debido al análisis en manufactura, servicio, transporte y otros sistemas complejos está bien establecido. En estos ambientes la simulación es, a menudo, usada como base de

proyectos. Un modelo es creado, validado y analizado para servir a propósitos particulares, normalmente como soporte de una decisión que envuelve procesos de cambio significativos.

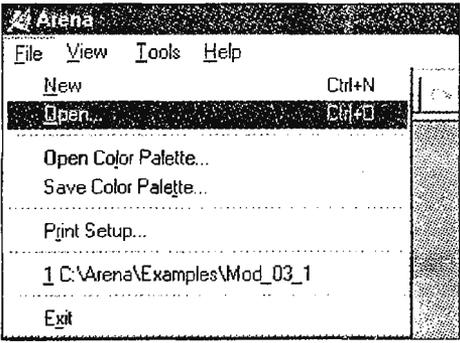
Arena® brinda a las empresas la capacidad necesaria para analizar todo tipo de sistemas. Este software fue lanzado por primera vez en 1993, emplea Diseño Orientado a Objetos para un completo modelado gráfico. Los modelos son construidos usando objetos gráficos (llamados módulos) definiendo así la lógica del sistema y los componentes físicos, tales como máquinas, operarios, etc. La plantilla de Arena® incluye módulos enfocados a aspectos específicos de manufactura y sistemas de manejo de materiales. Además, modela efectivamente combinaciones de sistemas discretos y continuos. La aceptación de este software, a grandes rasgos, es atribuida a su flexibilidad debido a que captura con precisión la esencia de una amplia variedad de sistemas.

En el centro de Arena® está el lenguaje de simulación SIMAN, el cual provee de un poderoso fundamento para modelar sistemas complejos e incrementar la eficiencia de análisis de alternativas de diseño.

A continuación se procederá a implementar un ejemplo sencillo de simulación utilizando uno de los ejemplos que contiene la librería de Arena®, llamado Mod\_03\_1.doe, el cual ha sido previamente realizado en las clases teóricas por métodos convencionales.

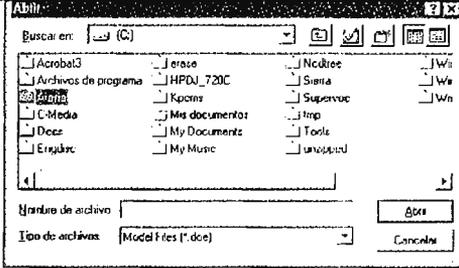
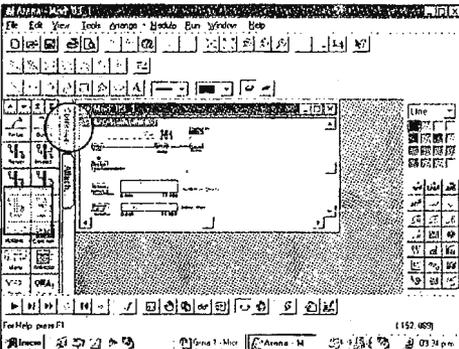
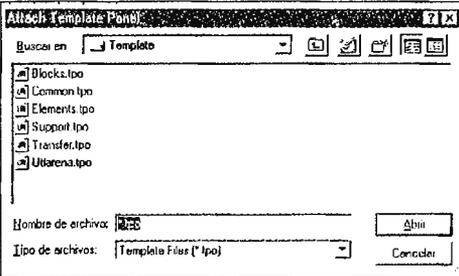
## 5. PROCEDIMIENTO

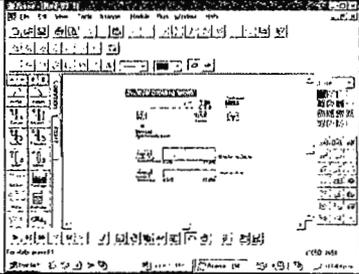
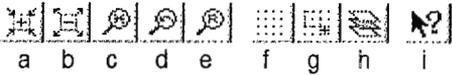
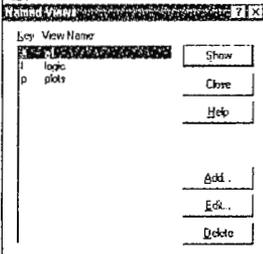
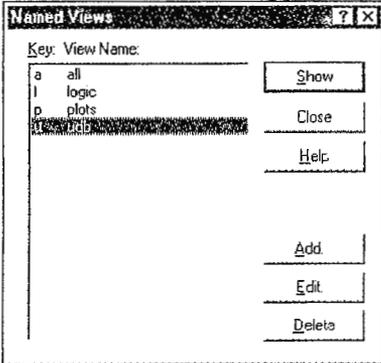
### ABRIENDO UN MODELO EXISTENTE

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
1. Cargar el software.		1- Cargar ARENA® 3.0. Aparecerá un cuadro de mensaje el cual deberá leer y hacer clic en el botón ACEPTAR. Luego se mostrará una ventana de bienvenida, la cual detalla el "Tip del día", que es parte de la ayuda en línea de ARENA. Hacer clic en CLOSE. 2- Desplegar el menú FILE y seleccionar OPEN o hacer clic en 

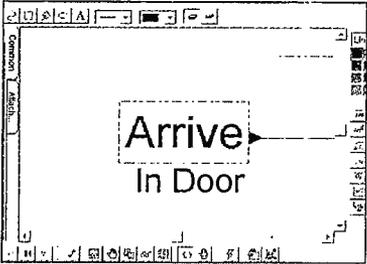
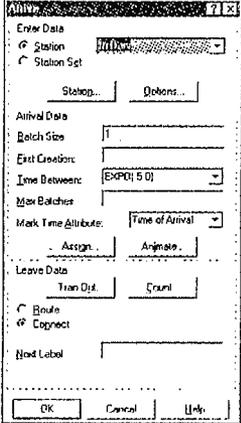
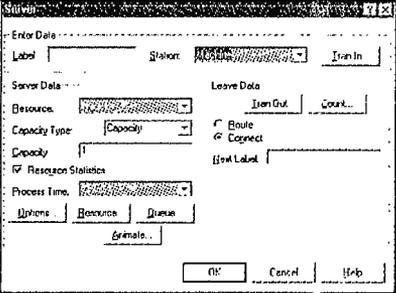
Una vez cargado ARENA®, se procederá a abrir un ejemplo de las librerías del programa, el cual ilustra un proceso sencillo de manufactura compuesto por ENTRADA, PROCESO y SALIDA. Este ejemplo trata sobre la transformación de materia prima o piezas que entran al sistema mediante un proceso de maquinado y posteriormente sale del sistema concluyendo de esta manera el ciclo de producción.

El tiempo programado para la simulación, en este ejemplo, es de 15 minutos.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
2. Abrir un ejemplo		<p>3- En la caja de diálogo OPEN seleccionar la carpeta Arena (Buscar en C:).</p> <p>4- Seleccionar la carpeta Examples</p> <p>5- Abrir ejemplo: Mod_03_1.doe</p>
3. Identificar etiquetas		<p>6- Seleccionar etiqueta Common (En el gráfico aparece señalada con un círculo). Esta carpeta contiene tableros o paneles (señalado con un cuadrado) que pueden ser desplegados en el lado izquierdo de la pantalla, estos son: Arrive, Depart, Server, Animate y Simulate, entre otros.</p>
4. Identificar más etiquetas		<p>7- Hacer clic en la etiqueta Attach. Aparecerá una caja de diálogo que permite acceder a otros tableros o paneles cuyos nombres tienen extensión .tpo</p> <p>8- Hacer clic en Cancel.</p>

VENTANA DEL MODELO		
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
5. Agrandar ventana		9- Hacer clic en maximizar <input type="checkbox"/>
6. Diferentes vistas.	 <p>a) Zoom in (acercamiento)                  b) Zoom out (alejamiento)                  c) View all                  d) View previous                  e) View region                  f) Grid                  g) Snap                  h) Layers                  i) Help</p>	10- Hacer un <i>Zoom in</i> con el botón (a) o con la tecla (+), o haciendo clic en View/Zoom in (Zoom in del menú View) 11- Hacer un <i>Zoom out</i> , utilice el botón (b) o la tecla (-), o haga clic en View/Zoom out . 12- Hacer un View all (panorámica general) de todo, utilice el botón (c) o la tecla (*), o haga clic en View/Views/All. 13- Hacer clic en View/previous (vista anterior, botón (d) ) o hacer clic en View/Views/Previous.
7. Ver vistas grabadas		14- Hacer clic en View/Named View o digitar el signo ? Aquí encontrará tres vistas (a, l, p). Clic en Close. 15- Digitar a, l, p para ver las diferentes vistas grabadas.
8. Grabar vistas		16- Seleccionar una vista a través del botón <i>Zoom in</i> o <i>Zoom out</i> y de las teclas de desplazamiento (← ↑). 17- Hacer clic en View/ Named View y luego en el botón Add... 18- Digitar una letra en la casilla Hot key (ejemplo: u ), y un nombre en Name (ej. udb). 19- Hacer clic en Ok/Close. 20- Probar la grabación.

Para ver cómo el modelo ha sido programado, se debe hacer un recorrido a través de los módulos, así se puede determinar cómo han sido estructurados. Se comenzará con el módulo **Arrive**. Éste es el módulo de inicio donde llegan las Entidades.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
9. El módulo Arrive		21- Hacer doble clic en el módulo Arrive.
10. Caja de diálogo del módulo Arrive		Note que Arrive está dividido en tres áreas: a) Enter Data: describe la naturaleza de los puntos de entrada por entidad. b) Arrival Data: describe naturaleza de llegadas por sí mismas. c) Leave Data: describe qué sucede a las entidades una vez que han llegado al modelo.
11. El módulo Server		22- Hacer doble clic en Server El módulo Server representa a la máquina, incluyendo recursos, cola y el tiempo de proceso requerido para las partes o piezas.  23- Hacer clic en Ok.

El módulo Server está compuesto por:

- A) Enter Data: brinda el nombre a la estación.
- b) Server Data: describe qué sucede a las entidades en el servidor.
- c) Leave Data: controla cómo las entidades dejan el módulo.

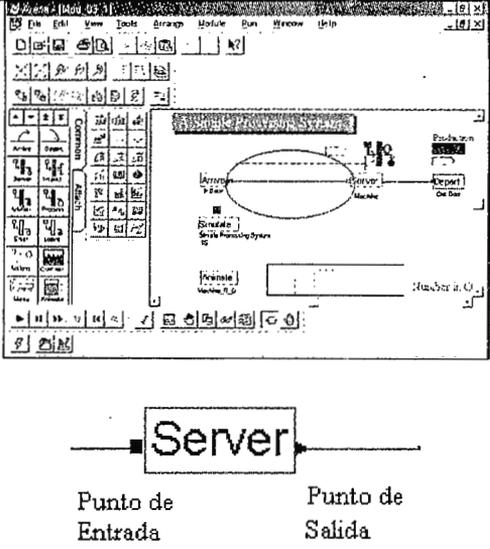
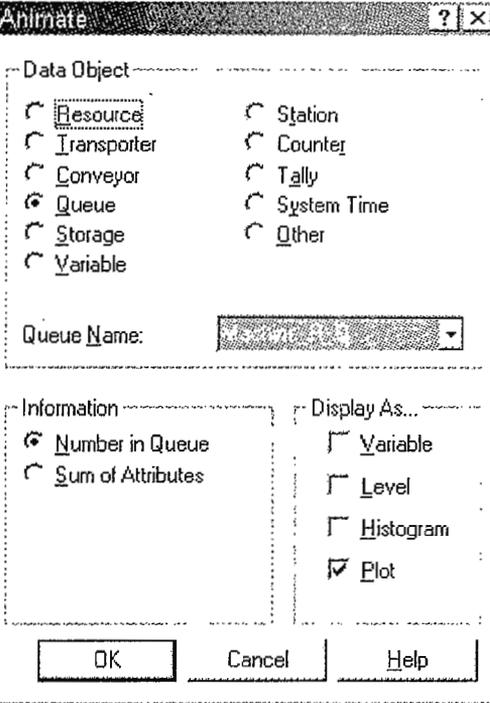
El módulo DEPART: Representa las entidades que dejan el sistema

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
12. El módulo Depart		24- Hacer doble clic en Depart, el cual está compuesto por: A) Enter Data: determina la entidad por la que comienza el proceso de salida. B) Count Area: si se quiere obtener cuenta de salidas de entidades. C) Tally Area: si se quiere hacer nota acerca de aspectos relacionados con entidades y salidas.

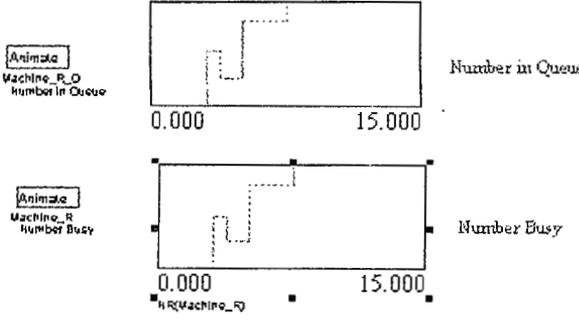
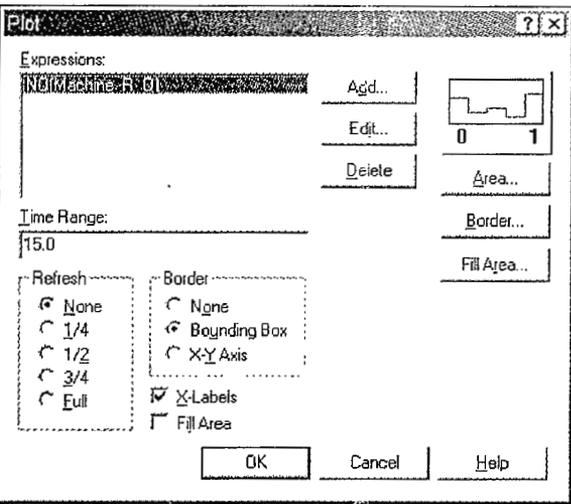
El módulo **SIMULATE**: Determina la longitud de la ejecución de la simulación y a la vez el número de réplicas a necesitar.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
13. El módulo Simulate		25- Hacer doble clic en Simulate. La ventana de diálogo de este módulo está compuesta por dos áreas: A) Project: Detalla el título del proyecto, el nombre del analista y el registro de la fecha de creación del proyecto. B) Replicate area: muestra la cantidad de réplicas que serán ejecutadas en el proyecto. el número por defecto es 1, al igual que 0.0 para el tiempo de inicio (beginning time). el length of replication indica la duración de la réplica. También se puede especificar el intervalo de una réplica a otra con la opción Warm-up period. 26- Hacer clic en CANCEL

El Módulo de Conectores: Establece la secuencia a seguir de las partes de un módulo a otro.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>14. El Módulo Connections</p>		<p>27- Para hacer conexiones hacer Clic en el botón  o abrir el menu MODULE y seleccionar CONNECT. Note que el puntero del mouse se visualiza en forma de cruz.</p> <p>28- Dar un clic sobre el punto de salida del primer módulo Arrive (Triangulo negro) y otro clic en el punto de entrada del modelo Service, quedando la conexión representada por una línea negra.</p>
<p>15. El módulo Animate</p>		<p>29- Hacer Doble-Clic en el módulo ANIMATE. Animate está formado por tres áreas:</p> <p>A) Data Object: Lista los diferentes objetos que se pueden animar. En este ejemplo se seleccionó "Cola" (Queue).</p> <p>B) Information: Brinda información adicional dependiendo del objeto que se seleccione .</p> <p>C) Display As...: Muestra diferentes opciones para la representación gráfica de los datos.</p> <p>30- Dar un Clic en CANCEL.</p>

El tamaño del gráfico (plotter) puede ser modificado al hacer Clic a los bordes del cuadro y arrastrar con el mouse hasta llegar al tamaño deseado.

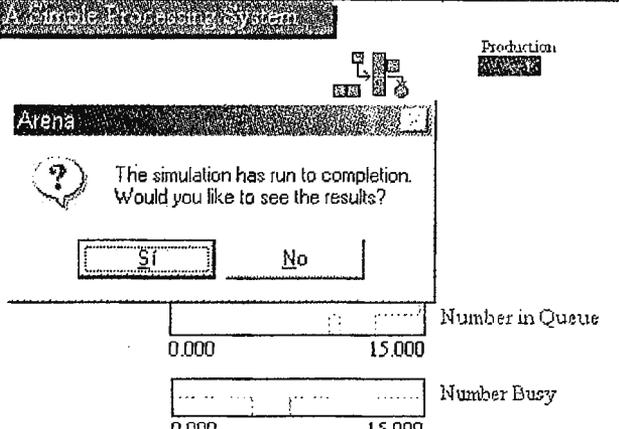
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>16. El módulo Plot</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Gráficos Dinámicos</p>  </div>	<p>31- Para cambiar las propiedades físicas de un gráfico, dar <b>Doble-Clic</b> sobre él. Aparecerá un cuadro de diálogo formado por las siguientes áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A) Expressions: Lista lo que está siendo graficado, de acuerdo a lo definido en el Módulo Animate.</li> <li>B) Rango de Tiempo: Se especifica la duración de la simulación.</li> <li>C) Border: Brinda la opción de encerrar en un cuadro la gráfica de los datos.</li> <li>D) X-Labels: Permite etiquetar los ejes de coordenada del gráfico.</li> <li>E) Refresh: Permite la actualización de los datos a ser graficados entre las corridas de simulación.</li> <li>F) Fill Area Button: Rellena de colores el fondo del área bajo la curva.</li> </ul> <p>32- Doble Clic en CANCEL.</p>

En el menú MODULE se encuentra la opción AUTO-CONNECT, que tiene la característica de conectar automáticamente un módulo nuevo que entra al sistema.

El Módulo de Gráficos Dinámicos (Dynamic Plots): Refleja el comportamiento de una variable durante el período de simulación.

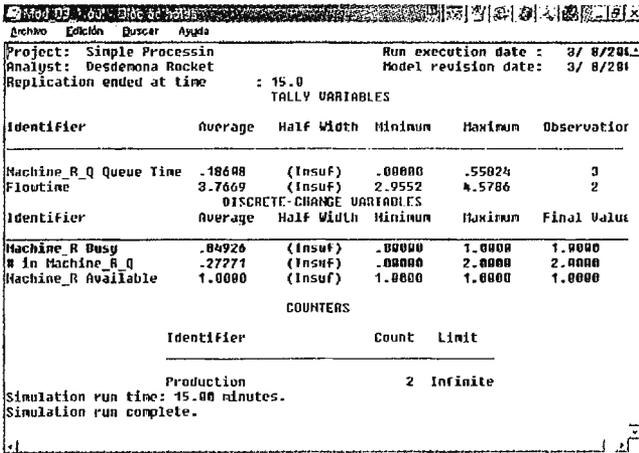
En el ejemplo del sistema de producción, se quiere saber la cantidad de elementos que se encuentran en la cola del servidor en todo el momento.

**Ejecutar el modelo**

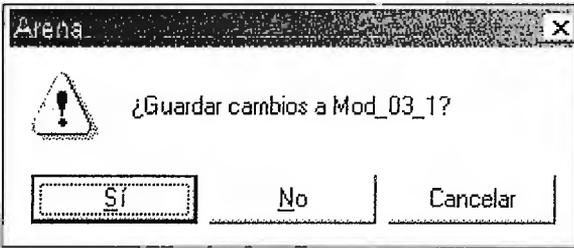
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
17. Ejecutar el modelo		33- Para ejecutarlo dar un Clic en el icono mostrado en la barra de herramienta  o seleccionar desde el menú RUN la opción GO. A partir de ese momento se lleva a cabo la simulación.

Quando termina la ejecución de una simulación, ARENA® entrega un informe con todas las estadísticas en formato .txt

Después de la etapa de simulación viene la etapa de análisis de los Resultados obtenidos, esta es la etapa más importante en un proyecto de simulación.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
18. Análisis de Resultados	 <pre>                     Project: Simple Processin          Run execution date : 3/ 8/2014                     Analyst: Desdemona Rocket       Model revision date: 3/ 8/2014                     Replication ended at time      : 15.0                     TALLY VARIABLES                     Identifier      Average      Half Width  Minimum    Maximum    Observation                     -----                     Machine_R_Q Queue Time  .18608      (.Insuf)    .00000     .55024     3                     Floutime        3.7669      (.Insuf)    2.9552     4.5786     2                     DISCRETE-CHANGE VARIABLES                     Identifier      Average      Half Width  Minimum    Maximum    Final Value                     -----                     Machine_R Busy      .04926      (.Insuf)    .00000     1.0000     1.0000                     # In Machine_R_Q    .27771      (.Insuf)    .00000     2.0000     2.0000                     Machine_R Available  1.0000      (.Insuf)    1.0000     1.0000     1.0000                     COUNTERS                     Identifier      Count      Limit                     -----                     Production      2         Infinite                     Simulation run time: 15.00 minutes.                     Simulation run complete.                 </pre>	34- Dar un Clic en el botón <b>Si</b> del cuadro de diálogo que se presenta a la finalización de la simulación. Observar que estos resultados son similares a los obtenidos en el ejemplo abordado en clase.

**SALIR DEL PROGRAMA**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
19. Salir del Programa		<p>35- Antes de salir por completo de ARENA®, se recomienda grabar el archivo con otro nombre para no alterar el archivo original.</p> <p>Una vez que haya salvado el archivo, Dar un <b>Clic</b> en el botón .</p> <p>36- Apagar el equipo.</p>

**6 – EJERCICIOS.**

1- Utilizando el ejemplo Mod\_03\_1, hacer múltiples réplicas detallándolas en el módulo Simulate. Ver en cada corrida los resultados de los datos y describir si hay alguna variación en las medidas de funcionamiento entre una réplica y otra.

2- Modificar la media de 5 por una de 2.5 en la distribución exponencial del módulo Arrive, la cual indica el tiempo de llegada entre piezas. Describir cómo varían los resultados.

3- Desarrollar el modelo de simulación a través del asistente de ARENA®, Model Jump-Start Wizard, llamado Mi First Arena Model y describir los pasos que se llevaron a cabo para la simulación de este modelo.

**NOTA:** Para acceder a este asistente dar un clic en el menú **HELP** y seleccionar la opción **INTRODUCTION...** Se abrirá una ventana de bienvenida a ARENA®. Dar un clic en **MODEL JUMP-START WIZARD**.

## **7 – CUESTIONARIO.**

Haga un reporte de las siguientes preguntas por grupos de trabajo. Presente este reporte junto a un disquete que contenga los ejercicios.

