



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

“CARACTERIZACION, SIMULACION Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE REINSCRIPCION DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO”

OPCION I: TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
NATIELY ROSAS MORENO
MARIA DE LOS ANGELES HERRERA MARIN**

**DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
MI. MIGUEL ANGEL SOLIS JIMENEZ**

HUATUSCO, VER.

MAYO 2019

Huatusco, Ver., a 07 de Mayo de 2019

C. NATIELY ROSAS MORENO
C. MARIA DE LOS ANGELES HERRERA MARIN
PASANTE DE LA CARRERA DE
ING. INDUSTRIAL
PRESENTE.

En relación a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación que después de haber sido analizado exhaustivamente la **TESIS** titulada:

"CARACTERIZACION, SIMULACION Y PROPUESTA DE MEJORA DE REINSCRIPCION DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO"

Se le notifica que a mi juicio este cumple con los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes de la **TESIS**, por lo que se autoriza su impresión.

ATENTAMENTE.


M.M. VÍCTOR MANUEL ARCOS FERIA
DIRECTOR DEL ITSH.



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUATUSCO
CLAVE 30EIT0013Z
DIRECCION GENERAL



Avenida 25 puente num. 100 Col. Reserva Territorial
Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100
Tel. (01 273-734-40-00), e-mail: tec_huatusco@hotmail.com
www.itshuatusco.edu.mx



Contenido

1.1.	INTRODUCCION.....	5
	CAPÍTULO I ANTECEDENTES.....	6
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.2.	JUSTIFICACIÓN	9
1.3	OBJETIVOS.....	10
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	10
1.4	HIPÓTESIS:	10
	CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	11
2.1	DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN:.....	12
2.2.	TIPOS DE SIMULACIÓN.....	12
2.3	CONCEPTOS BÁSICOS DEL MODELO	13
2.4	TIPOS DE VARIABLES	14
2.4.1.	VARIABLES ALEATORIAS:.....	14
2.4.2.	VARIABLES ALEATORIAS DISCRETAS	15
2.4.3.	VARIABLES ALEATORIAS CONTINUAS	15
2.5.	DETERMINACIÓN DEL TIPO DE DISTRIBUCIÓN DE UN CONJUNTO DE DATOS.....	16
2.5.1.	PRUEBA CHI-CUADRADA.....	16
2.5.2.	PRUEBA DE KOLMOGOROV- SMIRNOV	17
2.5.3.	PRUEBA DE ANDERSON-DARLING	17
2.6.	MUESTREO	18
2.6.1.	MUESTREO ALEATORIO SIMPLE:	19
2.6.2.	MUESTRA ALEATORIA ESTRATIFICADA:	19
2.6.3.	MUESTRA POR CONGLOMERADOS:	19
2.7.	TAMAÑO DE LA MUESTRA	19
	CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DEL MODELO Y SIMULACIÓN DEL MODELO BASE.....	20
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE REINSCRIPCIONES.	21
3.2.	PLAN DE MUESTREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.	23
3.2.1.	MUESTREO	24

3.3.	AJUSTES DE DATOS CON STAT::FIT	27
3.4.	TIPO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO.	27
3.5.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN EN PROMODEL.....	29
3.5.1.	LOCACIONES	29
3.5.2.	ENTIDADES.....	30
3.5.3.	RECURSOS.	31
3.6.	DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA.	31
3.7.	VERIFICACIÓN DEL MODELO.	32
3.8.	VALIDACIÓN DEL MODELO BASE Y OBTENCIÓN DE NÚMERO ÓPTIMO DE CORRIDAS	32
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS, EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE MEJORA Y CONCLUSIONES.....		35
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS CON EL MODELO BASE.	36
4.2.	PROPUESTAS DE MEJORA	39
4.3.	CONCLUSIONES	44
ANEXOS		45
BIBLIOGRAFÍA:		62

1.1. INTRODUCCION

Una de las técnicas para realizar estudios piloto, con resultados rápidos y a un relativo bajo costo, se basa en la modelación, la cual se conoce como simulación. La simulación es una forma de estudiar los procesos aleatorios, los cuales se encuentran prácticamente en todas las operaciones del sistema de producción y servicios.

Sin duda, la flexibilidad en cuanto a la modelación, el análisis y el mejoramiento del sistema han hecho de la simulación una herramienta cuyo uso y desarrollo se han visto alentadas de manera significativa.

