



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
México

Chávez López, Ma. Elena; Espinosa Guzmán, Alejandra  
Minimizar el Tiempo de Reinscripción Mediante un Sistema de Simulación de un Modelo de Líneas de  
Espera  
Conciencia Tecnológica, núm. 25, 2004  
Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94402507>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Minimizar el Tiempo de Reinscripción Mediante un Sistema de Simulación de un Modelo de Líneas de Espera

(Investigación Técnica)

M.C. Ma. Elena Chávez López, M.C. Alejandra Espinosa Guzmán  
Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Aguascalientes,  
Av. López Mateos 1801 Ote. Fracc. Ojocaliente FOVISSSTE, Aguascalientes, Ags. C.P. 20256 Tel: 01 (449)  
9105002, Fax: 01 (449) 9700423

## RESUMEN

Este proyecto de investigación descriptiva se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Aguascalientes, en el Proceso de Reinscripciones que se realizan cada semestre. Cuando el alumno llega al lugar donde se efectúan las inscripciones, tiene que hacer una fila y esperar su turno que generalmente es por tiempo prolongado donde la mayoría de las veces se presenta un cuello de botella, generándose desorden y ruido. El objetivo de este proyecto es diseñar y evaluar un modelo de líneas de espera en el proceso de reinscripción que permita disminuir el tiempo de espera en las reinscripciones. Este artículo presenta la comparación de un modelo de línea de espera del método actual con el propuesto, el actual después de haber codificado y procesados los datos de entrada de ambos métodos, mediante una técnica de simulación en GPSS (Sistema de Simulación de Propósito General). El simulador describe el comportamiento del sistema de manera general, en el que muestra el tiempo total de simulación, el análisis de resultados en la cola y la estimación de variables dependientes como son: el tiempo promedio en la fila y el promedio de alumnos esperando en la fila entre otros, también describe los resultados en el servicio.

**Palabras clave:** reinscripción, modelo, líneas de espera, simulación en GPSS.

## INTRODUCCIÓN

En el Instituto Tecnológico de Aguascalientes, se realiza el programa de inscripción y reinscripción a los alumnos de nuevo ingreso y escolarizados respectivamente cada semestre. En los inicios del Instituto Tecnológico las inscripciones se efectuaban manualmente. En la actualidad el proceso de reinscripción se lleva a cabo mediante un software (SIE) Sistema Integral Educativo, el cual está diseñado para obtener la información reticular requerida por cada alumno inscrito, así como del personal docente correspondiente. Cuando se requiera consultar y verificar algún dato específico con respecto a la

situación de alumnos y maestros se puede solicitar la información en el momento deseado.

El Departamento de Servicios Escolares, genera un listado por carrera, en el cual se encuentra la relación de los alumnos con promedio de mayor a menor y el periodo que le comprende. Este listado, se hace llegar a la División de Estudios Profesionales, el cual es utilizado por los coordinadores de las diversas carreras para llevar a cabo las reinscripciones, quienes establecen los probables paquetes o cargas académicas que puede tomar cada alumno, así como indicar el día y la hora en que deberá reinscribirse, actualmente se efectúan en el Centro de Cómputo del Instituto. El alumno se inscribe personalmente, teniendo la oportunidad de elegir su propio horario mediante un menú de asignaturas que le proporciona el SIE, en el cual selecciona las materias tomando en cuenta el semestre que cursará y los créditos que puede tomar de acuerdo al reglamento ya establecido.

El acceso de entrada de alumnos será cubriendo el total de las computadoras que se encuentran dispuestas para ello, mientras que los demás alumnos esperan el tiempo necesario para poder ser atendidos, soportando las intolerancias del tiempo como son: lluvia, sol, viento, entre otros, y además permaneciendo de pie por lo que se provoca desorden y ruido. Se programan aproximadamente 87 alumnos por hora, y se cuenta con 40 computadoras, se observa que cuando están en servicio todas ellas el sistema tiende a hacerse lento debido a la gran cantidad de datos que se procesan al mismo tiempo, provocando que el sistema falle debido a que se encuentran instaladas en red, por lo que se prefiere utilizar únicamente las que soportan el servidor que es aproximadamente entre 30 y 35 computadoras para ofrecer el servicio.