- 1- De acuerdo al ejemplo: *Proceso Sencillo* visto en clase, y al desarrollo del mismo ejemplo a través de ARENA<sup>®</sup>, mencione: ¿Cuáles son las ventajas de aplicar la simulación a través de computadoras?
- 2- Defina y ejemplifique de acuerdo al modelo desarrollado en esta guía los siguientes conceptos: Entidad, Atributos, Variables Globales, Recursos, Colas, Acumuladores Estadísticos, Eventos y Tiempo de Simulación.
- 3- Describa las características de operación de los módulos Arrive, Service y Depart del sistema de *Proceso Sencillo* a través de ARENA<sup>®</sup>.
- 4- ¿Que análisis pueden hacerse de acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación con ARENA<sup>®</sup>?

## **8 – BIBLIOGRAFÍA**

- 📖 KELTON, K. *Simulation with ARENA<sup>®</sup>*. McGraw-Hill, USA 1998. Capítulo 3.
- 📖 ALLENDE, E. *Introducción al Software de Simulación ARENA<sup>®</sup>*. Valparaíso, Chile. Octubre 2000.
- 📖 ARENA<sup>®</sup> Software.

<h1 style="margin: 0;">Guía de Laboratorio No. 2</h1> <h2 style="margin: 0;">TRABAJANDO CON ARENA®</h2>	
---	---

ALUMNO :	LUGAR: CENTRO DE CÓMPUTO	TIEMPO:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

**1- OBJETIVOS.**

<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno se familiarice con el entorno de Arena®
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno conozca los menús y las herramientas gráficas de Arena®
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno construya un modelo sencillo en Arena®

**2 - EQUIPO Y MATERIALES.**

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora	1- Guía # 2
2- Software: ARENA® 3.1	2- Lápiz
	3- Un disquete

**3 - NORMAS DE SEGURIDAD.**

<input checked="" type="checkbox"/>	Revise que sus discos flexibles no tengan virus.
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C:.
<input checked="" type="checkbox"/>	Haga copias de respaldo.

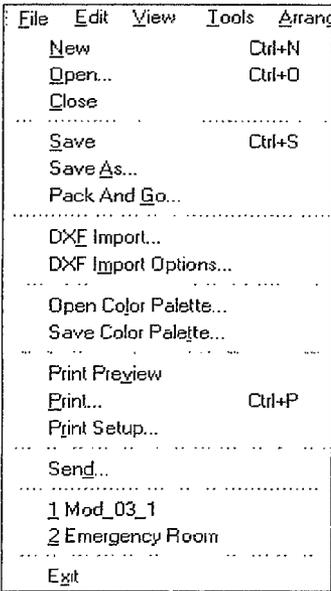
**4 - MARCO TEÓRICO.**

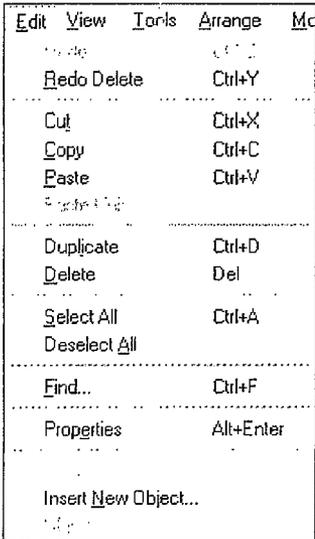
Esta guía cubre las operaciones básicas de Arena®, comenzando con lo fundamental de la interfaz del usuario y las capacidades del software. Se describen, además, las herramientas gráficas más comunes.

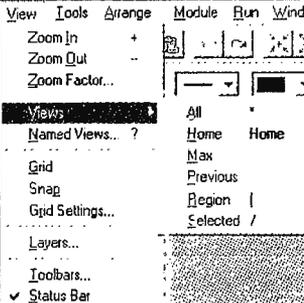
Al final se presenta paso a paso la construcción de un modelo sencillo. Se usará la notación como "M/S/C" que significa: Abrir menú (M), seleccionar en él (S), luego seleccionar de la cascada (C).

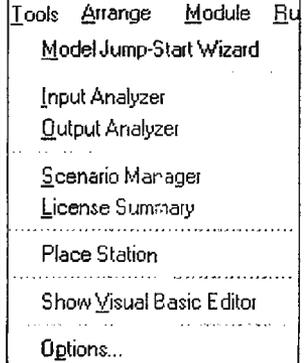
**MENUS**

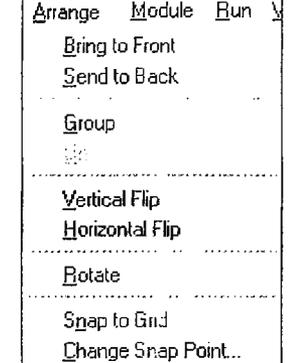
En esta sección se hará un pequeño recorrido por los menús principales. No se bajará a muchos detalles. Gran parte de la información puede encontrarse en el sistema de ayuda online.

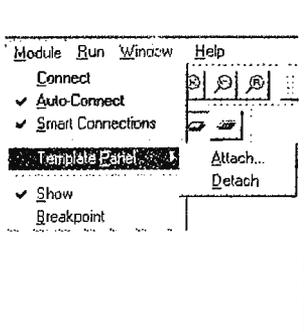
<b>FILE MENU.</b>		
<p><b>New:</b> Crea un nuevo archivo</p> <p><b>Open:</b> Abre un archivo existente.</p> <p><b>Close:</b> Cierra la el archivo.</p> <p><b>Save:</b> Guarda el modelo o archivo.</p> <p><b>Pack and Go:</b> Crea un archivo para usarlo con el programa Arena Viewer. Este último permite ver una animación y los resultados de un modelo, pero sin poder modificarlos.</p> <p><b>DXF IMPORT:</b> Importa dibujos CAD de Auto CAD y de otros programas CAD.</p>		<p><b>Open Color Palette:</b> Abre paletas de colores grabadas anteriormente.</p> <p><b>Save Color Palette:</b> Graba los cambios de color como paleta de colores.</p> <p><b>Print:</b> Funciones de impresión.</p> <p><b>Send:</b> Para enviar mensajes y sujetar (attach) cualquier modelo activo al mensaje.</p> <p><b>EXIT:</b> Salir de Arena.</p>

<b>EDIT MENU</b>		
<p><b>Undo:</b> Deshacer.</p> <p><b>Redo:</b> Volver a hacer los Undo.</p> <p><b>Cut, Copy:</b> Corta o Copia un objeto (o grupo) al portapapeles.</p> <p><b>Paste:</b> Inserta el contenido del portapapeles en un modelo.</p> <p><b>Paste link:</b> Crea un link OLE (Vinculación e Incrustación de Objetos) en el documento fuente.</p> <p><b>Duplicate:</b> Hace una copia de lo que se ha seleccionado. <b>Delete:</b> Remueve lo seleccionado.</p>		<p><b>Select All:</b> Selecciona todos los objetos en un modelo.</p> <p><b>Deselect All:</b> Contrario a Select All.</p> <p><b>Find:</b> Busca módulos y objetos de animación para una prueba.</p> <p><b>Properties:</b> Despliega propiedades adicionales.</p> <p><b>Links:</b> Conecta con otros archivos.</p> <p><b>Insert New Objects:</b> Inserta objetos desde otras aplicaciones.</p> <p><b>Object:</b> Edita algo traído desde otra aplicación.</p>

VIEW MENU		
<p><b>Zoom in, Zoom out:</b> Para ver un modelo desde diferentes acercamientos.</p> <p><b>Zoom Factor:</b> Coloca el Zoom deseado.</p> <p><b>Views:</b> Ofrece ciertas vistas.</p> <p><b>Named Views:</b> Permite definir, cambiar y usar vistas.</p>		<p><b>Grid y Snap:</b> Para alinear objetos.</p> <p><b>Layer:</b> Controla la clase de objetos durante edit o run.</p> <p><b>Toolbars:</b> Designa los botones desplegados.</p> <p><b>Status bar:</b> Activa la Barra de estado.</p>

TOOLS MENU		
<p><b>Model Jump-Start Wizard:</b> Construye un modelo basado en pocas entradas.</p> <p><b>Input Analyzer:</b> Ajusta la distribución de probabilidad.</p> <p><b>Output Analyzer:</b> Para análisis estadístico.</p> <p><b>Scenario Manager:</b> Corre simulaciones para ser comparadas.</p>		<p><b>License Summary:</b> Información acerca de productos Arena.</p> <p><b>Show Visual Basic Editor:</b> Para escribir códigos de Visual Basic.</p> <p><b>Options:</b> Cambia la presentación de Arena según gusto. Place Station</p>

ARRANGE MENU		
<p><b>Bring to Front y Bring to Back:</b> Ubican a los objetos seleccionados encima o en el fondo de otros objetos.</p> <p><b>Group y Ungroup:</b> Pone junto o aparte objetos sin afectar su apariencia física.</p> <p><b>Flip:</b> invierte el objeto seleccionado.</p>		<p><b>Rotate:</b> Gira el objeto seleccionado 90° en sentido horario.</p> <p><b>Snap to Grid:</b> Fuerza a alinear los objetos en la cuadrícula punteada.</p> <p><b>Change Snap Point:</b> Altera el punto exacto en el objeto seleccionado.</p>

MODULE MENU		
<p><b>Connect:</b> Conexión gráfica entre módulos.</p> <p><b>Auto-Connect:</b> Conecta un módulo con otro.</p> <p><b>Smart Connections:</b> Permite que las conexiones recién agregadas sean dibujadas en tres segmentos de línea.</p>		<p><b>Template panel:</b> Ata una recopilación de conceptos a una plantilla, o separa la recopilación innecesaria.</p> <p><b>Show:</b> Determina si el nombre del módulo aparece en la pantalla o su animación.</p> <p><b>Breakpoint:</b> Interrumpe la simulación</p>

<b>RUN MENU</b>	
<p>Contiene entradas para correr la simulación, revisarla y poner pausa. Provee varias alternativas para mirar la ejecución.</p>	

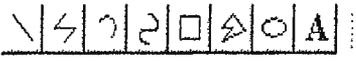
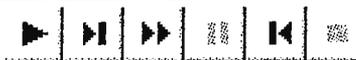
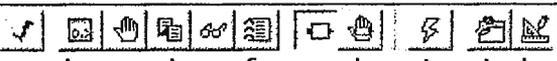
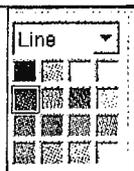
<b>WINDOW MENU</b>	
<p>Si se tienen varios modelos abiertos a la vez, se pueden arreglar físicamente y sobreponerlos en cascada, o en arreglo de azulejo (Tile)</p>	

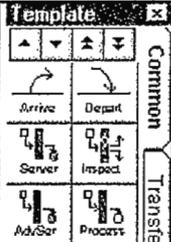
### BARRA DE HERRAMIENTAS

Arena tiene Barras de herramientas con grupos de botones y menús pull-down ( ) para facilitar el acceso a las actividades comunes. Algunos de estos botones son la vía más rápida o la única para hacer algo.

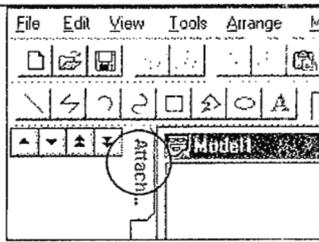
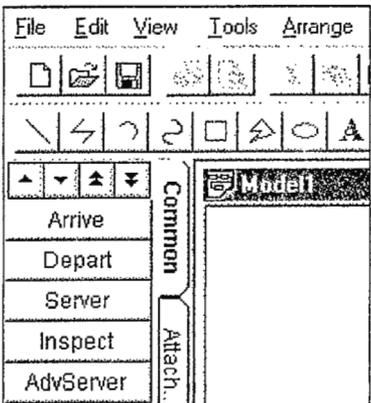
Para obtener la lista de cajas de chequeo (check boxes), basta con hacer View/Toolbars, es decir, en el menú View buscar el submenú Toolbars, o hacer clic en el botón derecho del mouse. Se puede decidir cuáles herramientas desplegar, escogiendo Tools/Options y seleccionando la etiqueta Toolbars.

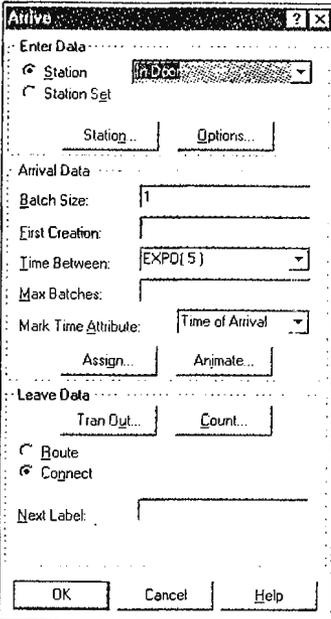
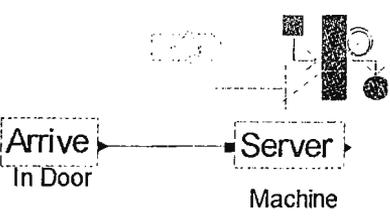
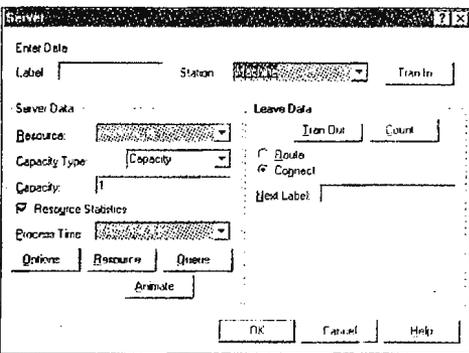
<b>ESTANDAR TOOLBAR</b>			
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">                     a) Crear un nuevo modelo.                      b) Abrir un modelo existente.                      c) Grabar.                      d) Imprimir.                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">                     e) Imprimir, vista previa.                      f) Cortar.                      g) Copiar.                      h) Pegar.                      i) Deshacer                      j) Rehacer                 </td> </tr> </table>	a) Crear un nuevo modelo. b) Abrir un modelo existente. c) Grabar. d) Imprimir.	e) Imprimir, vista previa. f) Cortar. g) Copiar. h) Pegar. i) Deshacer j) Rehacer
a) Crear un nuevo modelo. b) Abrir un modelo existente. c) Grabar. d) Imprimir.	e) Imprimir, vista previa. f) Cortar. g) Copiar. h) Pegar. i) Deshacer j) Rehacer		

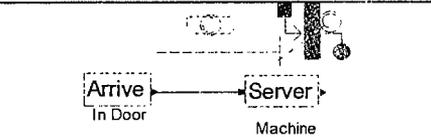
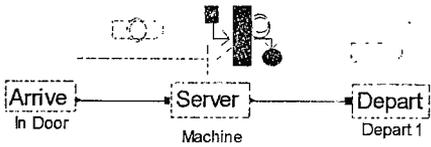
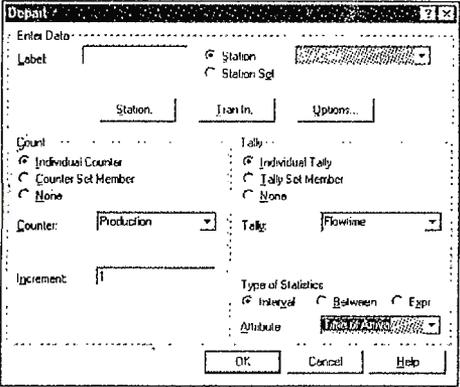
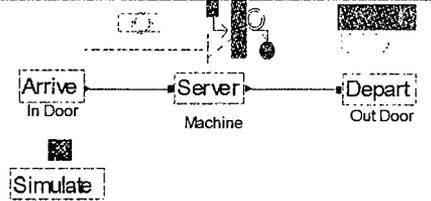
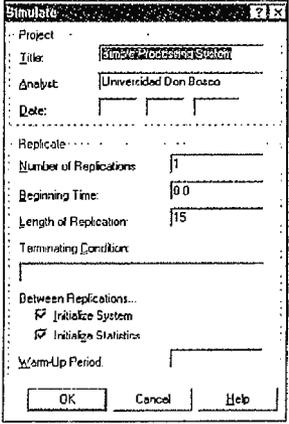
<b>VIEW TOOLBAR</b>		
 <p>a b c d e f g h</p>	<p>a) Zoom in (acercar)                      b) Zoom out (alejar)                      c) View all (Vista completa)                      d) View Previous (Vista previa)                      e) View Region (Ver región)                      f) Grid (enrejado de puntos)</p>	<p>g) Snap (mueve un gráfico hacia la línea o punto más cercano).                      h) Layer (uno de varios tableros para crear elementos dentro de un dibujo).</p>
<b>ARRANGE TOOLBAR</b>		
 <p>a b c d e</p>	<p>a) Traer al frente                      b) Enviar atrás                      c) Agrupar</p>	<p>d) Desagrupar                      e) Inversión vertical</p>
<b>DRAW TOOLBAR</b>		
 <p>a b c d e f g h</p>	<p>a) Línea                      b) Multilínea                      c) Arco                      d) Curva generada con fórmula matemática</p>	<p>e) Caja                      f) Polígono                      g) Elipse                      h) Texto</p>
<b>RUN TOOLBAR</b>		
 <p>a b c d e f</p>	<p>a) Comienzo                      b) Paso a paso                      c) Adelantar</p>	<p>d) Pausa                      e) Comenzar de nuevo                      f) Fin</p>
<b>INTERACTION TOOLBAR</b>		
 <p>a b c d e f g h i j k</p>	<p>a) Verificar el modelo (compilar)                      b) Ventana de comando                      c) Ventana de parada                      d) Trazo, huella                      e) Mirar                      f) Reporte</p>	<p>g) Mostrar módulos                      h) Parar módulos                      i) Transferencia de datos                      j) Editor de Visual Basic                      k) Aplicaciones de Visual Basic</p>
<b>COLOR TOOLBAR</b>		
	<p>Permite controlar el color de las partes dibujadas y de los objetos animados, texto y fondos. Se pueden cambiar los colores disponibles a través de File/Open Color Palette.</p>	

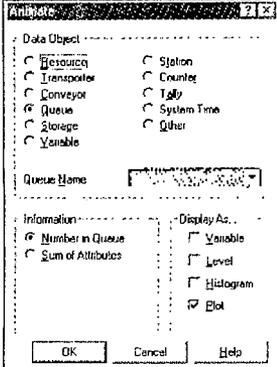
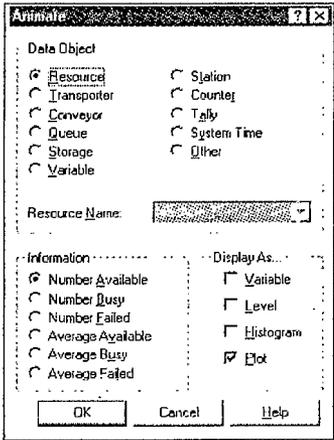
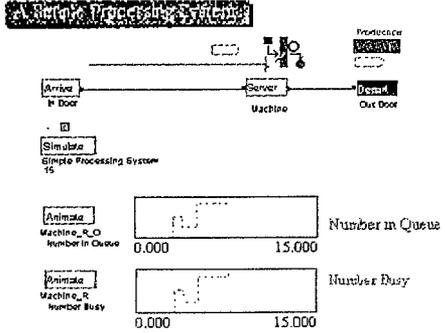
<b>ANIMATE TOOLBAR</b>	
	Permite animar el modelo o mejorar la animación inherente a algunos módulos de Arena. Al hacer clic en uno de estos botones aparecerá una ventana de diálogo que describe exactamente lo que se desea.
<b>TEMPLATE TOOLBAR</b>	
	Contiene conceptos de modelado organizados en paneles como Common, Support, etc.

**5 – PROCEDIMIENTO: CONSTRUIR UN MODELO SIMPLE.**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
1. Abrir un nuevo modelo		1- Utilizar File/New o Ctrl. + N o hacer clic en <b>New</b>
2. Maximizar		2- Hacer clic en maximizar para engrandecer la ventana de modelado, la cual lleva por título: Model1.
3. Abrir paneles.		3- Hacer clic en la viñeta <b>Attach</b> (en el gráfico aparece resaltada con un círculo) y luego en la ventana de diálogo seleccionar y abrir <b>Common.tpo</b> y aparecerán los Botones estándar.
4. Cambiar apariencia de paneles		4- Sobre la viñeta <b>Common</b> hacer clic derecho, esto despliega una pantalla. Seleccione <b>Text Only</b> (Nota: pruebe las otras opciones de la ventana. Al final, seleccione <b>Standard Buttons</b> ). Nota: El presente modelo sólo requiere de los módulos: Arrive, Server, Depart, Simulate y Animate.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
5. Agregar el módulo Arrive		5- Hacer clic sobre el módulo <b>Arrive</b> . 6- Desplazar el mouse, el cual se volverá una cruz (+), y hacer clic sobre la ventana de modelado. Esto inserta un módulo.
6. Agregar datos al módulo Arrive.		7- Hacer doble clic en el rectángulo azul <b>Arrive</b> , o en el rectángulo negro <b>Arrive</b> . Esto hace que aparezca la ventana <b>Arrive</b> . 8- Llenar la ventana: <i>Station:</i> $\odot$ , digitar <b>In Door</b> . <i>Batch Size:</i> 1 <i>Time Between:</i> Expo(5), para determinar el tiempo entre llegadas. <i>Mark Time Attribute:</i> digitar <b>Time of Arrival</b> . <i>Connect:</i> $\odot$ . 9- Presionar <b>Ok</b> . 10- Grabar como <b>Guía 2</b> .
7. Agregar el módulo Server		11- Hacer clic en <b>Arrive</b> , luego dar un clic en el botón <b>Server</b> del panel Common y colocar el módulo <b>Server</b> en la ventana de modelado. Esto permite establecer un nexo o conexión entre ambos módulos.
8. Agregar datos al módulo Server		12- Dar doble clic en <b>Server</b> y abrir la ventana Server. 13- Digitar: <i>Station:</i> <b>Machine</b> <i>Resource:</i> <b>Machine_R</b> <i>Capacity Type:</i> <b>Capacity</b> <i>Capacity:</i> <b>1</b> <i>Resource Statistics:</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>Process Time:</i> <b>TRIA(1,4,8)</b> <i>Connect:</i> $\odot$ 14- Presionar <b>Ok</b> .