Actualmente la simulación presta un invaluable servicio en casi todas las áreas posibles, la educación es una de ellas, ya que es una excelente herramienta para ayudar a comprender un sistema real debido a que puede expandir, comprimir o detener el tiempo, y además es capaz de brindar información sobre variables que no pueden ser medidas en el sistema real.

En la presente investigación que lleva por nombre *“Caracterización, simulación y propuesta de mejora del proceso de reinscripción de la carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior De Huatusco”* pretende poner atención minuciosa a cada uno de los procesos que comprenden el sistema, para con ello dar una mejor solución a los problemas que se manifiestan.

En este, se muestran las áreas que intervienen en el proceso y se ha detectado en cual presentan mayor inconsistencia, para conocer la calidad del sistema, además de comenzar a delimitar cuales son las variables que se van a utilizar a lo largo del proceso.

Asimismo, se hace mención a la forma como se clasificaron a los alumnos de acuerdo al servicio que requiere cada uno; el proceso que debe seguir durante la reinscripción; así como muestrear cada uno de los procesos, para con ello realizar los muestreos correspondientes y analizar cada uno de los datos para determinar cuál distribución es la que siguen, y llegar a una óptima solución.

Todo lo anterior mencionado estará sustentado con el software llamado PROMODEL, un simulador con animación y optimización para hacer modelos de simulación y optimizarlos, el cual es una herramienta básica que nos permitirá mostrar cada uno de los escenarios del proceso.

Capítulo I Antecedentes

En el presente capítulo se define la estructura del estudio del proceso de reinscripciones en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, determinando cada una las fases que lo componen, así como el comportamiento de los alumnos dentro del proceso. Se expone la justificación del desarrollo de la presente investigación así como plantear los objetivos a los cuales se persiguen alcanzar.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, es una dependencia administrativa que brinda apoyo a la comunidad universitaria, sustentada principalmente en el reglamento escolar que rige el lineamiento para la evaluación y acreditación de asignaturas versión 1.0; dentro de sus funciones generales son: elaborar los tramites que le competen al estudiantado de la institución, ser responsable del proceso de inscripción y reinscripciones, gestionar el egreso de los estudiantes, entre otras.

Como es bien sabido dentro de una institución es muy importante su matrícula, por ello se debe prestar atención a cada uno de los servicios que se ofrecen, en este caso se observa el proceso de reinscripciones, estudiando minuciosamente el proceso por el cual cada uno de los estudiantes recorre para poder estar reinscrito dentro del nuevo plan de estudios.

En esta etapa de reinscripción se ha detectado inconformidad de los estudiantes y del personal encargado del servicio ya que es muy lento. En ocasiones el estudiante tarda hasta 2 horas para completar el proceso presencial, donde se debe de pasar por una serie de actividades y hacer varias filas presentándose algunos cuellos de botella.

Esto se puede ver como una problemática relacionada con la optimización de los recursos involucrados, así como la necesidad de mejorar la eficiencia del servicio.

El modelo de simulación pretende mostrar cómo se hará más eficiente el uso de los recursos, reducir los tiempos de espera y brindar mejor atención a los alumnos.

De acuerdo a una entrevista realizada al departamento de Estudios Superiores del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, se plantearon problemáticas que generan la falta de coordinación en dichas áreas.

En la siguiente figura se muestra el proceso que siguen los estudiantes durante las reinscripciones:

ENTRADA (AS)=Boleta de último semestre cursado y comprobante de pago cotejado.

SALIDA(S)=Carga Académica

RECURSO(S)=Computadoras, Servidor, Scanner, Impresora, Hojas, Red de Internet, Tóner o cartucho de tinta.