Cuando el alumno no puede hacer el acomodo de las materias que le corresponden según su horario, debido a cierre de grupos o algún otro problema, este acude con su coordinador por lo que tiene que hacer una fila y esperar un tiempo el cual generalmente es prolongado, para que le autorice el acomodo de su horario, y así poder reinscribirse.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Una cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o de sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar el comportamiento de estado estable, como la longitud promedio de la línea y el tiempo de espera promedio para un sistema dado.

El problema es determinar que capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que el alumno no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán. También el tiempo de servicio no tiene un horario fijo.

Un sistema de líneas de espera puede dividirse en sus dos componentes de mayor importancia, la cola y la instalación de servicio (figura 1.1). Las *llegadas* son las unidades que entran en el sistema para recibir el servicio. Siempre se unen primero a la cola; si no hay línea de espera se dice que la cola esta vacía. De la cola, las llegadas van a la instalación de servicio de acuerdo con la *disciplina*, es decir, de acuerdo con la regla para decidir cuál de las llegadas se sirve después. El primero en llegar, primero en ser servido es una regla común, pero podría servir con prioridades o siguiendo alguna otra regla. Una vez que se completa el servicio, las llegadas se convierten en *salidas*.

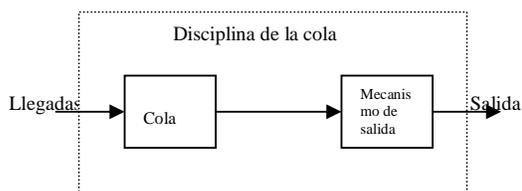


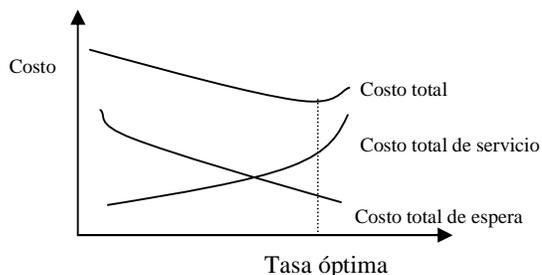
Figura 1.1 Sistema de colas

Hay que tomar en cuenta que para tasas bajas de servicio, se experimenta largas colas. Conforme aumenta el servicio disminuyen los costos de espera, pero aumenta el costo de servicio y el costo total disminuye, sin embargo, finalmente se llega a un punto de disminución en el rendimiento (Gráfica 1.1). Entonces el propósito es encontrar el balance adecuado para que el costo total sea el mínimo.

### Simulación

La simulación de eventos discretos por computadora digital comenzó hace unos treinta años,

y como método de análisis, ha servido para estudiar una infinidad de problemas.



Gráfica 1.1 Curvas de costos mínimo

Una gran parte de estos problemas son los que se estudian por la llamada teoría de las colas o de las filas. Una revisión de los problemas a los cuales se ha aplicado la simulación indica que el éxito que se tenga al aplicarla como técnica de investigación depende, hasta cierto punto, de que el usuario conozca a fondo los conceptos de la simulación y la elaboración de modelos, las opciones que le ofrecen los lenguajes de programación y las técnicas estadísticas necesarias para lograr el comportamiento deseado de los datos de entrada y analizar el comportamiento de los resultados o datos de salida.

### GPSS (Sistema de Simulación de Propósito General)

Existen actualmente en el mercado una gran cantidad de paquetes de simulación. Sin embargo, el paquete GPSS es sin duda uno de los más conocidos y usados en empresas e instituciones educativas.

La característica principal del paquete GPSS es utilizar bloques (símbolos) para representar las actividades que ocurren en la simulación de un sistema. Estos bloques se unen con líneas para indicar la secuencia en la cual se deben de realizar las actividades. Cuando varias actividades se pueden realizar al momento de terminar otra actividad, entonces, del bloque que representa a esta última actividad, saldrán tantas líneas como actividades se puedan realizar.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Una vez que se han analizado las características del sistema actual, el modelo presenta que la cantidad de alumnos que llegan al sistema por unidad de tiempo siguen una distribución poisson (llegadas aleatorias). La fuente que alimenta al sistema es de tamaño infinito; el estado presenta estado estable; la

disciplina del servicio es primeras entradas primeras salidas; los alumnos que llegan al sistema se unen a una cola, los alumnos que están en la cola permanecen en ella hasta que son servidos; los alumnos llegan en forma individual y la salida del sistema son en forma individual.