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
9. Ajustar el área de animación de la cola.		<p>15- Hacer clic en la cola luego arrastrar con el mouse el extremo izquierdo hasta el lugar deseado.</p>
10. Agregar el módulo Depart	 	<p>16- Colocar un módulo <b>Depart</b> en la ventana de modelado conectándolo desde el módulo <b>Server</b>.</p> <p>17- Hacer clic en <b>Depart</b> y editar lo siguiente:</p> <p><i>Station:</i> <input type="radio"/> , digitar Out Door.</p> <p><i>Individual Counter:</i> <input type="radio"/></p> <p><i>Counter:</i> Production</p> <p><i>Increment:</i> 1</p> <p><i>Individual Tally:</i> <input type="radio"/></p> <p><i>Tally:</i> Flowtime</p> <p><i>Interval:</i> <input type="radio"/></p> <p><i>Attribute:</i> Time of Arrival</p> <p>El atributo Time of Arrival queda determinado en el menú pull-down desde que fue definido en el módulo <b>Arrive</b>.</p> <p>18- Presionar <b>Ok</b>.</p>
11. Agregar el módulo Simulate	 	<p>19- Agregar el módulo Simulate de la misma manera que se ha hecho con los módulos anteriores.</p> <p>20- Hacer clic en <b>Simulate</b> y digitar los siguientes datos en la ventana:</p> <p><i>Title:</i> Simple Processing System</p> <p><i>Analist:</i> Universidad Don Bosco</p> <p><i>Number of Replications:</i> 1</p> <p><i>Beginning time:</i> 0.0</p> <p><i>Length of replication:</i> 15</p> <p>Dejando en blanco el espacio de la fecha (Date), la computadora asume que es cualquier día.</p>

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
12. Agregar el módulo Animate		21- Agregar un módulo Animate 22- Hacer clic en <b>Animate</b> y colocar los siguientes datos: <i>Queue:</i> <input type="radio"/> <i>Queue Name:</i> Machine_R_Q <i>Number in Queue:</i> <input type="radio"/> <i>Plot:</i> <input checked="" type="checkbox"/>
13. Agregar otro módulo Animate	 	23- Agregar otro módulo Animate y hacer clic en <b>Animate</b> . Colocar los siguientes datos: <i>Resource:</i> <input type="radio"/> <i>Resource Name:</i> Machine_R <i>Number Available:</i> <input type="radio"/> <i>Plot:</i> <input checked="" type="checkbox"/> 24- Cambiar propiedades: a) Hacer clic en cada uno de los dos gráficos o plots ( <input checked="" type="checkbox"/> ) y alargarlos hacia la derecha. b) Hacer doble clic en el plot. Aquí aparece una pantalla de la que debe elegirse el botón <b>Area</b> y cambiar a color blanco. c) Presionar <b>Ok</b> . d) Elegir botón <b>Border</b> , escoger color negro. e) Presionar <b>Ok</b> . f) Time range: 15.0 g) None (en Refresh): <input type="radio"/> h) Bounding Box: <input type="radio"/> i) X-Labels: <input checked="" type="checkbox"/> j) Hacer clic en el botón <b>Edit...</b> k) Maximum: 3 (en el primer plot) y 2 (en el segundo plot). l) cambiar la gráfica a rojo. ll) Stepped: <input type="radio"/> m) Presionar <b>Ok</b> dos veces. 25- Agregar textos utilizando el botón <b>Text</b> 

## **6 – EJERCICIOS.**

Entregar un disquete con el ejercicio de esta guía.

Investigar: ¿Cuál es la diferencia que existe entre el módulo Animate y Simulate?

## **7 – BIBLIOGRAFÍA.**

ARENA, Ayuda en línea.

KELTON- SADOWSKI, *Simulation with Arena*, McGraw-Hill, U.S.A., 1998, pág. 63-81

<h1 style="margin: 0;">GUÍA DE LABORATORIO NO. 3</h1> <h2 style="margin: 0;">OPERACIONES BÁSICAS DEL MODELAJE USANDO ARENA® PARTE I</h2>	
--	---

ALUMNO :	LUGAR: centro de cómputo	tiempo:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

**1- OBJETIVOS.**

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | - Que el alumno comprenda los conceptos fundamentales de simulación.                         |
| <input checked="" type="checkbox"/> | - Que el alumno aplique los pasos lógicos para el desarrollo de un modelo utilizando Arena®. |
| <input checked="" type="checkbox"/> | - Que el alumno interprete los resultados obtenidos del modelaje.                            |

**2 - EQUIPO Y MATERIALES.**

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora 2- Software: ARENA® 3.0	1- Guía # 3 2- Lápiz

**3 - NORMAS DE SEGURIDAD.**

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Revise que sus discos flexibles no tengan virus.           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C:. |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Haga copias de respaldo.                                   |

**4 - MARCO TEÓRICO.**

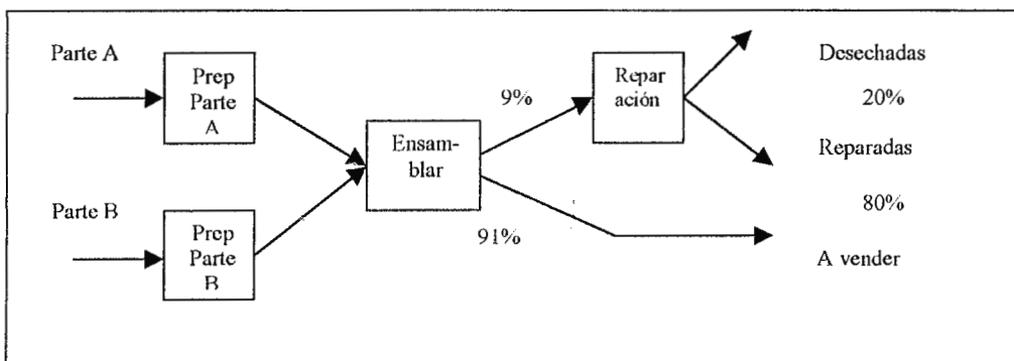
Uno de los grandes personajes en la historia, como Albert Einstein, manifestó que lo más esencial para la solución de un problema es la correcta formulación del mismo. Para encontrar una solución óptima y aceptable para el problema, se tiene que conocer primero cuál es el problema, estableciendo el propósito y objetivo del estudio o proyecto.

Una vez que se tiene claro el objetivo del estudio, el siguiente paso es la construcción de un *modelo*, el cual representa el funcionamiento o la imitación de un sistema real. Un modelo está compuesto por **OBJETOS** y las **RELACIONES** entre ellos. Los objetos representan los elementos físicos del Sistema, por ejemplo: piezas, máquinas, personas y otros. Las relaciones representan las reglas de funcionamiento y de gestión. Las características de un objeto son conocidos como **ATRIBUTOS** y éstos a su vez determinan el **ESTADO** de un objeto en un instante determinado. Algunas de las ventajas que trae consigo la modelación son las siguientes:

- Facilita al investigador la organización de sus conocimientos teóricos y sus observaciones empíricas sobre un sistema.
- Facilita la deducción de las consecuencias lógicas a seguir.
- Favorece a una mejor comprensión del sistema y acelera el análisis del estudio.
- Constituye un sistema de referencia para probar la aceptación de las modificaciones del sistema.
- Facilita la manipulación que el sistema mismo.
- Controla mayor cantidad de fuentes de variación de lo que permitiría el estudio directo de un sistema.

**5. DESCRIPCIÓN DEL MODELO A EJECUTAR.**

Se desarrollará en esta práctica la construcción de un pequeño modelo de "Ensamblaje e inspección de elementos electrónicos", detallando a continuación el proceso del sistema:



La primera unidad, llamada Parte A, es producida en un departamento adyacente fuera de este modelo. El tiempo de llegada entre las partes tiene un comportamiento de distribución exponencial con una media de 5 minutos.

Una vez que éstas ingresan al sistema, son transferidas al área de preparación de la Parte A, con una transferencia de 2 minutos. En esta área de preparación se procesan las dos caras del dispositivo electrónico y posteriormente es limpiada. El proceso de preparación de la parte A tiene un comportamiento de distribución triangular (1,4,8). Finalmente la parte A está lista para ser ensamblada con la parte B, teniendo un tiempo de transferencia de 2 minutos.

La segunda unidad, llamada Parte B, es producida en otra planta industrial fuera de este modelo, donde las partes ingresan al sistema en grupos de 4 unidades, con un tipo de distribución exponencial y una media o tiempo entre llegadas de 30 minutos. Estos grupos son procesados en el área de preparación de la parte B, en donde las cuatro piezas son separadas, procesadas y limpiadas individualmente. La distribución representada en el área de preparación B es triangular con valores de 3,5 y 10. Las partes posteriormente son enviadas al área de ensamblaje con un tiempo de transferencia de 2 minutos.

En el área de ensamblaje, la parte A y B son ensambladas y posteriormente probadas o inspeccionadas. El tiempo total de este proceso depende del tipo de partes: para la parte A tiene una distribución triangular de (1,3,4) y la parte B una distribución normal de media igual a 2.4 minutos y una desviación estándar de 0.5 minutos.

El 91.% de las partes pasan la prueba de inspección y son transferidas directamente al departamento de ventas. Mientras que el 9% restante son llevadas al área de reparación de partes malas, donde son separadas, reparadas, limpiadas, ensambladas y probadas nuevamente.

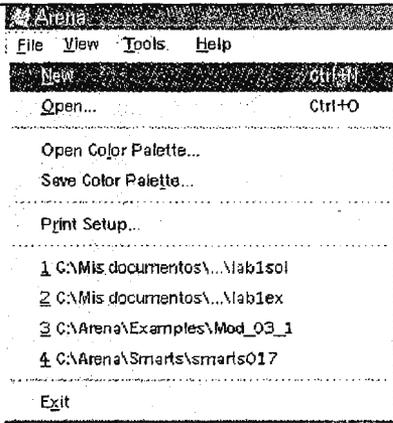
El 8% de las partes son rescatadas y transferidas al departamento de ventas, mientras que 1% son desechadas completamente.

El tiempo del proceso del área de reparación de partes malas tiene un comportamiento de distribución exponencial con una media de 45 minutos y este valor es independientemente del tipo o del estado de las partes (recuperadas o desechadas). El tiempo de transferencia ya sea para el área de ventas o de desechos es de 2 minutos.

Con la simulación del presente modelo a través de ARENA® se desea conocer los siguientes datos estadísticos:

- Porcentaje de utilización de las máquinas en cada área
- Número de piezas en espera (cola)
- Tiempo de espera (cola)
- El tiempo total del ciclo del proceso por partes buenas, reparadas y desechadas.

## 6.PROCEDIMIENTO

<b>CONTRUYENDO EL MODELO</b>		
<b>Operación</b>	<b>Gráfico</b>	<b>Procedimiento</b>
1. Abrir una nueva ventana	 <p style="text-align: center;">fig. 1</p>	1- Después de haber cargado ARENA 3.0. dar un <b>CLIC</b> sobre la fig.1 o acceder al menú principal de <b>FILE</b> y dar un Clic en <b>NEW</b> . Esto cargará una ventana nueva lista para trabajar en el modelo deseado.

Operación	Gráfico	Procedimiento
-----------	---------	---------------

2. Construir gráficamente el modelo.

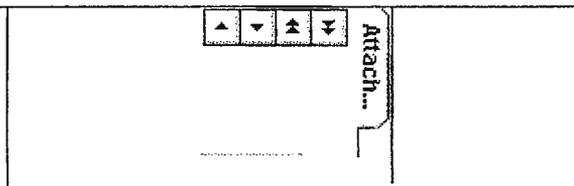


Figura 2. Viñeta Attach...

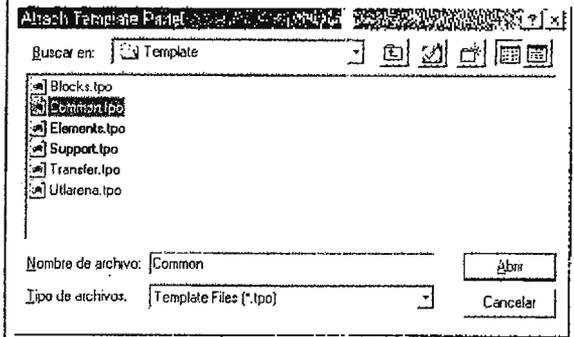


Figura 3. Attach Template Panel

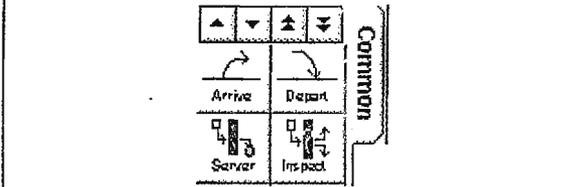


Figura 4. Common Panel

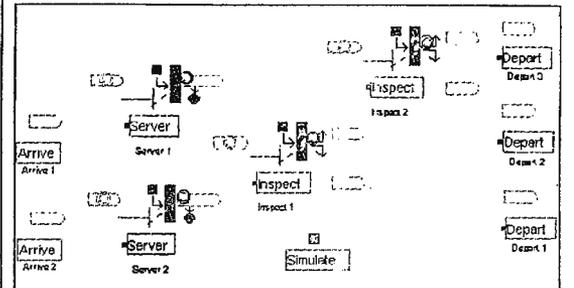


Figura 5. Modelo de Ensamblaje

2- Dar un clic en la viñeta **Attach...** Se abrirá una ventana del **Attach Template Panel**.

3- Dar un Clic en **Common. tpo** y dar un clic en **Abrir**.

4- Con la viñeta del **Common Panel** dar un clic en el icono **Arrive** y localizarlo en la pantalla.

5- Con el mismo procedimiento anterior localizar los siguientes módulos requeridos en la pantalla:

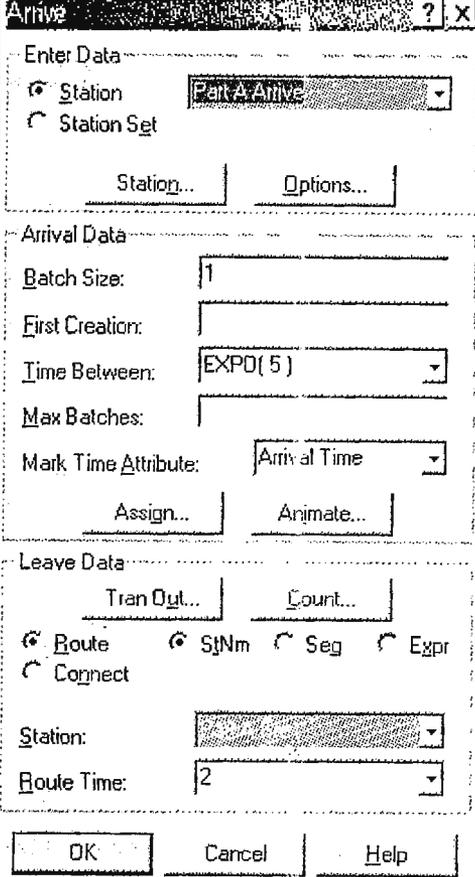
- Dos Arrive
- Dos servidores
- Dos inspecciones
- Tres Depart
- Un módulo Simulate.

El modelo deberá tener la apariencia de la figura 5.

6- Grabar el modelo en el disco duro con el nombre "Ensamblaje Electrónico".

Una vez se han creado los diferentes módulos que comprenderán el modelo, se procederá a configurar cada uno de ellos.

**CONFIGURAR LOS MÓDULOS DEL MODELO**

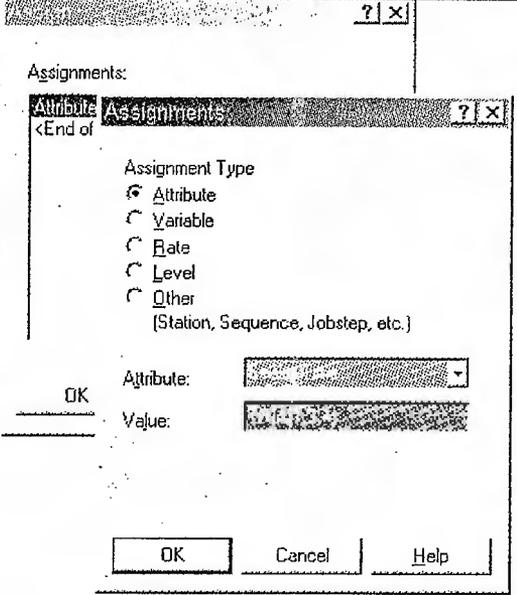
Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>3- Configuración del módulo Arrive 1</p> 	 <p><i>Figura 6. Configuración Arrive Parte A</i></p>	<p>7- Dar <b>Doble Clic</b> sobre el módulo Arrive1. Aparecerá la ventana de configuración del módulo Arrive.</p> <p>8- Dar un clic sobre la opción <b>Station</b> del área Enter Data y dar un clic sobre el nombre Arrive y escribir <b>Part A Arrive</b>.</p> <p>9- En el área Arrival Data escribir <b>1</b> en Batch Size.</p> <p>10- Seleccionar en Time Between <b>EXPO(MEAN)</b> y escribir sobre mean <b>5</b></p> <p>11- Escribir sobre Mark Time Attribute <b>Arrival Time</b>.</p> <p>12- En el area Leave Data seleccionar <b>Route</b> y <b>StNm</b>. Escribir sobre Station <b>Part A prep</b> y en Route Time escribir <b>2</b>.</p>

La selección ROUTE y StNm del área "Leave Data" indica la ruta a seguir de las piezas hacia la estación destino. Para el presente ejemplo, todas las piezas se desplazarán hacia la estación "Part A, prep".

Antes de aceptar la información especificada en el módulo Arrive, se procederá a definir un atributo el cual se conocerá como "Sealer Time". Este

atributo permitirá asignar el tiempo de proceso de las diferentes partes procesadas en el área de ensamblaje definiéndola desde los módulos de llegada (Arrive).

**DEFINICIÓN DE UN ATRIBUTO.**

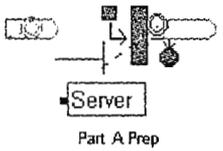
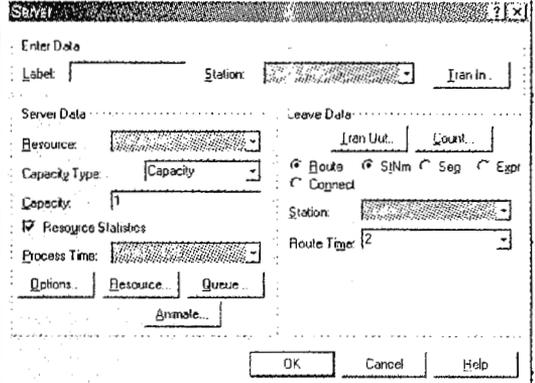
Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>4- Definición de un atributo del módulo Arrive 1</p>	 <p><i>Figura 7. Definición de Atributos.</i></p>	<p>13- Dar un clic en el botón <b>Assign...</b> del área Arrival Data y dar un clic en el botón <b>Add..</b></p> <p>14- Dar un clic en la opción <b>Attribute</b> y escribir sobre la parte gris del cuadro <b>Sealer Time.</b></p> <p>15- En Value escribir <b>TRIA(1,3,4)</b>, que representa el atributo como una distribución triangular de valores 1,3 y 4.</p> <p>16- Dar clic en <b>Ok</b> hasta cerrar todas las ventanas de configuración.</p>

**CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO ARRIVE 2**

Operación	Procedimiento
<p>5- Configuración módulo Arrive 2</p>	<p>El módulo Arrive para la Parte B es muy similar al expuesto en la parte A, por tal razón no se mostrará la figura correspondiente.</p> <p>17- Dar doble clic al módulo Arrive 2 y siguiendo los procedimientos anteriores se ingresarán los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enter Data:</li> </ul>

	<p>Station : <b>Part B Arrive</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Arrival Data:                  Batch Size : <b>4</b>                  Time Between : <b>EXPO (30)</b>                  Mark Time Attribute: <b>Arrival Time</b></li> <li>Leave Data :                  Station : <b>Part B Prep</b>                  Route Time : <b>2</b></li> <li>Assignments:                  Attribute : <b>Sealer Time</b>                  Value : <b>NORM(2.4,0.5)</b></li> </ul>
--	--

**CONFIGURACIÓN DEL PART A PREP.**

Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>6- Configuración del módulo Service 1 "Part A prep."</p> 	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 7. Módulo Part A Prep".</i></p>	<p>18- Dar un doble clic en el módulo <b>Server 1</b></p> <p>19- En el área Enter Data seleccionar en Station: <b>Part A prep</b></p> <p>20- En el área Server Data escribir en Process Time <b>TRIA(1,4,8)</b>.</p> <p>21- En el área Leave Data escribir en Station : <b>Sealer</b> Route Time : <b>2</b></p> <p>22- Dar un clic en el botón <b>OK</b>.</p>

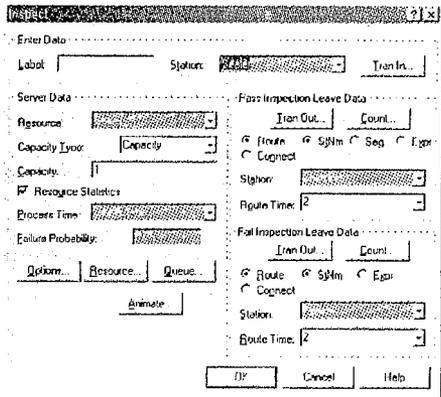
**CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO SERVER 2.**

Operación	Procedimiento
7- Configuración del módulo Server2 "Part B prep".	23- Seguir el mismo procedimiento anterior y solamente variar los siguientes datos:  Enter Data: Station <b>Part B Prep.</b>  Server Data : <b>TRIA(3,5,10)</b>

**CONFIGURACIÓN MÓDULO DE ENSAMBLAJE (SEALER)**

El siguiente paso es la configuración del módulo de ensamblaje, el cual es representado por el primer módulo de Inspección.

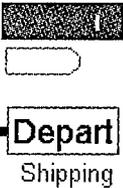
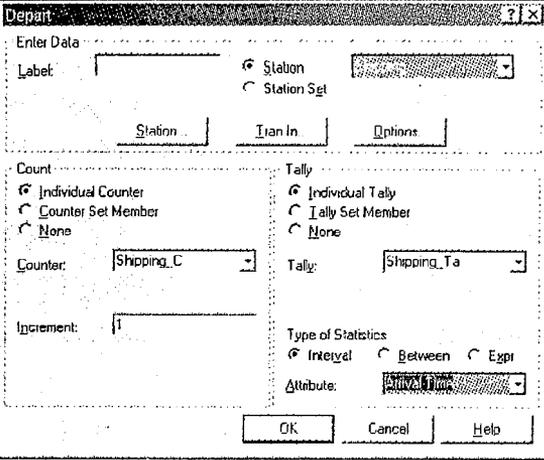
Este módulo requiere de una probabilidad de fallo que para el presente modelo es del 9%. Valor definido anteriormente.