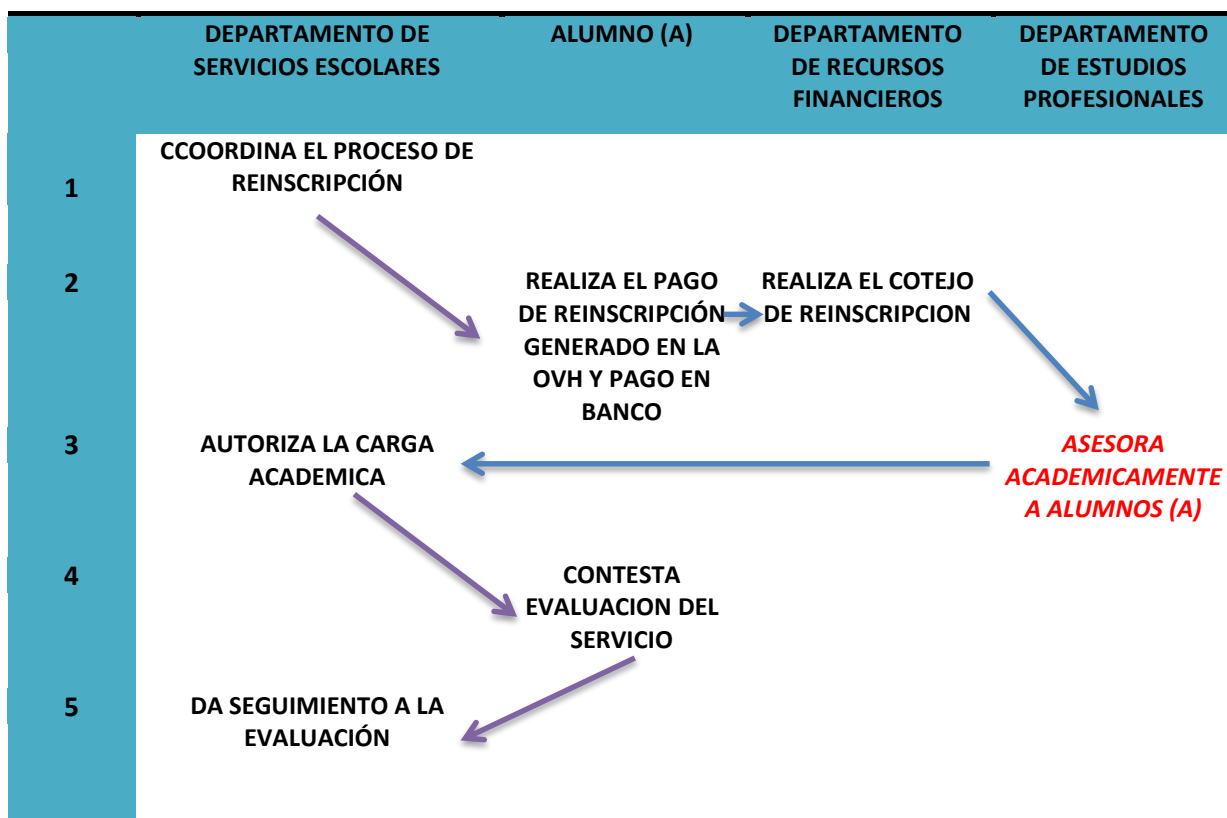


Figura 1. Proceso de reinscripciones.

De acuerdo a la experiencia de algunos alumnos entrevistados, la parte correspondiente a la asesoría académica es donde se presenta el mayor tiempo de espera, generándose un cuello de botella, el cual se espera que a partir del presente estudio se pueda mitigar.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El proceso de reinscripciones en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, pareciera un proceso simple, sin embargo la manera como se desenvuelve, en ocasiones crea un cuello de botella que es incómodo para los estudiantes y docentes.

Por ello hacer uso de la simulación, en un proceso de la institución, como lo es el de las reinscripciones, favorecerá a esclarecer las problemáticas que se presentan, así como de dar solución a cada uno de los obstáculos que puedan presentarse en el proceso que compete a los administrativos, y porque no, con ayuda de la implementación de la ingeniería.

Con ello se podrá mejorar la el flujo de trabajo en la gestión de los procesos (realizar el pago de inscripción, cotejo del pago, asesoría académica) hasta el contacto final con la generación de la carga académica de los estudiantes según el número de créditos que pueda alcanzar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un modelo de simulación que permita evaluar las distintas etapas del proceso de reinscripción de la de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco y posteriormente presentar escenarios de mejora de las etapas con la finalidad de reducir los tiempos de proceso.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Definir los componentes del sistema.
- Generar un modelo de simulación base.
- Muestrear en tiempo real el proceso de reinscripciones para la recolección de datos.
- Definir el tiempo de variable aleatoria que representa los distintos procesos de reinscripción.
- Generar un modelo de simulación final.
- Validar el modelo final.
- Determinar los escenarios de mejora para el análisis del proceso.
- Documentar el modelo realizando sus respectivas sugerencias y conclusiones.

