



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
COORDINACIÓN
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

| CARRERA | PLAN DE ESTUDIO | CLAVE ASIGNATURA | NOMBRE DE LA ASIGNATURA |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| ING. INDUSTRIAL | 97-2 | 4139 | CASOS DE SIMULACIÓN |

| PRÁCTICA No. | LABORATORIO DE | CASOS DE SIMULACIÓN | DURACIÓN (HORAS) |
|--------------|-----------------------|--|------------------|
| 5 | NOMBRE DE LA PRÁCTICA | ANÁLISIS DE RESULTADOS EN EL REPORTE DE SALIDA | 2 |

1 INTRODUCCIÓN

El análisis de resultados de salida de un simulador es una tarea que el analista debe realizar con mucho cuidado. El sólo hecho de estudiar un modelo probabilístico hace que los resultados del estudio tengan un nivel de incertidumbre que aumenta de manera directa con la complejidad del sistema. El análisis de resultados de salida, conjuga dos actividades: 1) el análisis de resultados del reporte de salida del simulador y 2) El manejo estadístico de los resultados por el analista.

2 OBJETIVO (COMPETENCIA)

Manipular el reporte de salida del simulador ProModel para entender los resultados que nos da la corrida de un modelo de simulación y aplicarlos en el análisis del problema.

3 FUNDAMENTO

En muchos estudios de simulación, una gran cantidad de tiempo y dinero se gasta en el desarrollo y la programación, pero no se hace el mismo esfuerzo para analizar los datos de salida de la simulación.

Una razón de la deficiencia histórica del análisis de datos de salida es que los datos de salida de la simulación son raramente independientes.

Otro impedimento para tener estimaciones precisas de los parámetros verdaderos de un modelo, es el costo computacional asociado con coleccionar la cantidad necesaria de datos de salida de la simulación. Así, hay situaciones en las que el procedimiento estadístico está disponible pero la cantidad de datos demandados por el procedimiento es prohibitivo.

| | | | |
|---|---|--|--|
| Formuló M.C. Juan Ceballos Corral | Revisó Ing. Sandra Edith Manríquez Castro | Aprobó Ing. Andrés León Kwan | Autorizó M.C. Miguel Angel Martínez Romero |
| Maestro | Coordinador de la carrera | Gestión de la calidad | Director de la facultad |



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
COORDINACIÓN
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

4 PROCEDIMIENTO (DESCRIPCIÓN)

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| A EQUIPO NECESARIO | SOFTWARE DE APOYO |
| 1. Computadora | 1. ProModel |
| 2. Calculadora | |

B DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

I. Resolver el problema del anexo.

Iniciamos con un empleado y resolviendo el inciso a.

```

ProModel - probl.MOD
File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help
View Text (probl.MOD)
*****
***** Locations *****
*****
Name          Cap      Units  Stats          Rules          Cost
-----
acceso         1         1      Time Series  Oldest,
llamada_en_espera  INFINITE 1      Time Series  Oldest, FIFO,
telefonista    1         1      Time Series  Oldest,
*****
***** Entities *****
*****
Name      Speed <fpm>  Stats          Cost
-----
llamada   150          Time Series
*****
***** Processing *****
*****
Entity  Location          Operation          Blk  Output  Destination  Rule  Move Lc
-----
llamada acceso         wait 0
llamada llamada_en_espera wait 0
llamada telefonista  WAIT T<2, 5, 10>
                               1  llamada  telefonista  FIRST 1
                               1  llamada  EXIT        FIRST 1
*****
***** Arrivals *****
*****
Entity  Location Qty each  First Time Occurrences Frequency  Logic
-----
llamada acceso  1          inf          e<6>
    
```

II. Modelar la simulación con un tiempo de 200 horas.

Simulation Options

Output Path:

Define run length by:
 Time Only Weekly Time Calendar Date
 Warmup Period

Warm up hours:

Run hours:

Output Reporting
 Standard Batch Mean Periodic

Interval Length:

Number of Replications:

Clock Precision

 Second
 Minute
 Hour
 Day

Disable Time Series
 Disable Animation
 Disable Cost
 Pause at Start
 Display Notes

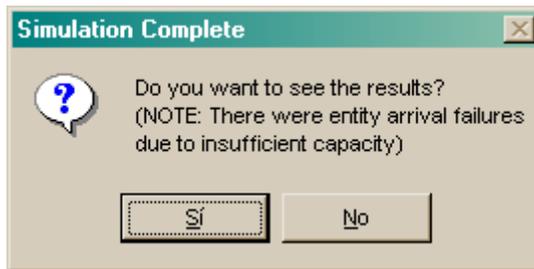


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
COORDINACIÓN
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

III. Correr el programa.



IV. Accesar el reporte de salida.



V. Observar el reporte de las locaciones y obtener el tiempo promedio que pasa una entidad en la locación llamada en espera.