Operación	Gráfico	Procedimiento
8- Configuración del módulo de ensamblaje.	 <p><i>Figura 8. Configuración del módulo Inspect 1.</i></p>	<p>24- Dar doble clic sobre el icono <b>Inspect 1</b>.</p> <p>25- En el área Enter Data, seleccionar en Station la opción <b>Sealer</b>.</p> <p>26- En el área Server Data, escribir en Process Time <b>Sealer Time</b> y el Failure Probability escribir <b>0.09</b>.</p> <p>27- En el área Pass Inspection Leave Data, escribir en Station <b>Shipping</b> y en Route Time escribir <b>2</b>.</p> <p>28- En el área Fail Inspection Leave Data escribir en Station <b>Rework</b> y en Route Time escribir <b>2</b>.</p> <p>29- Dar clic en botón <b>Ok</b>.</p>

### CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO INSPECCIÓN 2 (REWORK)

Operación	Descripción
9- Configuración del módulo Rework	30- Seguir el procedimiento anterior y solamente variar los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enter Data:                          Station : <b>Rework</b></li> <li>• Server Data:                          Process Time: <b>EXPO(45)</b>                          Failure Probability : <b>0.2</b></li> <li>• Pass Inspection Leave Data:                          Station : <b>Salvaged Parts</b>                          Route Time : <b>2</b></li> <li>• Fail Inspection Leave Data                          Station : <b>Scrap</b>                          Route Time : <b>2</b></li> </ul>

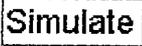
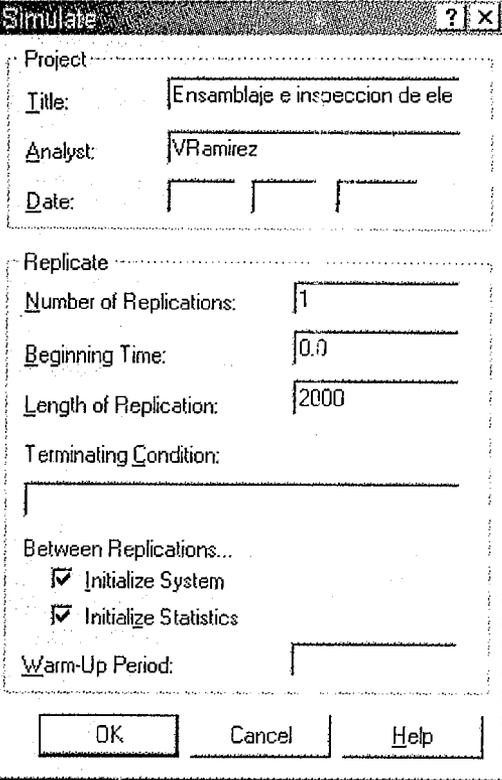
**CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DEPART 1 (SHIPPING)**

Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>10- Configuración del módulo Depart 1 o Shipping o Departamento de Ventas.</p>  <p>Depart Shipping</p>	 <p><i>Figura 9. Configuración del módulo Depart 1.</i></p>	<p>31- Dar doble clic sobre el icono <b>Depart1</b>.</p> <p>32- En el área Enter Data, seleccionar en Station <b>Shipping</b>.</p> <p>33- En el área Count seleccionar <b>Individual Counter</b>.</p> <p>34- En el área Tally seleccionar <b>Individual Tally</b> y en Atributo seleccionar <b>Arrival Time</b>.</p> <p>35- Dar un clic en el botón <b>OK</b></p>

**CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DEPART 2 Y DEPART 3.**

Operación	Descripción
<p>11- Configuración del módulo Depart 2 y Depart 3.</p>	<p>36- Seguir exactamente el mismo procedimiento anterior y solamente variar los siguientes datos:</p> <p><b>Depart 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enter Data: Station : <b>Salvaged Parts</b></li> </ul> <p><b>Depart 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enter Data: Station : <b>Scrap</b></li> </ul>

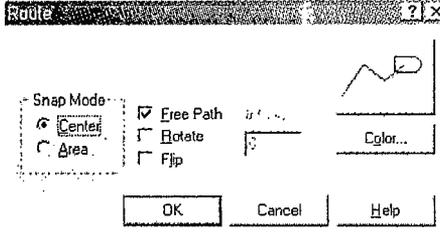
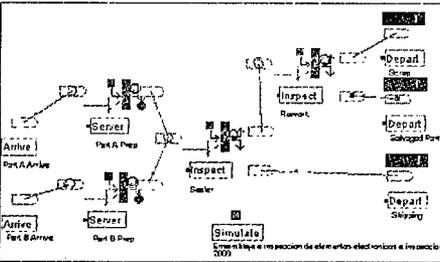
**CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO SIMULATE.**

Operación	Gráfica	Procedimiento
12- Configuración del módulo Simulate.  	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 10. Modulo Simulate</i></p>	37- Dar doble clic sobre el icono <b>Simulate</b> . 38- En el área Project escribir el nombre del modelo en Title <b>Ensamblaje e Inspeccion de elementos electronicos</b> Escribir su nombre en Analyst <b>Vramirez</b> NOTA: No introducir tildes al texto porque dará error. 39- En el área Replicate escribir en Length of Replication <b>100</b> . 40- Dar un clic en el botón <b>Ok</b> .

**ESTABLECIMIENTO DE LA RUTA A SEGUIR.**

El último paso para la construcción de este modelo, es el establecer la ruta que las entidades seguirán de una estación a otra.

Operación	Gráfico	Procedimiento
13- Establecimiento de la ruta a seguir. 	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 11. Barra de Herramienta Animate</i></p>	41- Dar un clic en la barra de herramientas <b>Animate</b> . Si esta barra de herramientas no está activada en la pantalla, dar un clic derecho sobre cualquier parte de las otras barras de herramientas y seleccionar la opción ANIMATE (Figura 11).

		<p>42-Dar un clic sobre el icono . Aparecerá una ventana similar a la figura 12. Dar un clic en el botón <b>Ok</b>.</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Figura 12. Modulo Route</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura 13. Rutas Establecidas</i></p>	<p>43- El puntero del mouse se transformará en una cruzeta en donde se deberá dar un clic en el módulo de Arrive Part A y dar otro clic en el módulo Server Part A.</p> <p>44- Repetir la misma operación hasta que se complete de establecer todas las rutas del modelo.</p>

### EJECUCIÓN DEL MODELO

Operación	Procedimiento
14- Ejecución del modelo.	45- Compilar el modelo con la opción  Si no hay ningún error, prosiga a ejecutar la simulación con la opción <b>RUN</b> .

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez que ARENA® termina la simulación del modelo, preguntará si desea ver los resultados. Al dar un clic en el botón **SI**, los mostrará con el formato \*.txt que puede ser abierto con el programa **NotePad** de Windows.

Los resultados de la simulación son presentados en tres segmentos de información.

a) **VARIABLES DE ANOTACIÓN (TALLY VARIABLES):** Contiene información sobre tiempo del ciclo de producción y estadísticas de tiempo de espera o cola. A la vez detalla los valores promedio, la confiabilidad de los datos (Half Width), valores máximos, valores mínimos y el total de observaciones para cada módulo.

*proyecto - ensamble*  
 Project: Ensamblaje e (ins)  
 Analyst: URamirez

*Fecha de ejecución*  
 Run execution date : 3/16/201  
 Model revision date: 3/15/201

*Analista*  
 Replication ended at time : 2000.0  
*Replicación terminada a tiempo.*

*Fecha de modelo de test*

*Variables*

*identificación*

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observation
Salvaged Parts_Ta	540.48	(Insuf)	101.91	874.90	31
Rework_R_Q Queue Time	429.95	(Insuf)	.00000	782.19	36
Sealer_R_Q Queue Time	1.9247	(Corr)	.00000	12.850	603
Scrap_Ta	334.79	(Insuf)	76.343	821.27	4
Part B Prep_R_Q Queue	42.308	(Insuf)	.00000	105.34	240
Shipping_Ta	35.911	(Corr)	9.7800	117.85	548
Part A Prep_R_Q Queue	6.0259	(Corr)	.00000	28.804	365

**b) VARIABLES DE CAMBIOS DISCRETOS (DISCRETE-CHANGE VARIABLES):** Contiene información sobre la utilización de los recursos (denotado por "ocupado"), disponibilidad de los recursos y presenta las estadísticas de la cantidad de objetos que estuvieron en espera o cola.

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
# in Rework_R_Q	11.615	(Insuf)	.00000	22.000	19.000
Part A Prep_R Busy	.79647	(Corr)	.00000	1.0000	1.0000
Part B Prep_R Availabl	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Sealer_R_Q	.58031	(Corr)	.00000	4.0000	.00000
# in Part A Prep_R_Q	1.0999	(Corr)	.00000	6.0000	2.0000
Sealer_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Part A Prep_R Availabl	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Rework_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Sealer_R Busy	.77139	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
Rework_R Busy	.99029	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Part B Prep_R Busy	.72774	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Part B Prep_R_Q	5.0770	(Insuf)	.00000	19.000	.00000

**c) CONTADORES (COUNTERS):** Contiene la información de las cuentas de las partes, de acuerdo a su estado (en espera, proceso, ocioso) y presenta el total de observaciones en la corrida de la simulación.

**COUNTERS**

Identifier	Count	Limit
Salvaged Parts_C	31	Infinite
Scrap_C	4	Infinite
Shipping_C	548	Infinite

Simulation run time: 0.37 minutes.  
 Simulation run complete.

Una vez que se han analizados los resultados cerrar la ventana de NotePad, para regresar al modelo original en ARENA®.

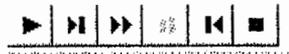
Es muy importante aclarar que un estudio de simulación no concluye con la simple observación de los resultados, sino que implica una serie de análisis de validación y verificación de la información obtenida, con el fin de crear un ambiente de confiabilidad que el modelo en estudio es una representación real del sistema.

**SALIR DEL PROGRAMA**

Operación	Procedimiento
15- Salir del programa	46- Grabar el modelo en ARENA® antes de salir por completo del programa.  47- Salir de ARENA®.  48- Apagar el equipo.

**7- INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA**

- 1- Describa y esquematice los pasos a seguir para el desarrollo de un modelo en ARENA®.
- 2- Defina los siguientes conceptos: objeto, atributo, estación, estado, ruta.
- 3- Investigar cómo se puede acelerar o desacelerar la animación gráfica durante la simulación.
- 4- Cual es la función e importancia de los siguientes botones:



5- Investigar qué significa la columna presentada en el análisis de resultados "Half Width" y cómo se interpreta los valores "Insuf" y "Corr".

## **8- EJERCICIO COMPLEMENTARIO.**

Desarrollar el siguiente modelo.

1- Diariamente llegan pasajeros a la entrada principal del aeropuerto de acuerdo a una distribución exponencial con media de 1.6 minutos. El tiempo que se tarda un pasajero desde la entrada del aeropuerto hasta el área de chequeo sigue una distribución uniforme entre 2 y 3 minutos. En el área de chequeo, los pasajeros hacen una fila hasta que una de las cinco personas que están en el mostrador esté disponible para atenderlos.

El tiempo en que un pasajero se tarda para ser chequeado sigue una distribución normal con media de 7 minutos y una desviación estándar de 2 minutos. Después que el pasajero ha sido chequeado queda en libertad de dirigirse hasta la puerta donde saldrá su vuelo.

Desarrolle un modelo de simulación y con animación de este sistema. Ejecute la simulación por un período de 16 horas y determine lo siguiente:

- a) El promedio de tiempo del sistema
- b) El número de pasajeros completamente chequeados.
- c) La distancia promedio de la cola para chequearse.

## **9- BIBLIOGRAFÍA.**

📖 KELTON, K. *SIMULATION WITH ARENA®*. MCGRAW-HILL, USA 1998. CAPÍTULO 5.

📖 ARENA® HELP TOPICS. ARENA SOFTWARE.

<h2 style="margin: 0;">GUÍA DE LABORATORIO NO. 4</h2> <h3 style="margin: 0;">OPERACIONES BÁSICAS DEL MODELAJE</h3> <h3 style="margin: 0;">USANDO ARENA® PARTE II</h3>	
---	---

ALUMNO :	LUGAR: centro de cómputo	tiempo:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

**1- OBJETIVOS.**

<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno aprenda a modificar ejemplos previamente existentes aumentando el grado de dificultad.
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno considere todos los factores posibles que se ven involucrados en un período de trabajo. Ejemplo: Fallos y reparación de máquina, tiempos de descanso: almuerzo, cambio de turno, y otros
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno aprenda a utilizar la herramienta de Estadística para el análisis de resultados.

**2 - EQUIPO Y MATERIALES.**

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora 2- Software: ARENA® 3.1	1- Guía # 3 y Guía #4 2- Lápiz

**3 - NORMAS DE SEGURIDAD.**

<input checked="" type="checkbox"/>	Revise que sus discos flexibles no tengan virus.
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C:.
<input checked="" type="checkbox"/>	Haga copias de respaldo.

#### **4 - MARCO TEÓRICO.**

Tomando como referencia el ejercicio desarrollado en la Guía #3, se procederá a modificar ciertos detalles de operación del sistema en estudio, de tal manera que se permita conocer más a las herramientas de trabajo de ARENA®.

Para la presente guía, se supondrá que la planta industrial de fabricación de elementos electrónicos trabaja dos turnos diarios y el ejemplo desarrollado en la guía #3 corresponde específicamente a la operación del primer turno.

En el segundo turno de trabajo, existen dos maquinarias asignadas en el área de reparación (*Rework*) lo que implica que aumenta la capacidad de producción.

Se agrega en este ejemplo la observación que en el área de ensamblaje (*Sealer*) existe un tiempo de falla en la máquina de forma periódica. De acuerdo a estudios y recopilación de datos sobre este suceso se a podido determinar que el tiempo de falla de la máquina sigue una distribución exponencial con media de 120 minutos. El tiempo de reparación también tiene un comportamiento de distribución exponencial con media de 4 minutos.

El siguiente paso será el modificar el ejemplo de la guía #3 agregando estos dos nuevos aspectos al sistema.

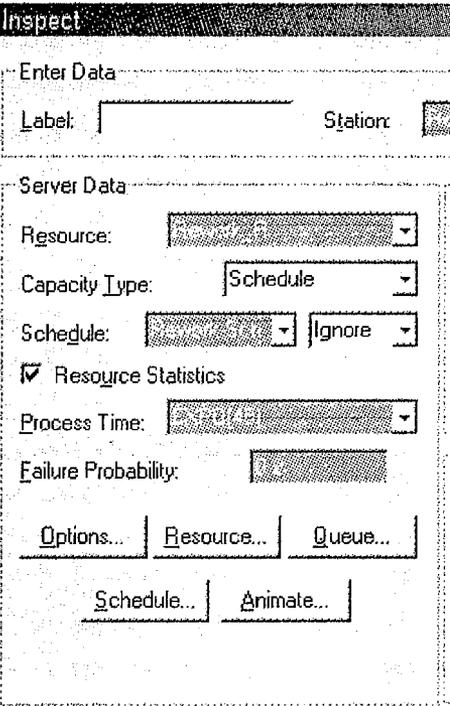
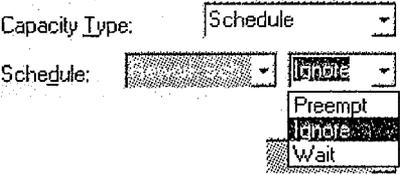
#### **5- PROCEDIMIENTO.**

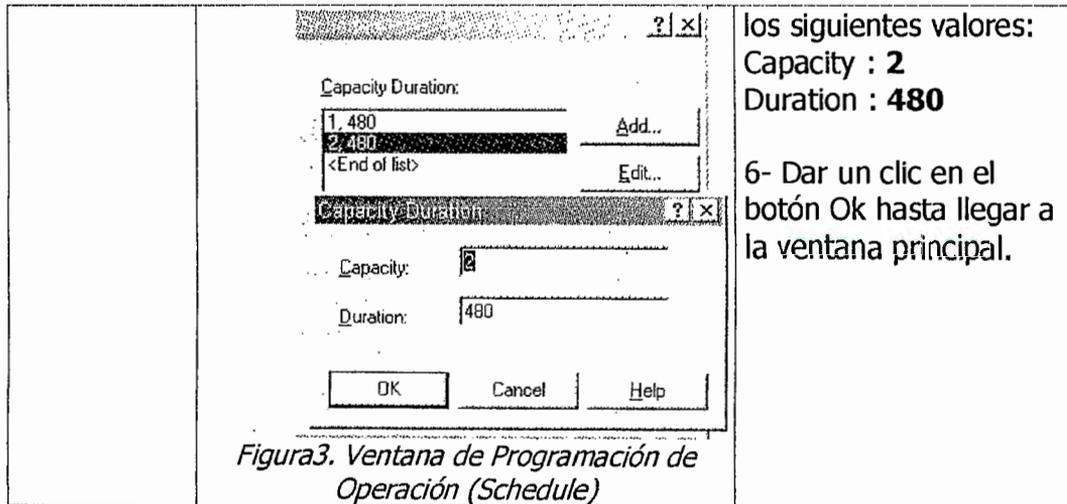
Una vez se ha cargado el programa de ARENA® abrir el ejemplo desarrollado en la guía #3 "Ensamblaje e Inspección de Elementos Electrónicos".

Para agregar la segunda máquina de reparación (*Rework*) en el segundo turno, se hará por medio de la opción "programación de operación" o (*Schedule*), asumiendo que cada turno opera 480 minutos. Se especificará tanto la programación para el primer y segundo turno con sus capacidades de maquinaria respectiva (una el 1er turno y dos en el 2º turno).

Si se hubiera seleccionado el escribir un Tipo de Capacidad igual a 2 directamente en el área Server Data del módulo de reparación, significaría que se tendrían siempre a disposición dos máquinas, no importando el número de turnos de trabajo.

Por tal razón, se utilizará la opción de *Schedule*, la cual permite variar la capacidad de un recurso con el transcurso del tiempo.

Operación	Gráfica	Procedimiento
<p>1- Configurar una segunda máquina para el segundo turno de trabajo.</p>	 <p><i>Figura 1. Ventana módulo Rework</i></p>  <p><i>Figura 2. Opciones de tiempo de implementación de la programación</i></p>	<p>1-Dar doble clic al icono <b>Rework</b>.</p> <p>2-En el área Server Data seleccionar en Capacity Type la opción <b>Schedule</b>. Al seleccionarla se desplegarán otros campos. El primero (Schedule) requiere el nombre o identificador y el segundo permite seleccionar el tiempo de la implementación de la programación.</p> <p>3- Escribir en Schedule <b>Rework Schedule</b>.</p> <p>4- Dar un clic en el botón <b>Schedule</b> (en la parte inferior de la ventana, a la par del botón Animate) Aparecerá una pequeña ventana donde deberá dar un clic en el botón <b>Add...</b></p> <p>5- Escribir en Capacity : <b>1</b> y en Duration : <b>480</b> Dar clic en <b>OK</b>. Repetir el mismo procedimiento pero con</p>



El tiempo de implementación de la programación *Schedule* en ARENA® (ver figura 2.) presenta tres opciones que se describen a continuación:

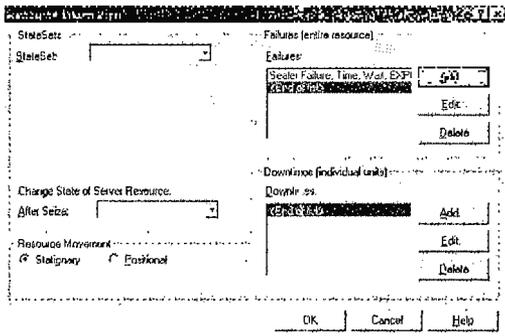
- a) **Ignore:** Es la opción por defecto y se caracteriza porque empieza el tiempo de cambio de programación inmediatamente, permitiendo al sistema finalizar el proceso de la entidad que se encuentre en la estación en ese momento antes de hacer efectivo el cambio de la capacidad.
- b) **Preempt:** Interrumpe el proceso actual de la entidad, cambia la capacidad del recurso y comienza el tiempo de cambio de la programación del sistema inmediatamente. Reanuda el proceso del objeto o de la entidad tan pronto como el recurso esté disponible.
- c) **Wait:** Espera hasta que el sistema termine el proceso del objeto actual antes de cambiar la capacidad del recurso y comienza el tiempo de la duración del cambio de la programación.

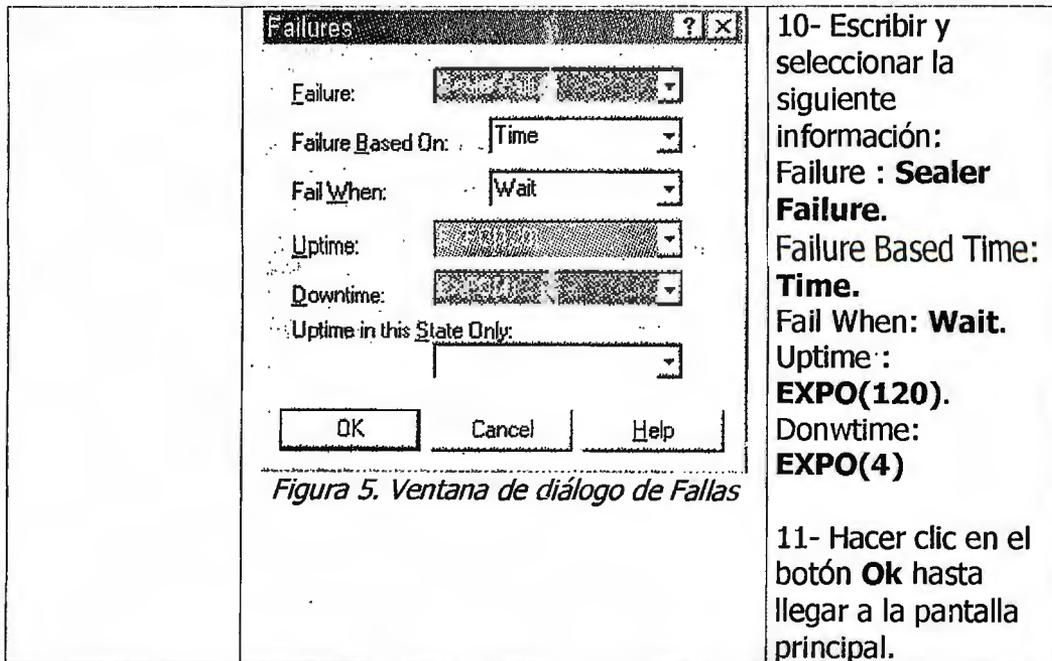
## FALLOS DE RECURSOS

Las programaciones o *Schedule* han sido incorporados en los software de simulación para modelar las variaciones planificadas de acuerdo a las características propias de los recursos. Por ejemplo: Cambio de horario o turnos, recesos, reuniones, etc.

Las fallas son principalmente utilizadas para modelar eventos aleatorios que pudiera causar que un recurso no esté disponible.

Las fallas son un factor incorporado en los módulos *Server e Inspect* de ARENA® que permiten una real imitación de cualquier sistema.

Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>2- Incorporación de fallas en los recursos</p>	 <p><i>Figura 4. Ventana de Información de recursos</i></p>	<p>7- Dar un doble clic sobre el módulo <b>Sealer</b>.</p> <p>8- Dar un clic sobre el botón <b>Resource...</b>                      Notar que este módulo está compuesto por tres secciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• State Sets</li> <li>• Failures</li> <li>• Downtimes</li> </ul> <p>9- Hacer un clic en el botón <b>Add...</b> de la sección Failure. Se abrirá la ventana de diálogo mostrada en la figura 5.</p>



El tipo de falla que tenga el sistema puede ser basado en dos tipos (ver figura 5):

- a) **Tiempo** : Es el tipo de falla que ocurre en un período de tiempo estimado.
- b) **Cuenta** : Es el tipo de falla que ocurre cuando cierta cantidad de objetos o entidades han utilizado cierto recurso. Este tipo de falla es común en modelos industriales por ejemplo: reemplazo de herramientas, limpieza, ajustes mecánicos.