Además también las características del modelo de líneas de espera que se presentan en las inscripciones consta de un sistema de cuatro etapas o etapas múltiples, en la que la primera etapa se refiere a las llegadas, la segunda está constituida de una cola y 3 servidores en donde la salida de la segunda etapa es la entrada de la tercera, donde en esta etapa se encuentran instaladas 40 servidores, y la salida de la tercera etapa es la entrada de la cuarta etapa donde se localizan 2 servidores para prestar el servicio como se muestra en la figura 1.2. Debido a las características propias del modelo actual, resulta complejo el comportamiento del sistema, es por ello que el análisis del sistema se llevará a cabo a través de una técnica de simulación.

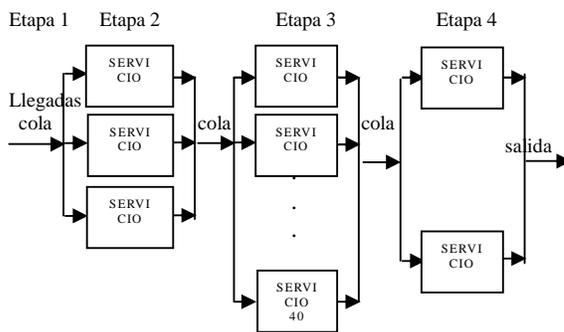


Figura 1.2 Modelo actual de líneas de espera

Puesto que se pretende tomar una muestra aleatoria en donde todos los alumnos que se van a reinscribir tienen la misma oportunidad de ser seleccionados durante el transcurso de las reinscripciones, la muestra seleccionada es representativa al total de la población. Además se pretende hacer estimaciones de variables haciendo uso de un instrumento de medición (cronómetro), por tal motivo el tipo de muestra es probabilística.

El tamaño de muestra mínimo para una confianza de 95% permitiendo un error de 88.9 segundos, la cual corresponde a la desviación estándar mayor del muestreo, donde se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = (Z_{\alpha/2} \sigma / E)^2$$

donde:

$Z = 1.96$

$Z =$  Nivel de confianza

$\sigma = 888.96$

$\sigma =$  Desviación Estándar

$E = 88.9$

$E =$  Error tolerable

$$n = [(1.96) (888.96) / 88.9]^2 = 384$$

Una vez que se determinó el tamaño de la muestra, se asigna el porcentaje por cada carrera en donde la población total de alumnos del 2° al 9° semestre es  $N = 2424$  y el tamaño de muestra es:  $n = 384$  alumnos como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Población y tamaño de la muestra

NO. CARRERA	CARRERA	TOTAL POBLACIÓN	TOTAL MUESTRA
1	ING. QUÍMICA	147	23
2	ING. ELECTRICA	107	17
3	ING. ELECTRÓNICA	417	66
4	LIC. EN INFORMÁTICA	344	55
5	ING. MECÁNICA	279	44
6	ING. INDUSTRIAL	625	99
7	ADMN. DE EMPRESAS	505	80

$N = 2424$      $n = 384$

### Procedimiento de selección de la muestra

Dando inicio al estudio de campo (muestreo), éste se llevó a cabo en el Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Aguascalientes, que también se adaptó a las condiciones que se presentaron en el proceso de las reinscripciones, obteniendo los datos y la información requerida para llevar a cabo la investigación.

Para que el estudio de la investigación fuera accesible, se contó con la participación de cinco personas (codificadores) las cuales ayudaron a codificar los datos en una hoja de registro la cual fue diseñada específicamente para este muestreo, haciendo uso del instrumento de medición (cronómetros) antes mencionado. A cada codificador se le asignó en una estación de trabajo (lugar en el que el alumno recibe un servicio), el cual se obtuvieron los datos requeridos para su estudio.

### Técnica utilizada

- El sistema de inscripciones se dividió en 4 etapas o estaciones que son las siguientes: etapa 1; tiempo entre llegadas, etapa 2; tiempo de finanzas, etapa 3; tiempo de reinscripción, y etapa 4; tiempo de impresión de horarios.
- Se identificaron las etapas.
- Se asignó a un codificador en cada etapa.