ProModel Output - [General Report]

| Location Name | Scheduled Hours | Capacity | Total Entries | Average Minutes Per Entry | Average Contents | Maximum Contents | Curren Content |
|-------------------|-----------------|----------|---------------|---------------------------|------------------|------------------|----------------|
| acceso | 200 | 1 | 2044 | 0.000000 | 0 | 1 | |
| llamada en espera | 200 | 999999 | 2044 | 49.193476 | 8.37929 | 35 | 1 |
| telefonista | 200 | 1 | 2026 | 5.655690 | 0.954869 | 1 | |



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
COORDINACIÓN
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

VI. Como no se cumple con la condición, agregamos un empleado (telefonista) mas.

The screenshot shows the ProModel software interface. At the top, there is a menu bar with options: File, Edit, View, Build, Simulation, Output, Tools, Window, Help. Below the menu is a 'Locations' table:

| Icon | Name | Cap. | Units | DTs... | Stats... | Rules... | Notes... |
|------|---------------|------|-------|--------|----------------------------|----------|----------|
| | telefonista | 1 | 2 | None | Time Series: Oldest, First | | |
| | telefonista.1 | 1 | 1 | None | Time Series: Oldest | | |
| | telefonista.2 | 1 | 1 | None | Time Series: Oldest | | |

Below the table is a 'Graphics' panel with a 'New' checkbox and a grid of icons. To the right is a 'Layout' window showing a graphical representation of the simulation environment with icons for 'acceso', 'llamada en espera', and 'telefonista'.

VII. Corremos el programa y nos vamos al reporte de salida de ProModel.

The screenshot shows the 'ProModel Output - [General Report]' window. It contains a table with the following data:

| Location Name | Scheduled Hours | Capacity | Total Entries | Average Minutes Per Entry | Average Contents | Maximum Contents | Current Content |
|-------------------|-----------------|----------|---------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| acceso | 200 | 1 | 1960 | 0.000000 | 0 | 1 | |
| llamada en espera | 200 | 999999 | 1960 | 1.131784 | 0.184858 | 5 | |
| telefonista.1 | 200 | 1 | 1165 | 5.698525 | 0.553232 | 1 | |
| telefonista.2 | 200 | 1 | 795 | 5.690538 | 0.376998 | 1 | |
| telefonista | 400 | 2 | 1960 | 5.695286 | 0.465115 | 2 | |

A red arrow points from the 'llamada en espera' row to the 'Total Entries' column, highlighting the value 1960.

VIII. Observamos que no se cumple la condición, por lo que nos regresamos a los pasos V y VI hasta alcanzar la meta.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
COORDINACIÓN
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

C CÁLCULOS Y REPORTE.

I. En la siguiente tabla coloque los resultados.

| Número de empleados | Tiempo promedio de espera de la llamada | Número máximo de llamadas en espera |
|---------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

II. Responda a las preguntas de los incisos a y b.

III. ¿Porqué corrimos el programa con un tiempo de 200 horas? ¿Podemos cambiar éste tiempo? Justifique su respuesta.

IV. Si queremos determinar el tiempo promedio que dura la llamada en el sistema, ¿En qué parte del reporte existe ésta información?

V. ¿Podemos obtener del reporte el número promedio de llamadas en el sistema? Explique cómo hacerlo independientemente de la respuesta que se de.

5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

A DESARROLLAR POR EL GRUPO DE TRABAJO.

6 ANEXOS

En un centro de llamadas de una compañía de telefonía celular, existen empleados que se dedican a la atención de clientes. En promedio, los clientes se conectan a una tasa de 10 llamadas por hora. El tiempo entre llamadas sigue una distribución exponencial. Responder a cada llamada toma un tiempo que sigue una distribución triangular con un mínimo de 2, una moda de 5 y un máximo de 10 minutos. Si la compañía tiene una política de:

- a) El tiempo promedio de respuesta a la llamada de un cliente no debe ser de mas de un minuto. ¿Cuántos empleados deben ser contratados por la compañía?
- b) El máximo número de llamadas en espera no debe ser de mas de 5. ¿Cuántos empleados deben ser contratados por la compañía?



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA (UNIDAD MEXICALI)
COORDINACIÓN
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**