La opción "Cuándo fallar" (*Fail When*) tiene las tres mismas opciones del *Schedule*:

- c) **Ignore**: Empieza el tiempo de duración de la falla inmediatamente, caracterizándose de permitir al sistema finalizar el proceso de la entidad que se encuentre en la estación en ese momento antes de fallar.
- d) **Preempt**: Interrumpe el proceso actual de la entidad, hace fallar el recurso y comienza el tiempo de duración de la falla.
- e) **Wait**: Espera hasta que el sistema termine el proceso del objeto actual antes de fallar y comienza el tiempo de duración de la falla.

Para el ejemplo desarrollado en esta guía la opción de cuando fallar será de tipo WAIT, dado que el tiempo de trabajo (120 minutos) es mucho mayor comparado a la duración de la falla (4 minutos).

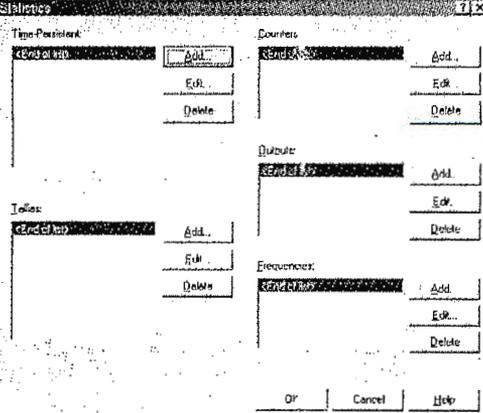
El tiempo de trabajo (Uptime) y el tiempo de falla (Downtime) tiene una entrada de distribución exponencial de media de 120 minutos y 4 minutos respectivamente.

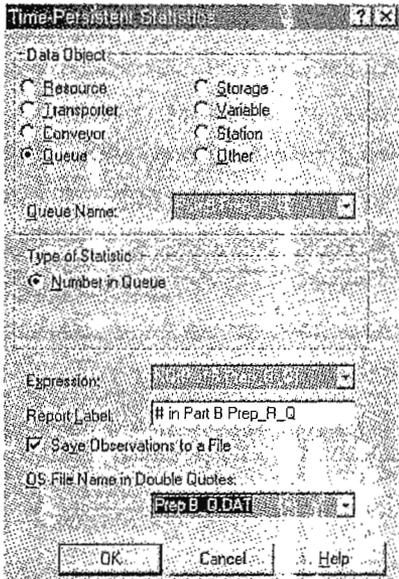
El último campo "***Uptime in this State Only***" (ver figura 5) permite definir el estado que debería ser utilizado para determinar los tiempos de trabajo. Si este campo es omitido, implica que todos los estados son considerados. El uso de esta característica es muy dependiente en como los datos han sido recolectados y cronometrados. La mayoría de datos sobre fallas son simplemente registrados. Por ejemplo, solamente en el tiempo que falla es registrado. Si este es el caso, entonces los días de vacaciones, los recesos de almuerzos y el tiempo ocioso son incluidos en el tiempo entre falla y se debería de omitir este campo. Solamente si el tiempo entre fallas puede ser directamente relacionado a un estado en específico, entonces esta opción debe ser seleccionada.

## **GRABANDO DATOS ESTADÍSTICOS.**

El grabar en unidades de almacenamiento (diskettes, CDs) los resultados obtenidos en la ejecución de una simulación pueden ser de gran beneficio para un análisis posterior donde se pueden relacionar diferentes valores, por ejemplo relacionar el número de objetos de la cola con el tiempo de flujo, o simplemente exportar esta información a otros programas compatibles con ARENA®.

El módulo Estadístico, ubicado en el Common Panel, define una serie de datos estadísticos a ser recopilados, así como también, el tipo de datos que se desearían grabar.

Operación	Grabar	Procedimiento
<p>3-Adicionando datos estadísticos</p> 	 <p><i>Figura 6. Módulo Estadístico</i></p>	<p>12- Hacer clic en el icono <b>Statistic</b> ubicado en el Common Panel. Notar que el cursor se convierte en una cruzeta en donde deberá hacer clic sobre el lugar donde desea que aparezca el módulo estadístico.</p> <p>13- Hacer doble clic sobre el módulo <b>Statistic</b> . Este módulo contiene 5 áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Time Persistent</li> <li>• Tally</li> <li>• Counters</li> <li>• Outputs</li> <li>• Frequencies</li> </ul> <p>14-Hacer clic sobre el botón <b>Add...</b> en Time Persistent</p>

Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>..Adicionando datos estadísticos</p>	 <p><i>Figura 7. Ventana Time-Persistent Statistics</i></p>	<p>15- Seleccionar o escribir los siguientes datos a la ventana Time-Persistent Statistics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Object: <b>Queue</b>. Queue Name: <b>Part B Prep_R_Q</b></li> <li>• Hacer clic sobre el cuadro de chequeo de la opción <b>Save Observations to a File</b>.</li> <li>• OS File Name in Double Quote: <b>"PrepB_Q.DAT"</b>.</li> </ul> <p>16- Hacer clic sobre el boton <b>Ok</b>.</p>

Operación	Procedimiento
... Adicionando datos estadísticos	<p>17- Repetir el mismo procedimiento anterior para el área de Time-Persistent con los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Object:                          Seleccionar <b>Queue</b>                          Queue Name : <b>Sealer_R_O</b></li> <li>• Chequear la opción <b>Save Observations to a File.</b></li> <li>• Escribir en OS File Name in Double Quote : <b>Sealer_Q.DAT.</b></li> </ul> <p>18- Repetir el mismo procedimiento con los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Object:                          Seleccionar <b>Queue</b>                          Queue Name : <b>Rework_R_O</b></li> <li>• Chequear la opción <b>Save Observations to a File.</b></li> <li>• Escribir en OS File Name in Double Quote : <b>Rework_Q.DAT.</b></li> </ul> <p>19- Repetir el mismo procedimiento con la sección Tallies con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tally Name : <b>Shipping_Ta</b></li> <li>• Chequear la opción <b>Save Observations to a File.</b></li> <li>• Escribir en OS File Name in Double Quote : <b>Ship.DAT</b></li> </ul> <div data-bbox="669 1080 1154 1382" style="text-align: center;"> </div> <p>20- Hacer clic sobre el botón <b>Ok.</b></p>

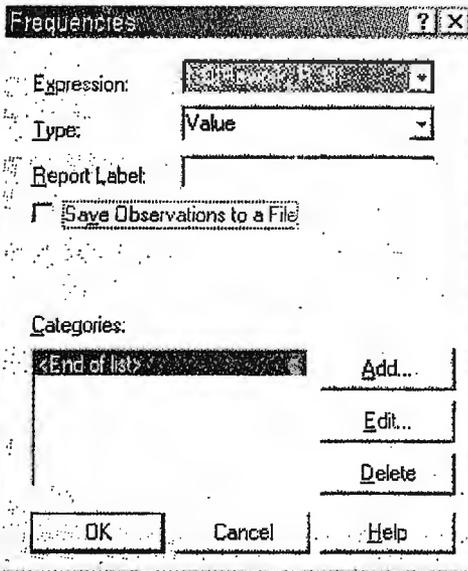
*Figura 8. Ventana Tallies Statistics*

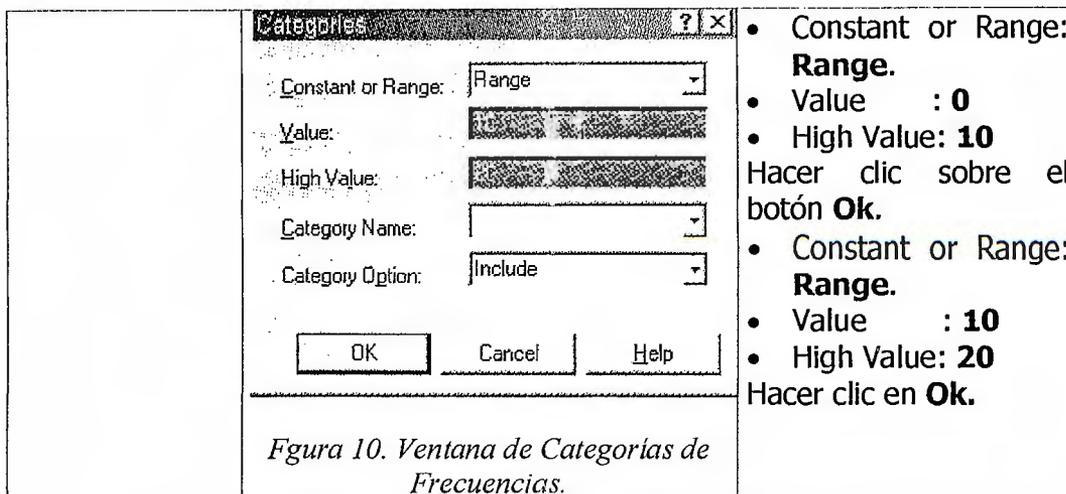
Antes de cerrar el módulo estadístico se aprovechará una de las opciones de éste para determinar el requerimiento necesario de partes o piezas a ser almacenados en la bodega de producto terminado.

Asumir que las piezas son almacenadas en el área de reparación (*Rework*), colocados en estantes especiales con una capacidad de 10 ensamblajes por estante.

Se pide conocer cuántos estantes con producto se deben comprar. Para obtener la respuesta a este requerimiento se hará uso de la opción ***Frecuencias Statistic.***

Estos son utilizados para grabar el tiempo de frecuencias ocurridas de una variable, expresión o estado del recurso en ARENA®.

Operación	Gráfica	Procedimiento
<p>4- Determinando los requerimientos de almacenamiento</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 9. Ventana Frecuencias</i></p>	<p>21- En la ventana del módulo estadístico hacer clic sobre el botón <b>Add..</b> del área <b>Frecuencias.</b></p> <p>22- Escribir en el campo Expresión: <b>NQ(Rework_R_Q).</b>                  Type : <b>Value</b></p> <p>23- Hacer clic sobre el botón <b>Add..</b> y llenar la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constant or Range: <b>Constant.</b></li> <li>• Value : <b>0</b></li> </ul> <p>Hacer clic sobre el botón <b>Ok.</b></p> <p>24- Repetir el procedimiento anterior dos veces más con los siguientes datos:</p>



*Figura 10. Ventana de Categorías de Frecuencias.*

Antes de ejecutar la simulación, se cambiará el tiempo de duración de la réplica, a 50,000 minutos (Módulo Simulate).

NOTA: Al escribir valores numéricos en campos de ARENA® escribirlos sin separadores de comas para evitar errores de compilación.

Debido a la larga duración que tendrá la simulación, se recomienda que seleccione la opción **Batch Run (No Animation)**, del SetUp del menú Run. Esta opción tiene la función de reducir la cantidad de tiempo requerida para la simulación brindando los resultados rápidamente.

## RESULTADOS DEL MODELO

El reporte generado por ARENA® para este modelo se presenta a continuación:

```

Project: Ensamblaje e ins          Run execution date : 3/17/200
Analyst: URamirez                Model revision date: 3/17/200

Replication ended at time      : 50000.0

                                TALLY VARIABLES

Identifier      Average      Half Width  Minimum    Maximum    Observation
-----
Salvaged Parts_Ta  302.17      (Corr)     19.439     1229.2     1199
Rework_R_Q Queue Time  193.93     48.888     .00000     674.58     1467
Sealer_R_Q Queue Time  6.2386     1.5828     .00000     50.795     16499
Scrap_Ta         285.39     (Insuf)    25.366     1159.2     267
Part B Prep_R_Q Queue  70.972     (Corr)     .00000     541.65     6624
Shipping_Ta      57.472     (Corr)     9.0197     564.91     15031
Part A Prep_R_Q Queue  15.183     2.5646     .00000     99.536     9876
    
```

DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
# in Rework_R_Q	5.6899	1.6284	.00000	28.000	.00000
Part A Prep_R Busy	.85391	.02036	.00000	1.0000	1.0000
Part B Prep_R Availabl	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Sealer_R_Q	2.0586	.59611	.00000	21.000	.00000
# in Part A Prep_R_Q	2.9990	.61504	.00000	24.000	1.0000
Sealer_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Part A Prep_R Availabl	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Rework_R Available	1.4992	(Insuf)	1.0000	2.0000	1.0000
Sealer_R Busy	.84177	.02003	.00000	1.0000	.00000
Rework_R Busy	1.3732	.06088	.00000	2.0000	1.0000
Part B Prep_R Busy	.79305	.04708	.00000	1.0000	.00000
# in Part B Prep_R_Q	9.4023	(Corr)	.00000	88.000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Salvaged Parts_C	1199	Infinite
Scrap_C	267	Infinite
Shipping_C	15031	Infinite

FREQUENCIES

Identifier	Category	--Occurrences--		Standard Percent	Restrictive Percent
		Number	AvgTime		
Value(NQ(REWORK_R_Q))	Constant(0,)	112	81.559	18.27	18.64
	Range(0,10)	163	197.97	64.54	65.87
	Range(10,20)	63	120.45	15.18	15.49
	OUT OF RANGE	11	91.559	2.01	--
STATE(Sealer_R)	BUSY	3635	11.578	84.18	84.18
	IDLE	3339	1.9188	12.81	12.81
	FAILED	387	3.8871	3.01	3.01

Simulation run time: 0.07 minutes.  
 Simulation run complete.

Figura 11. Reporte del modelo emitido por Arena®.

**INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

- El número máximo de espera en la cola fue de 28 unidades.
- La cola estaba vacía al final de la simulación.
- La disponibilidad del área de reproceso (*Rework*) fue de 1.4992 y el tiempo de trabajo fue de 1.3732. Este aumento de la disponibilidad de esta área se debe a la capacidad adicional que caracteriza al segundo turno.

- La utilización actual del Rework fue del  $91.60\% = (1.3732/1.4992) \times 100\%$
- El porcentaje productivo de la máquina del área de ensamblaje o Sealer fue del 84.18%; el porcentaje de tiempo ocioso fue del 12.81% y el porcentaje de fallo fue de 3.01%.
- De acuerdo al módulo estadístico de frecuencias no hubo un número mayor de 30 piezas en espera en el área Rework. Solamente hubo el 2.01% del tiempo no mayor de 20 piezas en espera. Esto implica que se pudieran necesitar dos estantes de productos, o a lo sumo tres.

### EL ANALIZADOR DE SALIDA (Output Analyzer).

El Analizador de Salida de ARENA® provee la capacidad de desarrollar una análisis posterior de los datos de la simulación, los cuales han sido grabados en un archivo durante la ejecución de la simulación.

Este analizador provee la habilidad de mostrar los datos, también como el analizar y graficar conclusiones estadísticas sin ejecutar de nuevo la simulación.

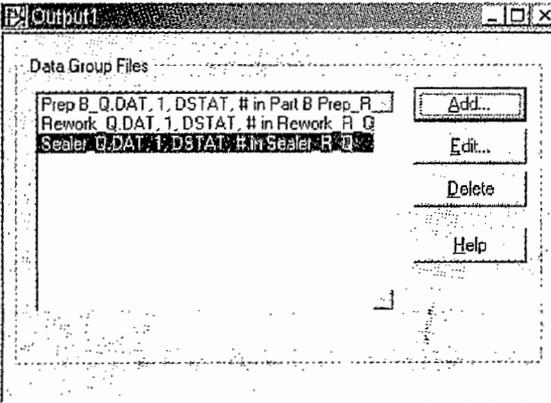
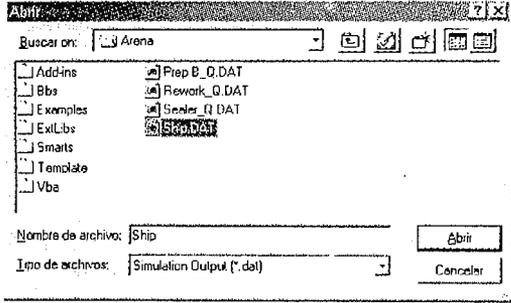
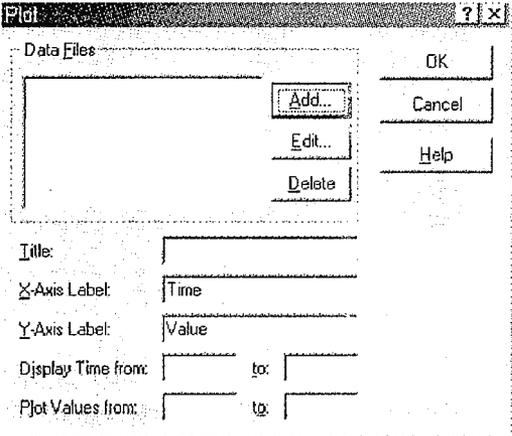
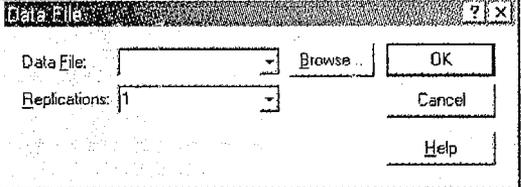
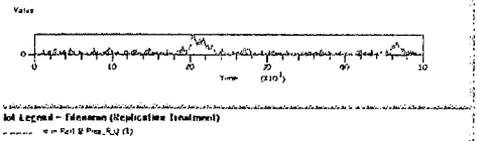
Operación	Gráfico	Procedimiento
5- Abrir grupo de archivos en el Output Analyzer.		<p>25- Hacer clic en el menú <b>Tools</b> y seleccionar el submenú <b>Output Analyzer</b>.</p> <p>Antes de continuar es necesario la creación de <i>Grupos de Datos</i>, los cuales son una colección de archivos externos a ARENA, que son usualmente del mismo modelo de simulación.</p>

Figura 12. Ventana de Output1

	 <p><i>Figura 13. Ventana Open del Output Analyzer.</i></p>	<p>(La definición de los grupos a analizar fue realizado en el inciso # 15).</p> <p>26- Hacer clic en el menú <b>FILE</b> y submenú <b>OPEN</b>. Aparecerá la ventana de la figura 12.</p> <p>27- Hacer clic sobre el botón <b>Add...</b> En la ventana de la figura 13. Agregar los siguientes archivos haciendo clic en el botón <b>OPEN</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Prep. B_Q.DAT</b></li> <li>• <b>Rework_Q.DAT</b></li> <li>• <b>Sealer_Q.DAT</b></li> <li>• <b>Ship.DAT</b></li> </ul> <p>28- <b>Cerrar</b> la ventana de Output1 y guardar los cambios.</p>
--	--	---

Operación	Gráfico	Procedimiento
<p>6- Generación de gráficos (Plots)</p> 	 <p><i>Figura 14. Ventana de diálogo del Plot</i></p>	<p>29- Hacer clic en el menú principal <b>GRAPH</b>. Seleccionar la opción <b>PLOT</b> o hacer clic al icono Plot desde la barra de herramienta.</p> <p>30- Al aparecer la ventana de la figura 14, hacer clic en el botón <b>Add..</b> Se activará la ventana de la figura 15. Deberá hacer un clic sobre el botón <b>Browse..</b> y buscar el archivo <b>PrepB_Q.DAT</b></p>

	<p>31- Una vez el campo Data File tenga el archivo mencionado anteriormente, hacer clic en <b>Ok</b> hasta que aparezca el gráfico del modelo en pantalla.</p> <p>32- Para salir se deben cerrar las ventanas de windows.</p>
<p><i>Figura 15. Ventana Data File del Plot</i></p>  <p><i>Figura 16. Gráfico de la espera del módulo prep. Par. B.</i></p>	

## 7- INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA

- 1- Cuáles son las partes componentes del módulo Inspect?
- 2- Describa el proceso para cambiar la animación de una línea de espera o cola (línea recta, forma de U, cuadrada, curva, etc).
- 3- Describa el proceso para cambiar de forma una entidad.
- 4- Qué se entiende por Recurso y Entidad.

## 8- EJERCICIOS COMPLEMENTARIOS.

- 1- Graficar en el ambiente del Output Analyzer los resultados obtenidos del área de ensamblaje (Rework) con el tipo de gráfico Barchart con un tiempo de inicio y de terminación de 20,000 y 21,000 respectivamente.
- 2- Graficar un histograma con el mismo archivo mencionado en el ejercicio 1, con un número de celdas (interiores) de 3 y número mínimo de límite de 0.5
- 3- Modificar el ejercicio complementario de la guía anterior, referente al chequeo de pasajeros en una línea aérea, agregando los siguientes datos:

- Existen dos turnos de 8 horas cada uno.
- Cada agente de Atención al Pasajero tiene derecho a tomar un descanso 90 minutos después de haber iniciado turno.
- A cada agente le es permitido tener un descanso de 15 minutos.
- Cada agente tiene 30 minutos para almorzar y generalmente almueza 3 ½ horas después que inicia el turno.

Compare los resultados de éste modelo con el otro sin recesos.

## **9- BIBLIOGRAFÍA.**

📖 KELTON, K. *SIMULATION WITH ARENA®*. MCGRAW-HILL, USA 1998.  
CAPÍTULO 5.

📖 ARENA® HELP TOPICS. ARENA SOFTWARE.

<h1 style="margin: 0;">Guía de Laboratorio No. 5</h1> <h2 style="margin: 0;">MODELADO INTERMEDIO</h2>	
---	---

ALUMNO :	LUGAR: CENTRO DE CÓMPUTO	TIEMPO:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

### 1- OBJETIVOS.

<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno se familiarice con el uso de diferentes módulos de Arena®
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno construya un modelo en Arena®
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno se ejercite en la animación de modelos en Arena®

### 2 - EQUIPO Y MATERIALES.

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora	1- Guía # 5
2- Software: ARENA® 3.0	2- Lápiz
	3- Un disquete

### 3 - NORMAS DE SEGURIDAD.

<input checked="" type="checkbox"/>	Revise que sus discos flexibles no tengan virus.
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C y póngale su nombre
<input checked="" type="checkbox"/>	Grabe el ejercicio de esta guía con el nombre: Guía5.doe.

### 4 - MARCO TEÓRICO.

Esta guía trata sobre los diferentes conceptos que permiten hacer modelos más detallados. Como en las anteriores, se ilustrarán los procedimientos con gráficos idóneos para una mejor comprensión. Se profundizará en el uso de Secuencias de entidades dependientes, Variables, Expresiones; además: Cómo modelar sistemas, el nivel de detalle apropiado para un proyecto, la necesidad de poner atención a los datos de requerimiento y disponibilidad y el análisis estadístico de los resultados.