- d) Se registrar el tiempo de llegadas de los alumnos.
- e) Se procede a seleccionar a los alumnos aleatoriamente, pegando una etiqueta de control a cada uno de ellos para identificarlos.
- f) Cada codificador puso en marcha su cronómetro de manera simultanea, de tal manera que todos los cronómetros indicaran el mismo tiempo de arranque. Una vez que el codificador se encuentra en el lugar de trabajo que se le asignó, se procede a registrar el tiempo que tardó cada uno en recibir el servicio en cada etapa, identificándolos con la etiqueta de control asignada.

### Desarrollo experimental

El procedimiento de estudio de este proyecto se llevó a cabo tomando como muestra piloto a la carrera de Ing. Industrial, debido a que es la carrera con mayor demanda y por lo tanto es más representativo, el tiempo está dado en segundos.

El análisis estadístico involucrado en este método para obtener la frecuencia en las diferentes etapas fueron aplicados mediante el *software* estadístico STATGRAPHICS, y el *software* EXCEL.

### Distribución de frecuencia tiempo entre llegadas

Tabla 1.1 Frecuencia tiempo entre llegadas

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frec.acum relativa
at or below	0.0			0	0.000	0	0.000
1	0.0	10.0	5.0	76	0.613	76	0.613
2	10.0	20.0	15.0	16	0.129	92	0.742
3	20.0	30.0	25.0	8	0.065	100	0.806
4	30.0	40.0	35.0	3	0.024	103	0.831
5	40.0	50.0	45.0	3	0.024	106	0.855
6	50.0	60.0	55.0	4	0.032	110	0.887
7	60.0	70.0	65.0	4	0.032	114	0.919
8	80.0	90.0	85.0	1	0.008	115	0.927
9	90.0	100.0	95.0	1	0.008	116	0.935
10	100.0	110.0	105.0	1	0.008	117	0.944
11	130.0	140.0	135.0	1	0.008	118	0.952
12	260.0	270.0	265.0	1	0.008	119	0.960
13	310.0	320.0	315.0	1	0.008	120	0.968
14	340.0	350.0	345.0	1	0.008	121	0.976
15	360.0	370.0	365.0	1	0.008	122	0.984
16	440.0	450.0	445.0	1	0.008	123	0.992
17	1630.0	1640.0	1635.0	1	0.008	124	1.000
above	1640.0			0	0.000	124	1.000

Promedio = 50.0806 seg. Desviación Estándar = 172.763 seg.

La tabla 1.1 muestra el número de clase, la frecuencia de tiempo entre llegadas dividiendo el rango en intervalos iguales. Las frecuencias muestran el número de veces que se repite el tiempo entre llegadas en cada intervalo, como se puede observar la frecuencia que más se repite es de 76 llegadas en un

tiempo de 10 segundos. El tamaño de muestra que se analizó es, n = 124 llegadas de alumno de la carrera de Ing. Industrial.

En las tablas 1.2, 1.3 y 1.4 el tamaño de muestra que se analizó es de N = 625, y n = 99 alumnos según se indica en la tabla 1.1, antes vista y que se refiere a la carrera de Ingeniería Industrial.

### Distribución de frecuencia tiempo de finanzas

Tabla 1.2 Frecuencia tiempo de finanzas

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frec.acum relativa
at or below		10.0		0	0.0000	0	0.0000
1	10.0	20.0	15.0	26	0.2626	26	0.2626
2	20.0	30.0	25.0	23	0.2323	49	0.4949
3	30.0	40.0	35.0	20	0.2020	69	0.6970
4	40.0	50.0	45.0	15	0.1515	84	0.8485
5	50.0	60.0	55.0	6	0.0606	90	0.9091
6	60.0	70.0	65.0	5	0.0505	95	0.9596
7	70.0	80.0	75.0	1	0.0101	96	0.9697
8	80.0	90.0	85.0	1	0.0101	97	0.9798
9	90.0	100.0	95.0	2	0.0202	99	1.0000
above	100.0			0	0.0000	99	1.0000

Promedio = 35.0303 seg. Desviación Estándar = 18.5189 seg.

En la tabla 1.2 el tiempo más frecuente que tardan los alumnos en recibir el servicio de finanzas se encuentra entre los rangos de 10 a 50 segundos y corresponde a la segunda etapa.