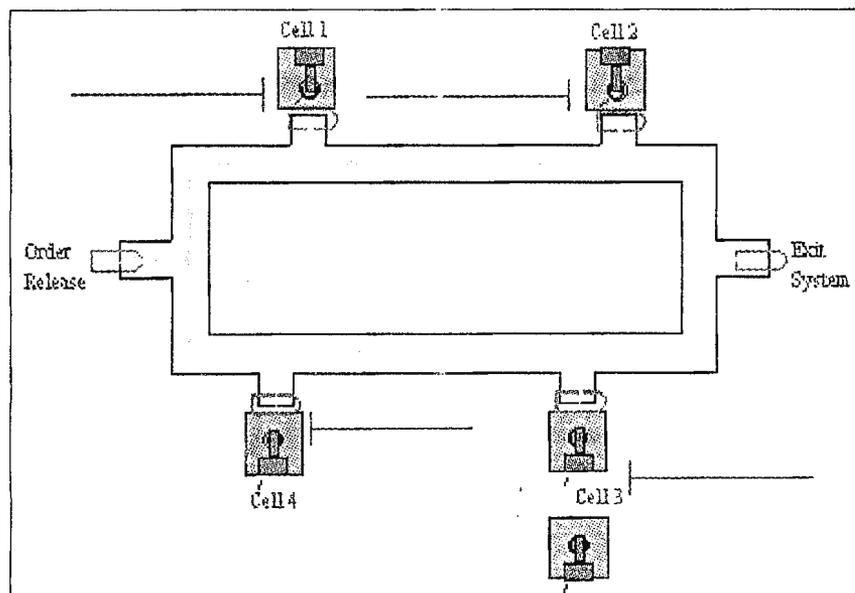
Al desarrollar esta guía se tendrá una idea de cómo modelar sistemas que poseen considerables detalles, a través de las herramientas del panel **Common**.

### 5 - DISEÑAR UN SISTEMA PEQUEÑO DE MANUFACTURA.

El sistema a ser modelado consiste de Llegadas(Arrive), Células de manufactura (Cell) y Salidas(Depart). Las células 1, 2 y 4 son máquinas individuales; la célula 3 tiene dos máquinas, las cuales no son idénticas. Una de estas máquinas es un modelo nuevo que puede procesar piezas en un 80% del tiempo requerido por la antigua. El sistema produce tres tipos de piezas(Part), cada una realiza una secuencia diferente en el proceso. Se usará una Expresión (Expression) para definir el tiempo de maquinado para la Célula 1 (Cell 1), por lo que no se necesita hacer una asignación de atributos (Attribute y Value). El proceso y el tiempo (en minutos) se describen en la siguiente tabla. Todos los tiempos tienen distribución triangular.

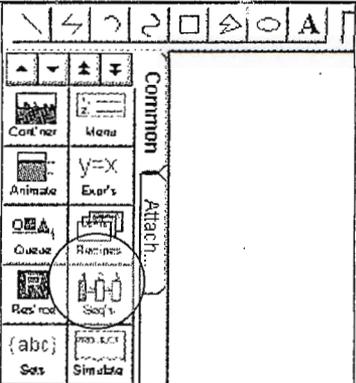
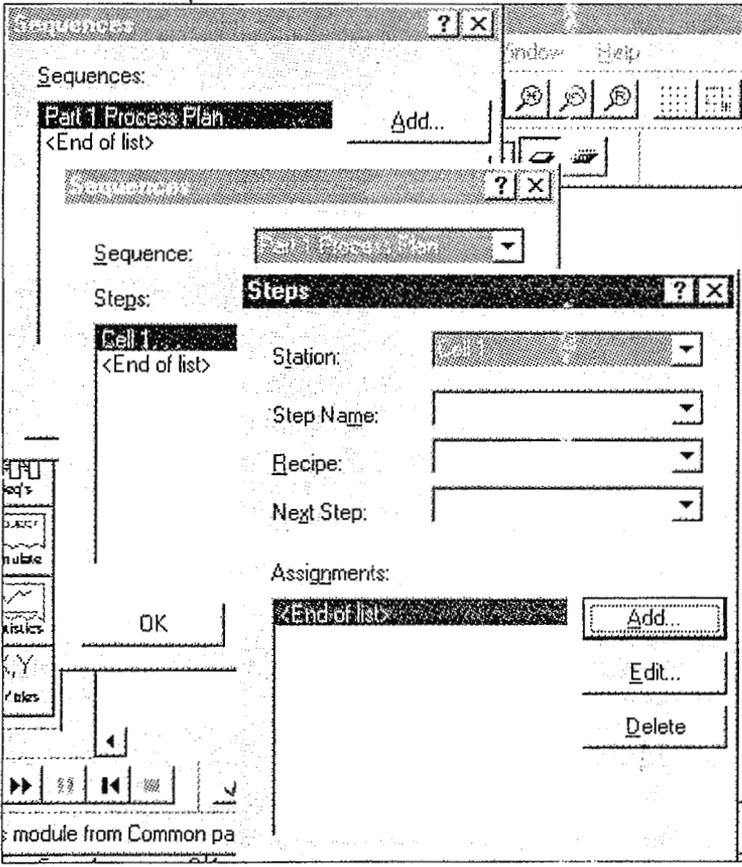
PIEZA	Célula/Tiempo	Célula/Tiempo	Célula/Tiempo	Célula/Tiempo	Célula/Tiempo
1	1 6,8,10	2 5,8,10	3 15,20,25	4 8,12,16	
2	1 11,13,15	2 4,6,8	4 15,18,21	2 6,9,12	3 27,33,39
3	2 7,9,11	1 7,10,13	3 18,23,28		

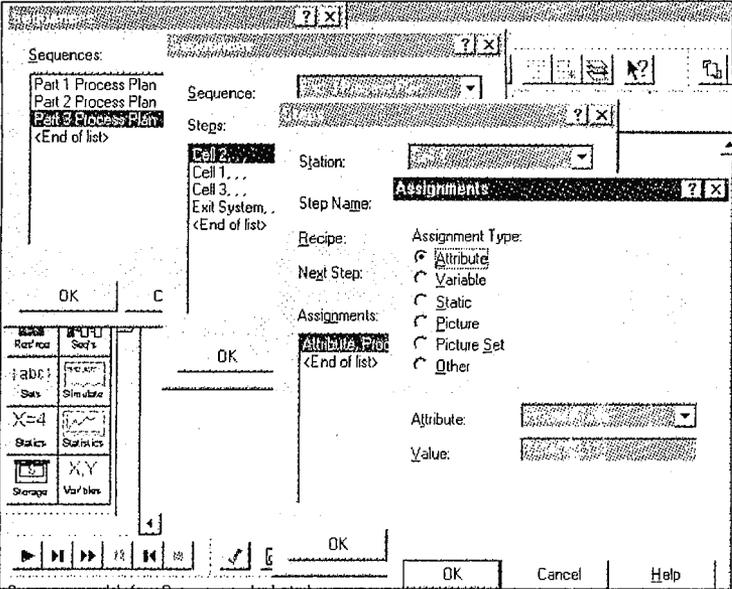
**Cuadro #1. Ruta de las piezas y Tiempo de Proceso**



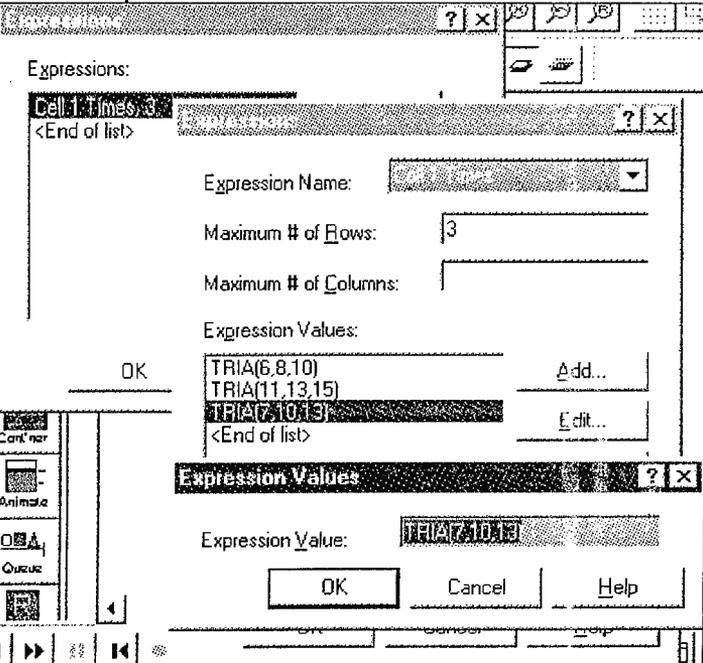
**Distribución de máquinas**

**6 – CONSTRUIR EL MODELO.**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
1. Abrir un nuevo modelo		1- Hacer clic en New. 2- Maximizar la ventana.
2. Agregar módulo Sequences		3- Hacer clic en la viñeta Attach, seleccionar Common. tpo 4- Hacer clic en el botón <b>Sequences</b> del panel <b>Common</b> y colocar el módulo <b>Sequences</b> en la ventana de modelado.
3. Colocar los datos del cuadro #1 en el módulo Sequences		5- Hacer doble clic en <u>Sequences</u> 6- Hacer clic en Add... 7- Digitar en <i>Sequence</i> : Part 1 Process Plan 8- Presionar Tab. 9- Hacer clic en Add... 10-Digitar en <i>Station</i> : Cell 1 11-Clic en Ok. 12-Clic en Add... 13-Digitar Cell 2 14- Presionar Add... 15-Attribute: $\odot$ 16-Attribute: Process Time 17-Value: TRIA(5,8,10). Ver cuadro #1 18-Clic en <b>Ok</b> dos veces. 19- De la misma manera (pasos 12-18) introducir datos para Cell 3 y Cell 4. Al final, no debe olvidarse el paso: Station: Exit System.(Ver gráfico de la operación 4 en la siguiente página).

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
4. Datos del cuadro #1. Continuación		20- Introducir datos para <i>Part 2 Process Plan</i> y <i>Part 3 Process Plan</i> . No olvidar que siempre los datos de Cell 1 se dejarán sin Atributos y que Station final corresponde a Exit System. 21- Al final, la ventana de modelado debe lucir así: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">                         Sequences                          Part 1 Process Plan                          Part 2 Process Plan                          Part 3 Process Plan                     </div>

Ahora, se definirá la expresión para el tiempo de proceso de las piezas en Cell 1. El módulo **Expressions** se ubica en el panel Common y se programa de manera similar que el módulo **Sequences**.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
5. Agregar Módulo Expressions		22- Hacer clic en el botón Expressions del panel Common y colocar el módulo en la ventana de modelado. 23- Hacer doble clic en <b>Expressions</b> . 24- Clic en Add... 25- Digitar en <i>Expresión Name</i> : Cell 1 Times. 26- Presionar Tab. 27- <i>Maximun # of Rows</i> : 3. 28- Hacer clic en Add... 29- Digitar en la ventana <i>Expressions Values</i> : TRIA (6,8,10). Digitar los otros datos de Cell 1 (Repetir paso 28 y usar datos cuadro #1). 30- Hacer clic en <b>Ok</b> tres veces.

Resumiendo, en el módulo Expressions debe digitarse lo siguiente:

Expressions	
Expresión Name	Cell 1 Times
Maximum # of Rows	3
Expression Values	
Expression Values	TRIA(6,8,10)
Expression Values	TRIA(11,13,15)
Expression Values	TRIA(7,10,13)

**Cuadro #2**

A continuación se agregará el módulo **Variables** en el que se definirá el factor de máquina para el tiempo de traslado en Cell 3 (célula donde hay dos máquinas). La ventana de diálogo es similar a la que tiene **Expressions**, excepto que sólo se introduce una constante para el valor inicial.

Debe tomarse en cuenta lo siguiente: El tiempo de proceso o maquinado para Cell 3, introducido en el módulo Sequences, es para la máquina antigua. Se asumirá que la nueva máquina será referenciada como 1 y la antigua como 2. Por lo tanto, el primer factor será 0.8 (para la nueva máquina), y el segundo 1.0 (para la máquina antigua). El valor del tiempo de traslado (el cual no necesita ser una matriz) es simplemente ingresado como 2. Esto permitirá poder cambiar este valor en un único lugar y en otra ocasión.

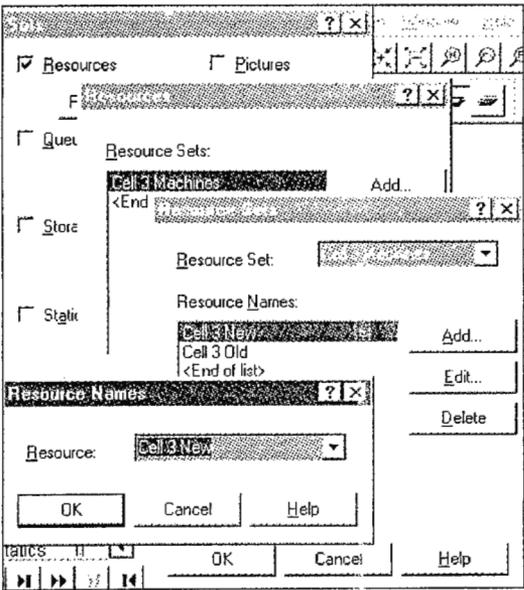
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
6. Agregar el módulo Variables		31- Hacer clic en el botón <b>Variables</b> del panel Common y colocar el módulo en la ventana de modelado. 32- Doble clic en <b>Variables</b> . 33- Clic en Add... 34- <i>Variable:</i> Factor 35- Presionar Tab. <i>Maximum # of Rows: 2</i> 36- Clic en Add... 37- <i>Initial Value: 0.8</i> 38- Clic en Ok. 39- Clic en Add... 40- <i>Initial Value: 1.0</i> 41- Clic en Ok dos veces. 42- Clic en Add... 43- <i>Variable:</i> Transfer Time 44- Presionar Tab 45- Clic en Add... 46- <i>Initial Value: 2</i> 47- Clic en Ok tres veces

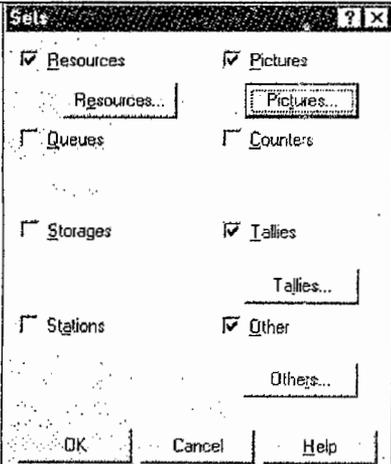
Resumiendo, en **Variables** debe digitarse:

<b>Variables</b>	
Variable	Factor
Maximum # of Rows	2
<b>Initial Values</b>	
Initial Values	0.8
Initial Values	1.0
<b>Variables</b>	
Variable	Transfer Time
<b>Initial Values</b>	
Initial Value	2

**Cuadro #3**

El módulo Sets permite formar conjuntos de recursos, colas, almacenamientos, estaciones, cuadros, contadores y mostradores. Existe sólo una opción general llamada **Other** que permite formar sets de casi cualquier objeto similar de Arena. Primero se formará el set de recursos para Cell 3. Debe recordarse que la nueva máquina ha sido referenciada como 1, así que debe ser ingresada como el primer miembro del set.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>7. Agregar módulo Sets</p>		<p>48- Hacer clic en el botón <b>Sets</b> del panel Common y colocar el módulo en la ventana de modelado.</p> <p>49- Doble clic en <b>Sets</b>.</p> <p>50- Seguir los siguientes pasos procediendo de la misma forma que en los anteriores módulos:</p> <p>Resources: check</p> <p>51- Clic en botón Resources</p> <p>52- Clic en Add...</p> <p>53- Digitar en Resources Sets: Cell 3 Machines</p> <p>54- Presionar Tab</p> <p>55- Clic en Add...</p> <p>56- Digitar en Resources Names:</p> <p>Resource: Cell 3 New</p> <p>Resource: Cell 3 Old</p>

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
8. Agregar datos al módulo Sets		57- Introducir los datos que aparecen en las tablas que siguen a continuación.

Los siguientes datos deben ser introducidos en el mismo orden en el módulo Set.

<b>Other</b>	Check
Other Sets	
Set Name	Part Sequences
Members	
Object	Part 1 Process Plan
Object	Part 2 Process Plan
Object	Part 3 Process Plan

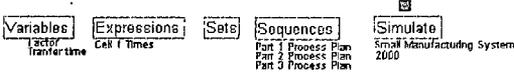
**Cuadro # 4. Set Sequence**

<b>Pictures</b>	Check
Picture Sets	
Pictures Set	Parts
Picture Names	
Picture	Part 1
Picture	Part 2
Picture	Part 3

**Cuadro #5. Set Picture**

<b>Tallies</b>	Check
Tally Sets	
Tally Set	Part Cycle Times
Tally Names	
Tally	Part 1 Cycle Time
Tally	Part 2 Cycle Time
Tally	Part 3 Cycle Time

**Cuadro #6. Set Tally**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
9. Agregar módulo Simulate		58- Utilizar los datos del cuadro #7

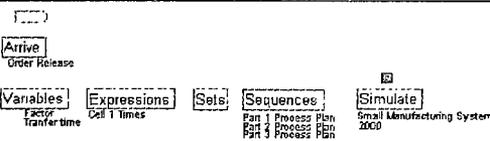
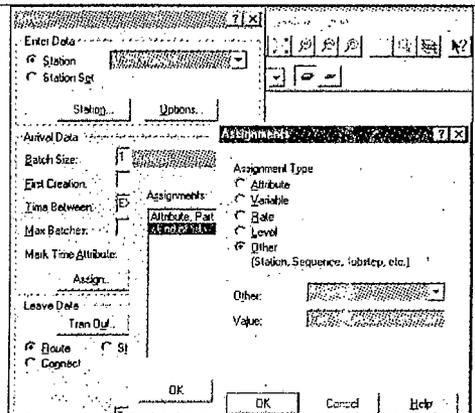
Project Title	Small Manufacturing System
Analist	UDB
Replicate Length of Replication	2000

**Cuadro #7. Módulo Simulate**

La parte principal consiste en módulos lógicos que representan Llegada de piezas (Arrivals), Células (Cells), y Salida de piezas (Departures).

Enter Data Station	Order Release
Arrival Data Time Between	EXPO (13)
Mark Time Attribute	Enter Time
Leave Data Seq	Select
Route Time	Transfer Time

**Cuadro #8. Generando llegada de piezas.**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
10. Agregar módulo Arrive		59- Utilizar los datos del cuadro #8
11. Asociar secuencias		60- Hacer clic en <b>Assign</b> para asociar una secuencia con cada entidad que va llegando. Utilizar los datos del cuadro #9.

Assignment Type	
Attribute	<i>select</i>
Attribute	Part Index
Value	DISC (.26,1,.74,2,1.0,3)

Assignment Type	
Other	<i>select</i>
Other	Sequence
Value	Part Sequences (Part Index)

**Cuadro #9. Asignación de Tipo de Pieza y Secuencia**

Estas asignaciones tienen dos propósitos: Determinar qué tipo de piezas han arribado, y definir un índice, el Índice de Piezas. Se determinará este índice con una distribución discreta. La distribución permitirá generar valores seguros con las probabilidades dadas.

En el ejemplo los valores son los enteros 1, 2 y 3 con probabilidades de 26%, 48% y 26% respectivamente. Los valores se ingresan en pares: probabilidad acumulativa. Esta probabilidad, para el último valor (en este caso, 3) debe ser 1.0.

Initial Entity Picture	
Set Member	<i>select</i>
Picture Set	Parts
Set Index	Part Index

**Cuadro #10. Asignación de Entity Picture de un set**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
12. Asociar el tipo de imagen (picture)		61- Hacer clic en <b>Animate</b> del módulo Arrive. 62- Ingresar los datos del cuadro # 10

Con excepción de Cell 3, las demás células (Cell) pueden ser modeladas fácilmente usando el módulo **Server**. Como el caso del módulo **Arrive**, se selecciona la ruta (Route) de acuerdo a la opción **Sequence** en la sección **Leave Data**. Arena automáticamente dirigirá la pieza a su próxima estación.

Para el tiempo de proceso (Process Time) se ingresa la expresión *Cell 1 Times* usando el atributo *Part Index* para referenciar el tiempo de proceso de piezas apropiado. Esta expresión generará un ejemplo de distribución triangular con los parámetros definidos antes.

Enter Data	
Station	Cell 1
Server Data	
Process Time	Cell 1 Times (Part Index)
Leave Data	
Route	<i>select</i>
Seq	<i>select</i>
Route Time	Transfer Time

**Cuadro #11. Cell 1 Datos del módulo Server.**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
13. Agregar módulo Server e introducir datos de Cell 1		63- Hacer clic en el botón <b>Server</b> del panel Common y colocar el módulo en la ventana de modelado. 64- Doble clic en <b>Server</b> . 65- Introducir los datos del cuadro 11.

El cuadro # 12 muestra los datos para Cell 2 del módulo Server. Debe tenerse presente que en el módulo Sequences se definieron los tiempos de proceso de las piezas para Cell 2, 3 y 4 asignándolas al atributo *Process Time*. Cuando la pieza fue dirigida a Cell 2 desde la última estación, Arena automáticamente asignó este valor para que fuera usado en este módulo. Los datos para Cell 4 son idénticos a Cell 2, excepto por el nombre de la célula (Cell).

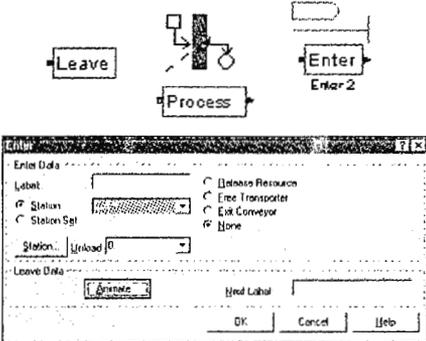
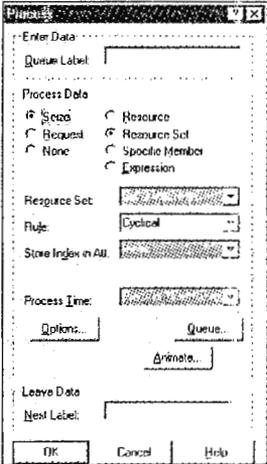
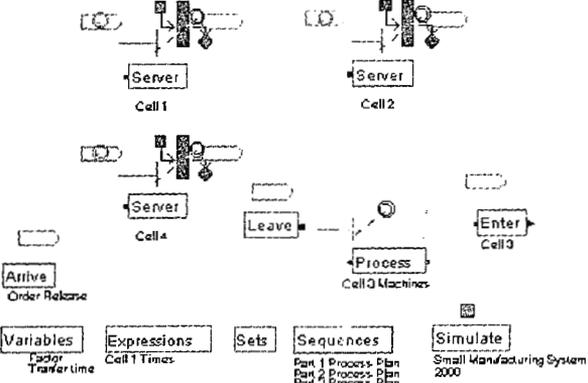
Agregue un módulo Server para Cell 2 y otro para Cell 4 en este momento.

Enter Data	
Station	Cell 2
Server Data	
Process Time	Process Time
Leave Data	
Route	<i>select</i>
Seq	<i>select</i>
Route Time	Transfer Time

**Cuadro #12. Cell 2 Datos del módulo Server.**

No se puede usar un módulo Server para Cell 3; debe recordarse que se tienen en esa célula dos máquinas diferentes, una nueva y otra vieja, que procesan piezas a distinta velocidad. Si las máquinas fueran idénticas se habría usado el módulo Server y se hubiera introducido una capacidad de 2. Se puede usar el módulo Advanced Server o Enter, Process y Leave. En este caso los dos métodos son idénticos.

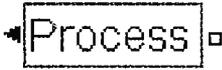
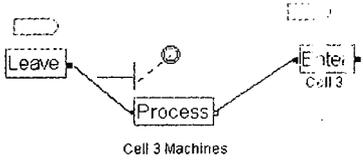
Usando los tres módulos (Enter, Process y Leave) es equivalente a usar un módulo Advanced Server. Sin embargo, separándolos en los tres componentes permite modelar otros tipos de servidores más complejos.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>14. Agregar tres módulos: Enter, Process y Leave</p> <p>15. Introducir datos en el módulo Enter.</p>		<p>66- Doble clic en <b>Enter</b>:                      Station: <i>select</i>                      Station: Cell 3</p> <p>67- Hacer clic en Animate del módulo Enter:</p> <p>Enter Station                      No Change: <i>select</i>                      Unstore: quitar cheque</p>
<p>16. Introducir datos en el módulo Process</p>		<p>68- Introducir los siguientes datos:</p> <p>Process Data                      Seize: <i>select</i>                      Resource Set: <i>select</i>                      Resource Set: Cell 3 Machine                      Store Index in Att: Index                      Process Time:                      Process Time*Factor(Index)</p>
<p>17. Introducir datos en el módulo Leave</p>		<p>69- Introducir los siguientes datos:</p> <p>Leave Data                      From Station: Cell 3                      None: <i>select</i>                      Route: <i>select</i>                      Seq: <i>select</i>                      Route Time:                      Transfer Time</p>

La mayor diferencia entre el módulo **Leave** y el Leave Data del módulo **Server** es que en este último no puede conocerse dónde se encuentra actualmente la entidad. Por otra parte, no se ha especificado que las entidades que llegan a Cell 3 (Módulo Enter), deben ser enviadas a Process y luego a Leave. Existen tres maneras de dirigir el curso de las entidades de un módulo a otro: Transfer, Connect y Labels.

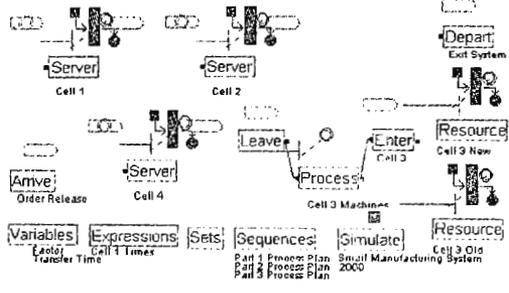
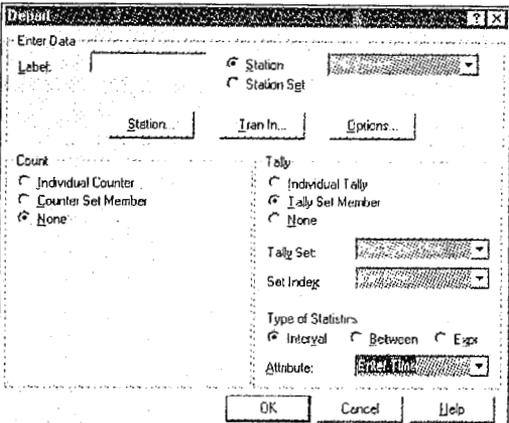
**Transfer:** implica dirigir la entidad que sale a una estación o localidad; en este caso se está dejando en la misma estación, es decir, Cell 3. Lo mejor es usar Connection o Labels.

El método más directo es conectar (Connect) los módulos. Al ver de cerca el módulo Process  se nota que en el extremo izquierdo hay un pequeño cuadro (entrada) y en el extremo derecho, un triángulo pequeño (salida). La conexión comienza en la Salida y termina en la Entrada. Por otra parte, el sentido del flujo de los tres módulos (Enter, Process y Leave) es de derecha a izquierda, pero las entradas y salidas están posicionadas de izquierda a derecha. Para corregir esta situación, se deben seguir los siguientes pasos:

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
18. Direccionar Entrada y Salida.	 <p>antes                      después</p>	70- Arrastrar con el mouse la entrada y la salida, de modo que queden invertidas.
19. Direccionar Entrada y Salida		71- Hacer doble clic en la salida hasta que quede con sentido izquierdo (◀). Puede realizarse, también, a través de Arrange/Vertical Flip. 72- Hacer los arreglos respectivos en los módulos Enter y Leave.
20. Realizar las conexiones		73- Seleccionar Module/Connect También se puede presionar el botón  de Arrange Toolbar. 74- Hacer clic en la salida (◀) y clic en la entrada (■).

Ahora, deben definirse los recursos o máquinas de Cell 3. Los recursos para Cell 1, 2 y 4 fueron definidos por el módulo Server.

Se definirán estos recursos usando el módulo Resource del panel Common.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
21. Agregar dos módulos Resource		75- Introducir los siguientes datos para el primer módulo:  Resource: Cell 3 New  y para el Segundo:  Resource: Cell 3 Old
22. Agregar módulo Depart		76- Agregar los siguientes datos: Enter Data Station: Exit System Tally Tally Set Member: select Tally Set: Part Cycle Times Set Index: Part Index Type of Statistics Interval: Enter Time 77- Grabar o salvar con el nombre: Guía5.doe

Debe recordarse que se definió un Set of Tallies conteniendo tres tipos de partes (Part 1, Part 2 y Part 3). En la sección Tally del módulo Depart, se seleccionó Tally Set Member y se introdujo Tally Set name: *Part Cycle Time*.

**7- EJERCICIOS.**

Realice la Animación del ejercicio descrito en esta guía. Tome como referencia el gráfico: *Distribución de máquinas*, pág. 2 de esta misma guía.

**8 – INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA**

Investigar los parámetros del módulo Process: Seize, Request, Resource, Resource set, Specific Member, Expression, Cyclical, Store Index in Att, Process Time.

**9 – BIBLIOGRAFÍA.**

ARENA, Ayuda en línea.  
 KELTON- SADOWSKI, *Simulation with Arena*, McGraw-Hill, U.S.A., 1998, pág. 149-191.

# Guía de Laboratorio No. 6 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN ARENA®



ALUMNO :	LUGAR: CENTRO DE CÓMPUTO	TIEMPO:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

## 1- OBJETIVOS.

<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno conozca cómo variar y calcular el número de réplicas.
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno conozca la variable WIP (Work In Process).
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno aprenda a graficar Intervalos de Confianza.

## 2 - EQUIPO Y MATERIALES.

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora	1- Guía # 6
2- Software: ARENA® 3.0	2- Lápiz
	3- Guía5.doe y Mod_6_2.doe

## 3 - NORMAS DE SEGURIDAD.

<input checked="" type="checkbox"/>	Revise que sus discos flexibles no tengan virus.
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C:.
<input checked="" type="checkbox"/>	Grabe el ejercicio de esta guía con el nombre: Guía6.doe

## 4 - MARCO TEÓRICO.

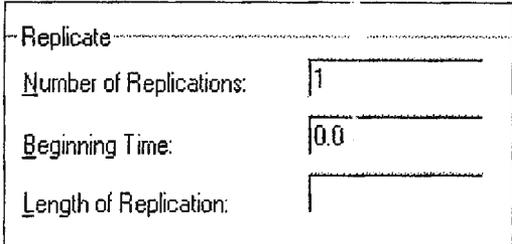
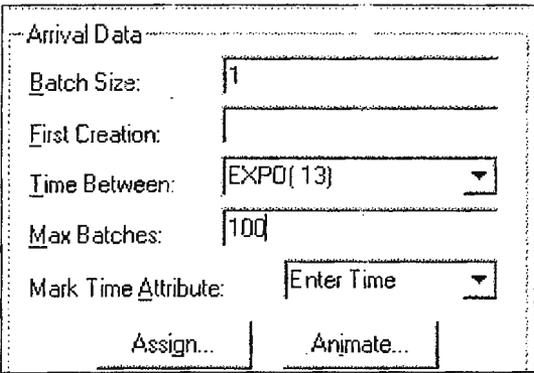
Para desarrollar esta guía se tomará como referencia el ejercicio de la guía #5, al cual se le harán modificaciones con la intención de mostrar mejoras, sobre todo para la obtención de información y análisis de resultados. Se hará uso de algunas herramientas estadísticas, pero sólo a manera de introducción.

Uno de los aspectos que influyen en los resultados es el número de réplicas de la simulación. Azarang-García<sup>1</sup> recomienda que la cantidad de réplicas sea entre

<sup>1</sup> AZARANG-GARCÍA, *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*, McGraw-Hill, México, 1996, pág. 87

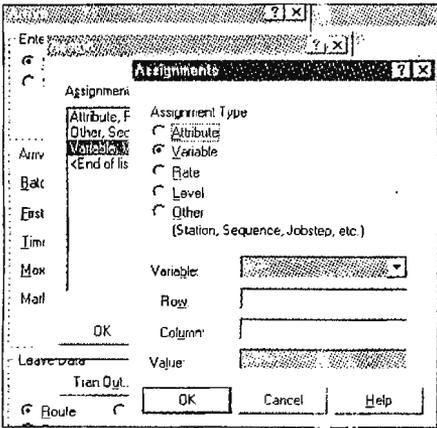
3 y 10, sin embargo, Arena® hace mención que entre más réplicas aumenta el nivel de confianza. Con todo, en esta guía se presenta una forma de estimar el número de repeticiones. Las simulaciones sencillas no necesitan rigurosamente estos cálculos.

**5 – MODIFICAR EL MODELO: “SMALL MANUFACTURING SYSTEM” DE LA GUÍA #5.**

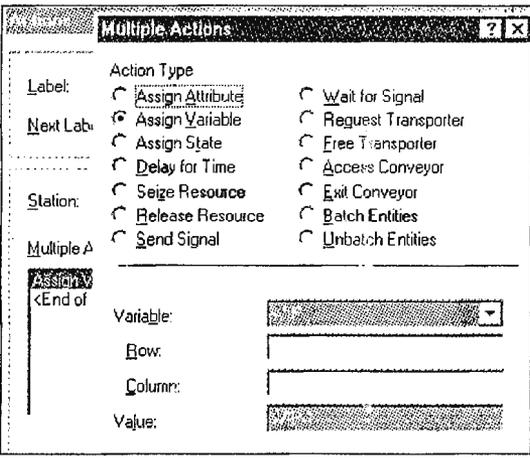
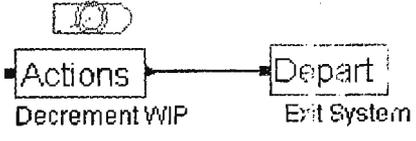
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
1. Abrir Guía5.doe  2. Abrir módulo Simulate		1-Hacer doble clic en Simulate y remover 2000 (minutos) de Length of replication, esto hará que tienda a infinito.
3. Abrir módulo Arrive		2- Digitar 100 en Max Batches (lote máximo), es decir, 100 partes individuales. Al especificar el lote implica que Arrive se cerrará tan pronto como se cree el número especificado de piezas.

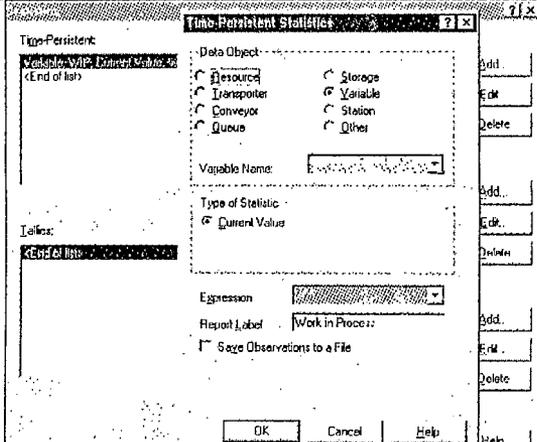
Debe tenerse presente que como sólo existe un módulo Arrive, no se encuentran otras entidades flotando en este modelo. En un ejercicio más complejo este método para detener la simulación puede que no funcione con propiedad si hay otros elementos que desencadenan diferentes eventos.

Para poder rastrear el número total de piezas en el sistema en un tiempo determinado, debe definirse una nueva variable llamada WIP (work in process = Trabajo en Proceso), la cual se incrementará o decrementará según lleguen o salgan piezas.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>4. Incrementar WIP</p>		<p>3- Presionar el botón Assign en el módulo Arrive.                  4- Hacer clic en Add...                  5- Seleccionar <i>Variable</i> en Assignment Type.                  6- Digitar:                      Variable: WIP                      Value: WIP+1                  7- Hacer clic en Ok tres veces.</p>

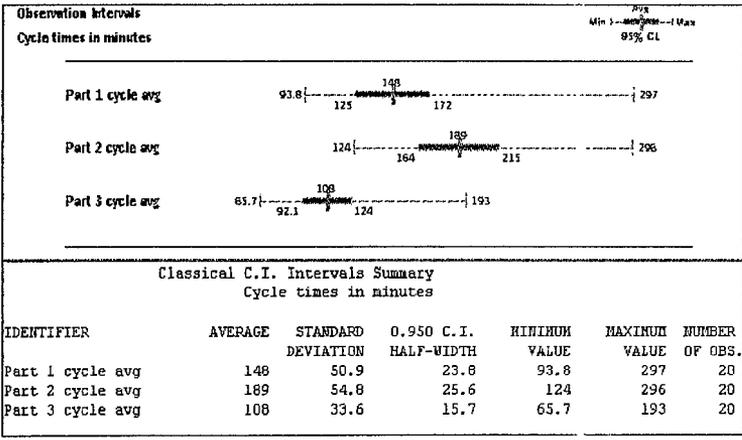
Decrementar WIP no es tan fácil, pues el módulo Depart no ofrece la opción Assign. Por lo tanto, se necesita insertar otro elemento que decremente WIP justo antes de que una entidad salga.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>5. Decrementar WIP</p>		<p>8- Agregar el módulo Actions Justo al lado del módulo Depart.</p>  <p>9- Digitar:                  Station: Decrement WIP                  Multiple Actions                  Assign Variable: select                  Variable: WIP                  Value: WIP-1</p>
<p>6. Cambiar datos en módulo Sequences</p>		<p>10- Cambiar el último paso para cada tipo de pieza en el módulo Sequences. En vez de <i>Exit System</i> se-leccionar <i>Decrement WIP</i>. Todo esto es para que las entidades sean contadas antes de Depart.                  11- Conectar la salida de Actions directamente al módulo Depart.</p>

OPERACIÓN		PROCEDIMIENTO
7. Agregar módulo Statistics		12- Hacer clic en Add... en Time-Persistent. 13- Introducir los datos: Data Object Variable. Select Variable Name: WIP Expression: WIP Report Label: Work in Process 14- Grabar o salvar como: Guía6.doe 15- File/Close

**Intervalos de Confianza para Sistemas Terminados.**

Para ilustrar este apartado se utilizará el ejemplo Mod\_06\_2, el cual posee un número de réplicas igual a 20 en el módulo Simulate.

OPERACIÓN	GRÁFICO	procedimiento																												
8. Abrir ejemplo: Mod_06_2	 <table border="1" data-bbox="145 1332 887 1514"> <caption>Classical C.I. Intervals Summary Cycle times in minutes</caption> <thead> <tr> <th>IDENTIFIER</th> <th>AVERAGE</th> <th>STANDARD DEVIATION</th> <th>0.950 C.I. HALF-WIDTH</th> <th>MINIMUM VALUE</th> <th>MAXIMUM VALUE</th> <th>NUMBER OF OBS.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part 1 cycle avg</td> <td>148</td> <td>50.9</td> <td>23.8</td> <td>93.8</td> <td>297</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Part 2 cycle avg</td> <td>189</td> <td>54.8</td> <td>25.6</td> <td>124</td> <td>296</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Part 3 cycle avg</td> <td>108</td> <td>33.6</td> <td>15.7</td> <td>65.7</td> <td>193</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.	Part 1 cycle avg	148	50.9	23.8	93.8	297	20	Part 2 cycle avg	189	54.8	25.6	124	296	20	Part 3 cycle avg	108	33.6	15.7	65.7	193	20	16- Abrir el ejemplo: Mod_06_2. Para esto se debe seleccionar C:/Arena/Examples 17- Hacer clic en Tools/Output Analyzer. 18- Hacer clic en  (Intervalo de confianza). 19- Introducir datos del cuadro #1 20- Hacer clic en Ok.
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.																								
Part 1 cycle avg	148	50.9	23.8	93.8	297	20																								
Part 2 cycle avg	189	54.8	25.6	124	296	20																								
Part 3 cycle avg	108	33.6	15.7	65.7	193	20																								

La gráfica anterior presenta los resultados en una ventana dividida en dos secciones. La parte de arriba muestra de forma gráfica los valores promedio, los límites de confianza y los valores extremos; en cambio, la ventana inferior brinda información numérica-estadística.

Para el análisis se toman en cuenta los valores promedio (average=avg) y las réplicas(20) que se han hecho de forma agrupada (Lumped).

Data File	Part 1 Cycle avg.dat
Replications	Lumped
Data File	Part 2 Cycle avg.dat
Replications	Lumped
Data File	Part 3 Cycle avg.dat
Replications	Lumped
Title	Cycle times in minutes
Confidence Level	0.95
Scale Display	check

**Cuadro #1**

Los intervalos de confianza (CI), obtenidos en la operación #8, muestran que mientras la Pieza tipo 2 (Part 2) tiende a tener el ciclo más largo, esto no es significativo, pues coincide en parte con la Pieza tipo 1 (Part 1). Sin embargo, parece seguro afirmar que el promedio del Ciclo de Tiempo para la Pieza tipo 3 es menor que el de las otras dos. Con esto se tiene una mejor idea acerca de la variabilidad que existe en la salida y las diferencias reales o aparentes que pueden ser causadas por distintos factores.

En el siguiente gráfico se presenta la longitud promedio de las cuatro colas (Queue) (una por cada célula). El promedio esperado de WIP (work In Process), que incluye tiempo de proceso y tiempo de colas, no es muy preciso debido a que sólo se tomaron 20 réplicas. Es necesario realizar más réplicas para tener un dato mejor.

OPERACIÓN	GRÁFICO	procedimiento																																										
9. Continuación de Intervalos de Confianza	<p>The figure shows 'Observation Intervals' for four cells and WIP. Each cell's average queue length is shown with a 95% confidence interval. Cell 1: Avg 1.8, CI [0.459, 4.51]. Cell 2: Avg 1.79, CI [0.452, 6.34]. Cell 3: Avg 1.3, CI [0.451, 3.39]. Cell 4: Avg 1.57, CI [0.488, 6.46]. WIP: Avg 11.3, CI [6.37, 18.7]. Below is a 'Classical C.I. Intervals Summary' table.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>IDENTIFIER</th> <th>AVERAGE</th> <th>STANDARD DEVIATION</th> <th>0.950 C.I. HALF-WIDTH</th> <th>MINIMUM VALUE</th> <th>MAXIMUM VALUE</th> <th>NUMBER OF OBS.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cell 1 avg Q length</td> <td>1.8</td> <td>1.12</td> <td>0.525</td> <td>0.459</td> <td>4.51</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Cell 2 avg Q length</td> <td>1.79</td> <td>1.42</td> <td>0.666</td> <td>0.452</td> <td>6.34</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Cell 3 avg Q length</td> <td>1.3</td> <td>0.856</td> <td>0.401</td> <td>0.451</td> <td>3.39</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Cell 4 avg Q length</td> <td>1.57</td> <td>1.38</td> <td>0.644</td> <td>0.488</td> <td>6.46</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>avg WIP</td> <td>11.3</td> <td>3.81</td> <td>1.78</td> <td>6.37</td> <td>18.7</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.	Cell 1 avg Q length	1.8	1.12	0.525	0.459	4.51	20	Cell 2 avg Q length	1.79	1.42	0.666	0.452	6.34	20	Cell 3 avg Q length	1.3	0.856	0.401	0.451	3.39	20	Cell 4 avg Q length	1.57	1.38	0.644	0.488	6.46	20	avg WIP	11.3	3.81	1.78	6.37	18.7	20	21-Hacer clic en Tools/Output Analyzer. 22- Hacer clic en  (Intervalo de confianza). 23-Introducir datos del cuadro #2 24- Hacer clic en Ok 25- File/Close
IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.																																						
Cell 1 avg Q length	1.8	1.12	0.525	0.459	4.51	20																																						
Cell 2 avg Q length	1.79	1.42	0.666	0.452	6.34	20																																						
Cell 3 avg Q length	1.3	0.856	0.401	0.451	3.39	20																																						
Cell 4 avg Q length	1.57	1.38	0.644	0.488	6.46	20																																						
avg WIP	11.3	3.81	1.78	6.37	18.7	20																																						

Data File	Cell 1 avg Q length.dat
Replications	Lumped
Data File	Cell 2 avg Q length.dat
Replications	Lumped
Data File	Cell 3 avg Q length.dat
Replications	Lumped
Title	Avg. number of parts
Confidence Level	0.95
Scale Display	check

**Cuadro #2**

Una forma de estimar el número de réplicas (n) puede ser a través de:

a) 
$$n = z_{1-\alpha/2}^2 \frac{s^2}{h^2}$$
 s = desviación estándar  
 h = amplitud media, se asume h=0.5  
 z = 1.96, equivalente al 95%(nivel de confianza).

b) 
$$n = n_o \frac{h_o^2}{h^2}$$
 n<sub>o</sub> = número de réplicas iniciales  
 h<sub>o</sub> = amplitud media obtenida con n<sub>o</sub>

Para a)  $n = 1.96^2 (3.81^2/0.5^2) = \mathbf{223.06}$  (primera aproximación)

Para b)  $n = 20 (1.78^2/0.5^2) = \mathbf{253.47}$  (segunda aproximación)

El nivel de confianza depende de varios factores, incluyendo el número de réplicas (n). El Teorema de límite medio, uno de los principales de estadística afirma que será mucho mejor la confianza si n es "grande". Pero, ¿qué tan grande?, la respuesta depende de qué tan cerca la distribución de los datos se parece a la distribución normal, particularmente en términos de simetría. Esto puede ser cualitativamente verificado haciendo un histograma de datos, por ejemplo si se toman 1000 réplicas en vez de 20.