### Distribución de frecuencia tiempo de reinscripción

Tabla 1.3 Frecuencia tiempo de reinscripción

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frec.acum relativa
at or below		130.0		0	0.0000	0	0.0000
1	130.0	310.0	220.0	4	0.0404	4	0.0404
2	310.0	490.0	400.0	10	0.1010	14	0.1414
3	490.0	670.0	580.0	16	0.1616	30	0.3030
4	670.0	850.0	760.0	13	0.1313	43	0.4343
5	850.0	1030.0	940.0	13	0.1313	56	0.5657
6	1030.0	1210.0	1120.0	7	0.0707	63	0.6364
7	1210.0	1390.0	1300.0	4	0.0404	67	0.6768
8	1390.0	1570.0	1480.0	6	0.0606	73	0.7374
9	1570.0	1750.0	1660.0	1	0.0101	74	0.7475
10	1750.0	1930.0	1840.0	2	0.0202	76	0.7677
11	1930.0	2110.0	2020.0	4	0.0404	80	0.8081
12	2110.0	2290.0	2200.0	4	0.0404	84	0.8485
13	2290.0	2470.0	2380.0	5	0.0505	89	0.8990
14	2470.0	2650.0	2560.0	0	0.0000	89	0.8990
15	2650.0	2830.0	2740.0	0	0.0000	89	0.8990
16	2830.0	3010.0	2920.0	1	0.0101	90	0.9091
17	3010.0	3190.0	3100.0	3	0.0303	93	0.9394
18	3190.0	3370.0	3280.0	4	0.0404	97	0.9798
19	3370.0	3550.0	3460.0	1	0.0101	98	0.9899
20	3550.0	3730.0	3640.0	0	0.0000	98	0.9899
21	3730.0	3910.0	3820.0	1	0.0101	99	1.0000
above	3910.0			0	0.0000	99	1.0000

Promedio = 1261.39 seg. Desviación Estándar = 888.964 seg.

La tabla 1.3 representa el tiempo que tardaron los alumnos en realizar su reinscripción. El tiempo menor registrado está entre el punto medio de 220 segundos, la frecuencia que más se repite es

encuentra entre los rangos de 310 a 1030 segundos, el alumno que más tiempo tardó en recibir este servicio está en el punto medio de 3820 segundos. Si se observa la diferencia de tiempo que invierten los alumnos para reinscribirse tomando en cuenta el punto menor con respecto al punto mayor es muy prolongado, esto quiere decir que hay alumnos que requieren aproximadamente de una hora o más tiempo para reinscribirse.

### Distribución de frecuencia tiempo impresión de horarios

Tabla 1.4 Frecuencia tiempo impresión de horarios

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Prec.acum relativa
at or below		10.0		0	0.0000	0	0.0000
1	10.0	20.0	15.0	27	0.2727	27	0.2727
2	20.0	30.0	25.0	34	0.3434	61	0.6162
3	30.0	40.0	35.0	12	0.1212	73	0.7374
4	40.0	50.0	45.0	6	0.0606	79	0.7980
5	50.0	60.0	55.0	5	0.0505	84	0.8485
6	60.0	70.0	65.0	7	0.0707	91	0.9192
7	70.0	80.0	75.0	3	0.0303	94	0.9495
8	80.0	90.0	85.0	4	0.0404	98	0.9899
9	90.0	100.0	95.0	1	0.0101	99	1.0000
above	100.0			0	0.0000	99	1.0000

Prom. = 33.596 seg. Desv. Estándar = 20.9474 seg.

En la tabla 1.4 como se puede observar la frecuencia que más se repite se encuentra entre los rangos de 10 a 30 segundos.

### Propuesta

Después del análisis de resultados se observa que en la etapa de reinscripción es donde se registra el problema principal, ya que algunos alumnos invierten demasiado tiempo en esta etapa, es por ello que se propone disminuir este tiempo evitando demoras. Para este propósito se recomienda que ningún alumno debe exceder a un tiempo mayor de 2120 segundos para realizar esta actividad, ya que el tiempo mayor que se registro fue de 3820 segundos para que el alumno reciba el servicio de reinscripción. En las tablas 1.3 y 1.5 se representan el modelo actual y el propuesto respectivamente.