## 6 – EJERCICIOS.

Una pieza llega cada 10 minutos a un sistema de tres estaciones de trabajo. Hay cuatro tipos de piezas, cada una con igual probabilidad de entrada. El plan de proceso para los cuatro tipos de piezas se presenta a continuación. Las entradas

para los tiempos de proceso son la media y la desviación estándar para una distribución normal (en minutos).

PIEZA	ESTACIÓN DE TRABAJO/ TIEMPO DE PROCESO	ESTACIÓN DE TRABAJO/ TIEMPO DE PROCESO	ESTACIÓN DE TRABAJO/ TIEMPO DE PROCESO
PIEZA 1	A 9.5, 2	C 14.1, 2.8	
PIEZA 2	A 13.5, 2.3	B 15, 3	C 8.5, 2.1
PIEZA 3	A 12, 1.8	B 9.5, 2.1	
PIEZA 4	B 12.6, 1.7	C 11.4, 1.4	

Asuma que el tiempo de traslado entre todas las estaciones es tres minutos. Use el dispositivo **Sequences** para dirigir las piezas a través del sistema y para asignar el tiempo de proceso de cada estación. Use el dispositivo **Sets** para capturar los tiempos de ciclo para cada tipo de pieza por separado. Corra la simulación por 5,000 minutos.

Presente el modelo en un disquete e imprima los resultados.

## 7 – BIBLIOGRAFÍA.

ARENA, Ayuda en línea.

KELTON- SADOWSKI, *Simulation with Arena*, McGraw-Hill, U.S.A., 1998, pág. 149-191

<h2 style="margin: 0;">Guía de Laboratorio No. 7</h2> <h1 style="margin: 0;">TRANSPORTE DE ENTIDADES EN ARENA®</h1>	
---	---

ALUMNO :	LUGAR: CENTRO DE CÓMPUTO	TIEMPO:
CATEDRÁTICO:	INSTRUCTOR :	

### 1- OBJETIVOS.

<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno aprenda a utilizar el dispositivo Storage	
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno conozca y aplique el módulo Distance.	
<input checked="" type="checkbox"/>	- Que el alumno conozca y aplique el módulo Transporter.	

### 2 - EQUIPO Y MATERIALES.

EQUIPO	MATERIALES
1- Computadora	1- Guía # 7
2- Software: ARENA® 3.0	2- Lápiz
	3- Mod_6_2.doe

### 3 - NORMAS DE SEGURIDAD.

<input checked="" type="checkbox"/>	Revise que sus discos flexibles no tengan virus.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabaje en el disco duro, cree una carpeta en el disco C y póngale su nombre.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Grabe el ejercicio de esta guía con el nombre: Guía7.doe	

### 4 - MARCO TEÓRICO.

Esta guía está relacionada con el manejo de materiales y mano de obra, es por eso que a continuación se presentan ciertos tópicos relacionados con ese tema.

Los Sistemas de Manejo de materiales pueden ser de dos tipos:

- a) Basados en el número de dispositivos (camiones, carretillas, montacargas, bandas, etc.) de manejo de materiales.
- b) Basado en el espacio disponible (requerimiento de espacio).

Por otra parte, existen tres tipos de entidades de transporte:

- Resource constrained: recurso forzado.
- Transporters: transporte
- Conveyors: transporte expreso.

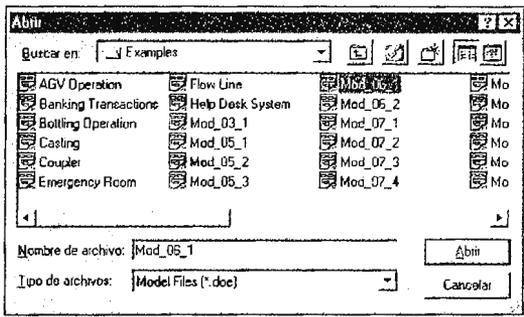
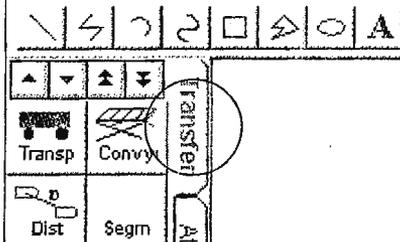
A su vez, los Transporters pueden ser de dos tipos:

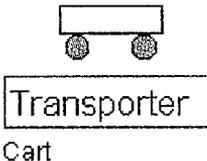
- Free-path: sin demoras o congestionamientos. Dependen de la velocidad y distancia.
- Guided: dirigido en una red. Dependen de velocidad, red y congestionamientos.

Otros aspectos que deben tomarse en cuenta son:

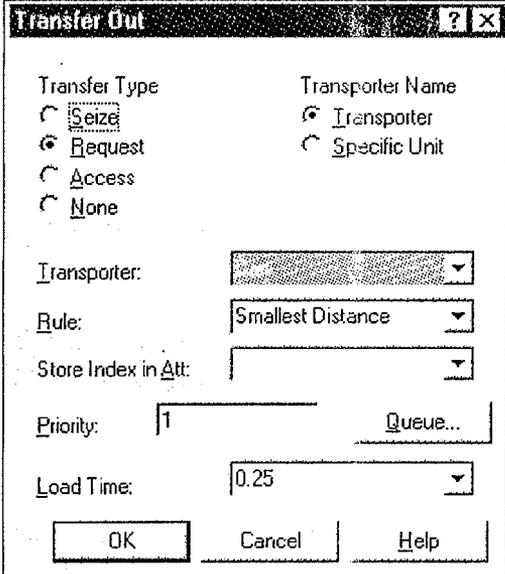
- Algunas reglas como:
  - “Mínima Distancia Recorrida” (Smallest Distance): Esta asigna la unidad de transporte (ej. Carretilla) que está más cerca de la entidad necesitada (ej. Pieza).
- Liberación de un transporte y las múltiples entidades que lo demandan. Arena necesita que se le defina el Ride Point, es decir, el lugar donde las carretillas o transporte depositan la pieza.
- Definir la velocidad, la cual debe ser apropiada a las unidades de tiempo y distancia usadas en el modelo. Para este ejemplo se usa 50 pie/minuto.

## 5 – PROCEDIMIENTO.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
1. Abrir Mod_06_01		1-Hacer clic C:\Arena\ Examples\Mod_06_01 2- Hacer un acercamiento con Zoom in. 3- Grabar la vista con View/Named views...?
2. Abrir eti- queta Transfer		4- Hacer clic derecho sobre etiqueta Attach. 5- Elegir Transfer.tpo

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
3. Agregar Módulo Transporter		6- Agregar los datos: Transporter: Cart Number of unit: 2 Velocity: 50

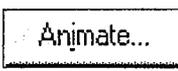
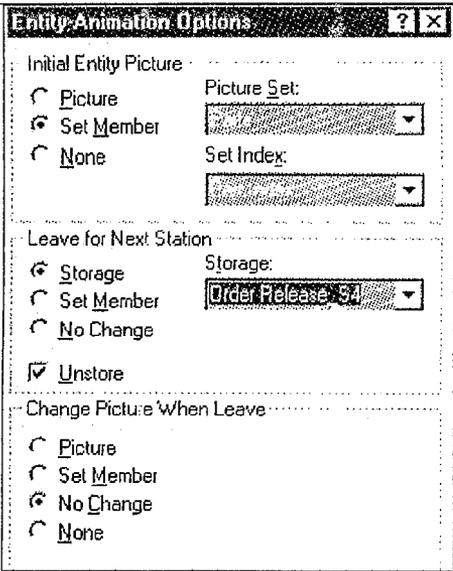
Para hacer el pedido de la carretilla (Cart), se usan las mismas ventanas de diálogo utilizadas para tomar posesión o control de un recurso (seizing a resource), es decir, el diálogo Transfer Out ( *Tran Out...* ) en Arrive, módulos Server y en la ventana principal del módulo Leave.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
4. Agregar datos en los módulos: Arrive, Server y Leave		7- Agregar los siguientes datos a Arrive, módulos Server y Leave: Transfer Type Request: <i>select</i> Transporter: Cart Rule: Smallest Distance Load Time: 0.25

Cuando la entidad completa su proceso en una célula, entra a una cola (queue) para esperar su turno y solicitar una carretilla o transporte. La manera más simple para animar esta actividad es con el dispositivo Storage (almacenamiento) que se encuentra en la ventana de diálogo Animate del módulo Arrive.

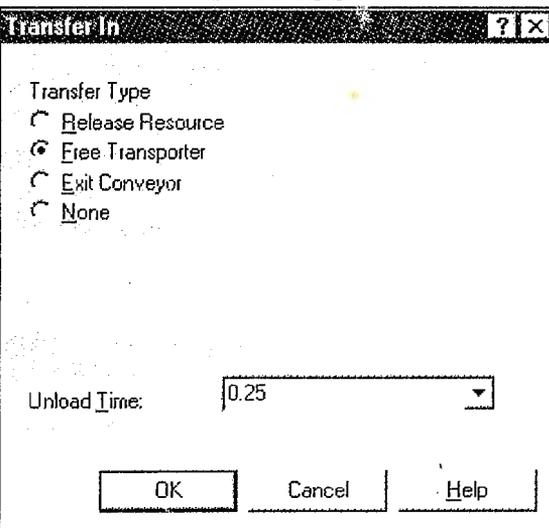
Un storage es un lugar para que la entidad resida mientras espera transporte para moverse a la localidad.

Cada vez que una entidad entra a un storage, una variable interna es incrementada en 1, y cuando sale, esta variable es reducida en 1. Esto permite obtener estadísticas de el número en almacenamiento.

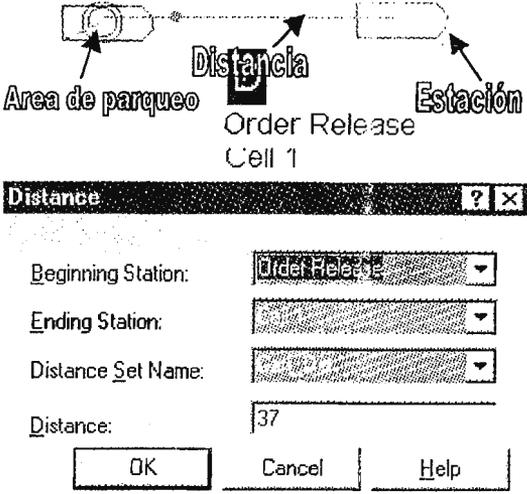
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>5. Abrir módulo Arrive</p> 		<p>8- Hacer clic en <u>Animate...</u></p> <p>9- Introducir en la ventana <i>Entity Animation Options</i> los siguientes datos:</p> <p>Leave for Next Station                  Storage: <i>select</i>                  Unstore: <i>check</i></p>

Al seleccionar Storage automáticamente se provee de un nombre en la casilla Storage. Si no se selecciona Unstore se afectará cualquier estadística basada en este valor el cual continuaría incrementándose sobre el tiempo.

Cuando una pieza llega a la próxima estación necesita liberar la carretilla o transporte para que éste sea usado por otra pieza. Esto es hecho en la ventana de diálogo principal de Enter, y en Transfer In (Tran In...) de los tres módulos Servers y en Depart.

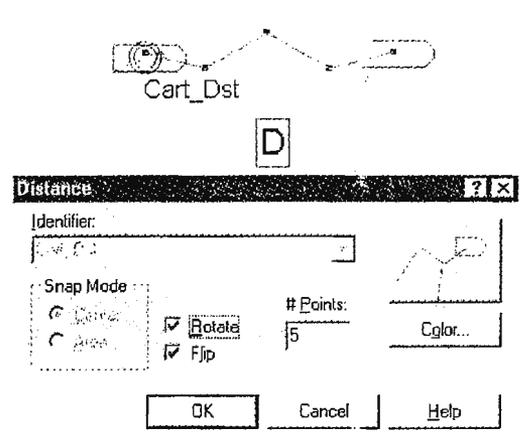
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
<p>6. Abrir módulos.</p>		<p>10- Introducir los siguientes datos en los módulos Enter, Transfer, Servers y Depart:</p> <p>Transfer Type                  Free Transporter: <i>select</i>                  Unload Time: 0.25</p>

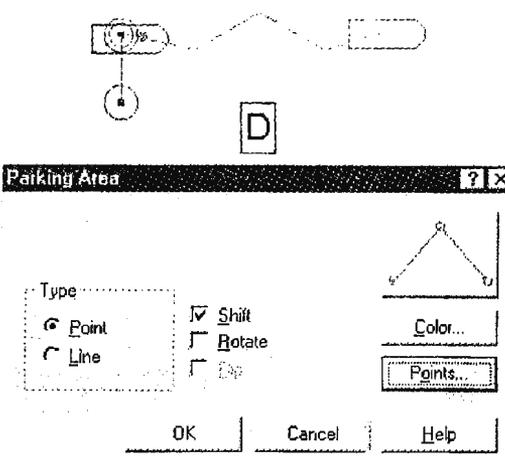
Para introducir las distancias se usa Distance, que se encuentra en el panel Transfer.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
7. Agregar módulo Distance.		11- Agregar el módulo Distance que se encuentra en el panel Transfer.  12- Hacer clic en <b>D</b> e introducir los datos del cuadro # 1.

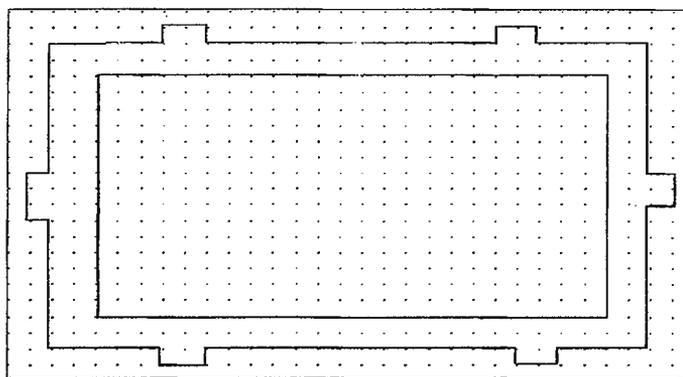
Beginning Station	Order Release
Ending Station	Cell 1
Distance Set Name	Cart_Dst
Distance	37

Cuadro #1

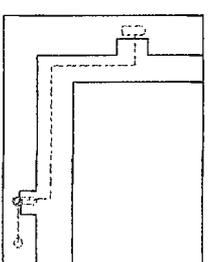
OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
8. Agregar más puntos de pivote a la línea Distance		13- Hacer doble clic sobre la línea Distance y digitar en la ventana de diálogo lo siguiente: Rotate: <i>unchecked</i> (no seleccionar) Flip: <i>unchecked</i> #Points: 5  Esta operación agrega 4 puntos más, haciendo un total de 5.

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
9. Incrementar número de Parking Areas		14. Hacer clic en Parking Area (☺). 15- Hacer clic en el botón Points... 16- Clic en Add. 17- Clic en Ok dos veces. 18- Clic en el centro del nuevo Parking para hacerlo girar hasta la posición mostrada en el gráfico.  Se crea un Parking adicional para poder tener más de una carretilla en la misma localidad y al mismo tiempo.

Antes de continuar creando los demás elementos para construir la animación, debe dibujarse la distribución o Layout donde se ubicarán las entidades, distancias, máquinas, etc. Para esto se utiliza Draw Toolbar(☞,☞) y debe hacerse clic en Grid.



**Cuadro 3. Distribución o Layout**

OPERACIÓN	GRÁFICO	PROCEDIMIENTO
10. Colocar los módulos Distance en el Layout.		19- Colocar un módulo Distance desde Order Release hasta Cell 1. 20- Colocar el segundo módulo desde Orden Release hasta Cell 2. 21- Colocar los demás Distances (cuadro 4).

En general, si se tienen  $n$  localidades, habrá  $n(n-1)$  posibles distancias. En este ejemplo existen 6 localidades y 30 posibles distancias (Distances depende de la dirección del viaje); sin embargo, teniendo presente que habrá algunos movimientos que nunca ocurrirán se llega a la siguiente tabla que representa las distancias.

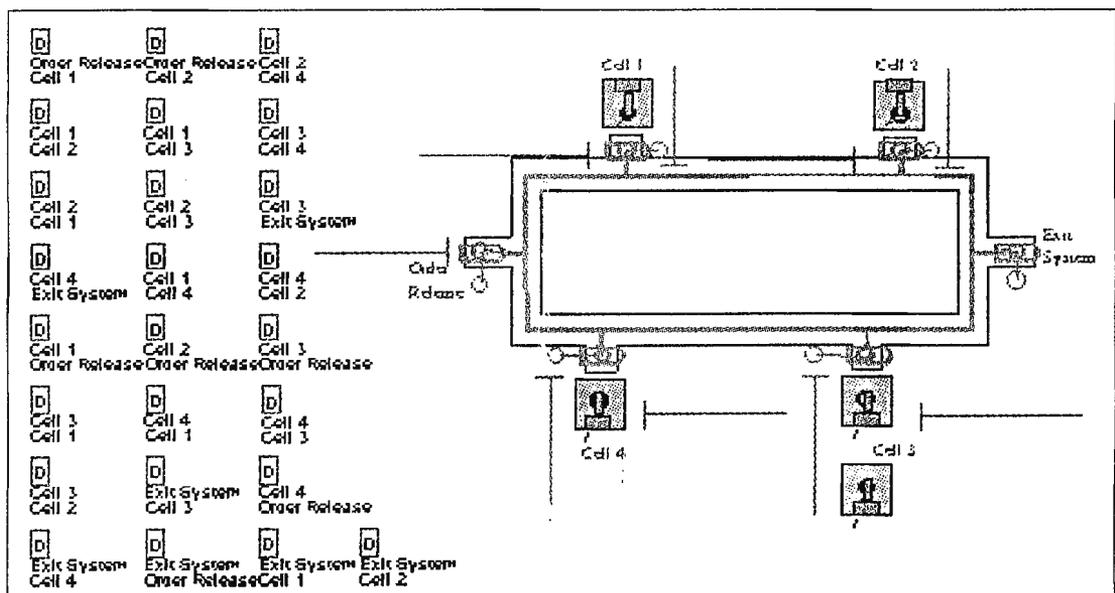
Si se desea únicamente mover el handle (rectángulo azul ) , presionar la tecla Shift y arrastrar el handle hasta la posición deseada.

De \ a	Order Release	Cell 1	Cell 2	Cell 3	Cell 4	Exit System
Order Release		37	74			
Cell 1	155		45	92	129	
Cell 2	118	139		55	147	
Cell 3	71	92	129		45	155
Cell 4	34	55	92	139		118
Exit System	100	121	158	37	74	

**Cuadro #4. Distancias en pies**

Si el número de distancias llega a ser excesivo, es recomendable considerar cambiar a Transportes Guiados, los cuales usan una red en vez de distancias individuales.

Al final, el layout y la distribución de cada handle debe lucir así:



## 6 – EJERCICIOS.

Entregar el ejercicio de esta guía (Guía7.doe) incluyendo la distribución o layout en un disquete

## 7 – BIBLIOGRAFÍA.

📖 KELTON, K. *Simulation with ARENA®*, McGraw-Hill, USA 1998, pág. 197-137.

📖 ALLENDE, E. *Introducción al Software de Simulación ARENA®*. Valparaíso, Chile. Octubre 2000.

📖 ARENA® Software.

## CONCLUSIONES

Teniendo presentes los objetivos que se formularon al inicio de este Trabajo de graduación se puede finalizar afirmando que se cumplió a cabalidad con todo lo que se había propuesto:

- Se investigaron las tendencias actuales que existen en Simulación, de forma que, a la luz de la información recopilada, se estructuró el nuevo contenido temático.
- A partir de los nuevos contenidos se realizó la nueva calendarización de los mismos, fueron diseñadas las cartas didácticas o planes de clase que ayudarán al catedrático a cumplir de forma más efectiva con los objetivos de la materia.
- Cuando se efectuó el análisis de la realidad se determinó el problema principal, del cual se extrajo la necesidad impetuosa de reubicar Simulación Industrial en una nueva posición dentro del pensum, para poder así, satisfacer los objetivos de la misma.
- A través de un análisis exhaustivo se determinó que el software más idóneo, es decir, que se adecuaba a los objetivos de la materia era Arena. Por lo tanto se realizó un estudio detallado acerca del mismo, obteniendo como fruto las Guías de Laboratorio. De esta forma, prácticamente quedó resuelto el problema de los laboratorios, teniendo presente que esta asignatura es netamente práctica. En la elaboración de las guías se tuvo presente el aspecto didáctico, en cuanto que fueron estructuradas de manera que se facilitara su comprensión y desarrollo; para esto se utilizaron muchos gráficos con el fin de orientar mejor al usuario.

- Uno de los aportes más importantes es el Manual de referencia, el cual se diseñó en formato HTML. El Manual es una guía interactiva que conduce al usuario hacia una investigación profunda respecto a Simulación, teniendo la oportunidad de abrirse a Internet, aunque también posee bastante información recopilada en un banco de datos.

## RECOMENDACIONES

- La implementación de los contenidos de Simulación Industrial, así como del software propuesto y sus guías es necesario que se haga a la mayor brevedad posible.
- La constante revisión, análisis y cumplimiento de los planes y programas de estudios de parte de la Dirección de Escuela de Ingeniería Industrial, será el camino para el logro de los objetivos de la carrera.
- El software utilizado en los laboratorios prácticos de Simulación Industrial, deberá actualizarse como mínimo cada año. Dichas actualizaciones son gratuitas y se obtienen del sitio web de Arena a través del Internet.
- De acuerdo a las diferentes actualizaciones que tenga el software de simulación, se deberán actualizar las guías de laboratorio, con el fin de incorporar y aprovechar las nuevas funciones que éste trae consigo.
- El Manual de Referencia de Simulación Industrial será de carácter dinámico, por lo que se recomienda hacer los cambios que fueren necesarios con el fin de brindar información y referencias acordes a los avances tecnológicos de la actualidad.
- El docente cuenta con una gran fuente de información a través de los vínculos con sitios de interés, encontrados en el Manual de Referencia de Simulación Industrial, donde deberá aprovechar este recurso para la programación de tareas exaulas de carácter investigativo.

- Es imprescindible que se motive la participación investigativa en los estudiantes, de tal manera que se conviertan en agentes de información hacia la universidad.
- Es importante que la Dirección de Escuela de Ingeniería Industrial incluya como parte del desarrollo técnico de la materia de Simulación Industrial la constante búsqueda de capacitación, ya sea en el extranjero o en línea (a través de Internet) tanto para docentes como para instructores.
- Se debe fomentar el acercamiento de proyectos de simulación industrial con la empresa privada en El Salvador para contribuir con el desarrollo de este sector.
- Es necesario que la Escuela de Ingeniería Industrial revise el pensum de la carrera tomando en cuenta las recomendaciones que se dan en este trabajo de graduación.