Tabla 1.5 Frecuencia reinscripción (propuesta)

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Prec.acum relativa
at or below		130.0		0	0.0000	0	0.0000
1	130.0	329.0	229.5	5	0.0617	5	0.0617
2	329.0	528.0	428.5	12	0.1481	17	0.2099
3	528.0	727.0	627.5	19	0.2346	36	0.4444
4	727.0	926.0	826.5	10	0.1235	46	0.5679
5	926.0	1125.0	1025.5	11	0.1358	57	0.7037
6	1125.0	1324.0	1224.5	8	0.0988	65	0.8025
7	1324.0	1523.0	1423.5	8	0.0988	73	0.9012
8	1523.0	1722.0	1622.5	1	0.0123	74	0.9136
9	1722.0	1921.0	1821.5	2	0.0247	76	0.9383
10	1921.0	2120.0	2020.5	5	0.0617	81	1.0000
above	2120.0			0	0.0000	81	1.0000

Promedio = 907.877 seg. Desviación Estándar = 468.741 seg.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de comparación se muestran los resultados obtenidos después de haber codificado y procesado los datos de entrada de ambos métodos en el simulador GPSS. A estos resultados se les aplicó una serie de pruebas mismas que al ser procesadas, el simulador describe el comportamiento del método actual y propuesto, estas pruebas consisten en incrementar y disminuir la capacidad del servicio (número de computadoras), donde se obtiene una variedad de información, mientras más se incrementa la capacidad del servicio, el tiempo de reinscripción disminuye y al disminuir la capacidad del servicio se incrementan las líneas de espera. En las tablas 1.6 y 1.7 se describen los resultados más importantes de la simulación y se presentan en horas y minutos, según corresponda.

Tabla 1.6 Reporte de resultados método actual

TIEMPO TOTAL DE REINSCRIPCIÓN (horas)	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA COLA					ANÁLISIS DE RESULTADOS EN EL SERVICIO			
	MAX	ENTRADAS	ENTRADAS SIN HACER FILA	PROMEDIO DE ALUMNOS EN LA FILA	TIEMPO PROM. DE ALUMNOS EN LA COLA (minutos)	TIEMPO PROM. DE ALUMNOS SIN HACER FILA (minutos)	CAPACIDAD	UTILIDAD DEL SISTEMA	UTILIDAD POR UNIDAD
	7.34	170	625	159	51.662	37.54	50.36	30	25.936
6.55	130	625	254	28.697	18.05	30.41	40	29.964	0.749
6.09	88	625	348	13.835	8.09	18.25	50	32.237	0.645
6.09	1	625	625	0	0	0	96	32.237	0.339

La tabla 1.6 muestra el método actual. Cuando el sistema ofrece el servicio con 30 computadoras que es como regularmente se presenta, el tiempo total de simulación es de 7.34 horas, el número máximo de alumnos que se registró en el tiempo simulado es de 170. También el sistema nos describe que en promedio se encuentran 51 alumnos esperando y el tiempo promedio es de 37.54 minutos, tiempo que el alumno tiene que esperar para recibir el servicio de reinscripción. Esta tabla muestra también el comportamiento con 40, 50 y 96 computadoras.

En la tabla 1.7 se presenta el método propuesto, cuando el servicio se ofrece con 30 computadoras, obsérvese que el tiempo total de simulación disminuye a 6.08 horas, el número máximo de alumnos registrados son 121, el promedio de alumnos en la fila es de 28 y el tiempo promedio es de 16.29 minutos que el alumno permanece en la fila, después de 37 computadoras el tiempo total de simulación es

el mismo.

Tabla 1.7 Reporte de resultados método propuesto

TABLA DE REPORTE DEL ESTUDIO EN EL SISTEMA DE REINSCRIPCIÓN DE LA CARRERA DE ING. INDUSTRIAL (METODO PROPUESTO)									
TIEMPO TOTAL DE REINSCRIPCIÓN (horas)	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA COLA					ANÁLISIS DE RESULTADOS EN EL SERVICIO			
	MAX	ENTRADAS SIN HACER FILA	ENTRADAS SIN HACER FILA	PROMEDIO DE ALUMNOS EN LA FILA	TIEMPO PROMEDIO DE ALUMNOS EN LA FILA (minutos)	TIEMPO PROM. DE ALUMNOS SIN HACER FILA (minutos)	CAPACIDAD	UTILIDAD DEL SISTEMA	UTILIDAD POR UNIDAD
6.08	121	625	210	28	16.29	24.54	30	23.825	0.794
5.27	82	625	315	14	7.39*	15.25	37	25.119	0.681
5.27	68	625	359	11	6	14.15	40	24.929	0.623
5.27	1	625	625	0	0	0	77	24.929	0.324

### CONCLUSIONES

Se recomienda que la capacidad del servidor sea el apropiado para cuando estén en servicio todas las terminales (computadoras) que se requieren en el sistema de reinscripciones, el servidor no falle, ya que éste es un problema que se presenta como se mencionó en los antecedentes. Una vez que los resultados obtenidos en el sistema de reinscripción mediante el simulador GPSS indican como se presenta el servicio, donde se describe la información y se comparan estos métodos, en el que se puede tomar decisiones para una mejora. Por ejemplo, cuando el servicio se ofrece con 40 computadoras, en ambos casos, los tiempos disminuyen de 6.55 a 5.27, el número máximo de alumnos que se registraron en la fila disminuye de 130 a 68, donde el tiempo promedio de 18.05 a 6 minutos y el número promedio de alumnos en la fila disminuye de 28 a 11. Analizando el método actual cuando el servicio se realiza con 50 computadoras el tiempo total de simulación es de 6.09 horas, si se sigue incrementando el servicio el tiempo total es el mismo, lo que indica que este tiempo es el óptimo y se requiere de 50 computadoras para ofrecer el servicio en las condiciones del método actual, mientras que en el modelo propuesto se necesitan 37 computadoras, donde el tiempo total óptimo es de 5.27 horas, el número de alumnos como máximo son 82, el tiempo promedio estimado es de 7.39\* minutos y en promedio son 14 alumnos esperando en la fila, por lo que se recomienda 37 computadoras para ofrecer éste servicio. Si se pretende dar mayor calidad y atención en donde ningún alumno tendrá que esperar para ser atendido se requieren 77 computadoras.

Hipótesis:

Ho: Con la implantación de este modelo no se reducirán significativamente los tiempos medios de espera en las reinscripciones.

H<sub>1</sub>: Con la implantación de este modelo si se reducirán significativamente los tiempos medios de espera en las reinscripciones.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

Se asume que las varianzas son diferentes y se utiliza la distribución Z, puesto que son muestras grandes.

1. Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$
2. El estadístico de prueba es:

$$Z_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

donde:

Modelo actual

$$s_1 = 888$$

$$\bar{x}_1 = 1261.39$$

$$n_1 = 99$$

Modelo propuesto

$$s_2 = 468.74$$

$$\bar{x}_2 = 907.877$$

$$n_2 = 81$$

$$Z_0 = \frac{1261.39 - 907.877}{\sqrt{\frac{888^2}{99} + \frac{468.74^2}{81}}} = 3.421$$

Conclusión: Rechazar Ho:  $\mu_1 = \mu_2$ , si  $Z_0 > 1.645$

$$Z_0 = 3.421 > 1.65$$

Conclusión: Rechazar Ho:  $\mu_1 = \mu_2$ , si  $Z_0 > 1.65$

Conclusión: Se rechaza Ho, se concluye que si se reduce significativamente los tiempos medios de espera en las reinscripciones con un nivel de significancia de 0.05.

### REFERENCIAS

- [1] Douglas C. Montgomery, George C. Runger. (1996). "PROBABILIDAD Y ESTADISTICA". Editorial Mc Graw Hill.
- [2] Frederick S. Hillier, Gerald J. Liberman. (1992) "INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES". Editorial Mc Graw Hill.
- [3] Geoffrey Gordon. (1980). "SIMULACIÓN DE SISTEMAS". Editorial Diana, México.
- [4] K. Roscoe Davis, Patrick G. Mckeown. (1986). "MODELOS CUANTITATIVOS PARA ADMINISTRACIÓN". Grupo Editorial Iberoamérica.
- [5] Raúl Coss Bú. (1986). "SIMULACIÓN UN ENFOQUE PRÁCTICO". Editorial Limusa
- [6] Walpole, Myers. (1992). "PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA". Editorial Mc Graw Hill.