1.4 Hipótesis:

Elaborar un modelo de simulación del proceso de reinscripción permitirá evaluar las distintas etapas del mismo para posteriormente presentar escenarios y alternativas de mejora con la finalidad de agilizarlo.

Capítulo 2 MARCO TEÓRICO

El capítulo dos hace referencia a los antecedentes y a las consideraciones teóricas del tema, es decir, la definición de simulación, una palabra clave de la cual se habla a lo largo de la investigación, de donde remonta y cuáles son sus finalidades, así como los conceptos más utilizados en un modelo de simulación, los tipos de variables que pueden seguir y como calcular cada una de las distribuciones.

2.1 Definición de simulación:

Se ha empezado a utilizar la palabra simulación sin haber dado previamente una definición de ella. Sería conveniente describir algunas de las definiciones más aceptadas y difundidas de la palabra simulación.

Thomas H. Naylor la define así:

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.

En sentido más estricto, H. Maisel y G. Gnugnoli, definen simulación como:

Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocio, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo.

Robert E. Shannon define simulación como:

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.

El concepto de simulación engloba soluciones para muchos propósitos diferentes. Por lo tanto, la simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente por medio de una computadora con un software apropiado.

2.2. Tipos de simulación

Existen distintos modelos de simulación que permiten representar situaciones reales de diferentes tipos.

Los **modelos continuos** son aquellos en los que las relaciones entre las variables relevantes de la situación real se definen por medio de ecuaciones diferenciales, ya que éstas permiten conocer el comportamiento de las variables en cierto tiempo.

Los **modelos discretos** el comportamiento que nos interesa analizar puede representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado.

Otro tipo de clasificación es el de los **modelos dinámicos o estáticos**. Los **modelos dinámicos** son aquellos en los que el estado del sistema que estamos analizando cambia respecto del tiempo. Por ejemplo, el número de personas que hacen fila para entrar a una sala de cine varía con el tiempo. Por otro lado, los modelos estáticos representan un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinado; por ejemplo, al lanzar un dado los únicos valores que se puede obtener son 1, 2, 3, 4, 5 o 6, de manera que el resultado de la simulación será uno de tales valores posibles; a esto se le conoce generalmente como simulación de Monte Carlo. Por último, podemos hablar de **modelos determinísticos y modelos probabilísticos**, llamados también estocásticos. Los primeros se refieren a relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo.

2.3 Conceptos básicos del modelo

Para poder realizar un buen estudio de simulación es necesario entender los conceptos básicos que componen nuestro modelo. Comenzaremos por definir el concepto de simulación de eventos discretos como el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado. El objetivo del modelo de simulación consiste, precisamente, en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del sistema. En la definición anterior encontramos elementos como sistema, modelo y evento, de los que se desprenden otros conceptos importantes dentro de una simulación.

La definición básica de **sistema** nos dice que se trata de un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo; desde el punto de vista de la simulación, tales elementos deben tener una frontera clara. Cada uno puede dividirse en elementos que son relevantes para la construcción de lo que será su modelo de simulación; entre ellos tenemos **entidades, estado del sistema, eventos actuales y futuros, localizaciones, recursos, atributos, variables, y el reloj de la simulación**.

Una **entidad** por lo general es la representación de los flujos de entrada y salida en un sistema; al entrar a un sistema una entidad es el elemento responsable de que el estado del sistema cambie. El **estado del sistema** es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado.

Un **evento** es un cambio en el estado actual del sistema. Podemos catalogar estos eventos en dos tipos: **eventos actuales**, aquellos que están sucediendo en el sistema

en un momento dado, y **eventos futuros**, cambios que se presentarán en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo con una programación específica.

Las **localizaciones** son todos aquellos lugares en los que la pieza puede detenerse para ser transformada o esperar a serlo.

Un **atributo** es una característica de una entidad.

Las **variables** son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Pueden ser continuas (por ejemplo, el costo promedio de operación de un sistema) o discretas (como el número de unidades que deberá envasarse en un contenedor).

El **reloj de la simulación** es el contador de tiempo de la simulación, y su función consiste en responder preguntas tales como cuánto tiempo se ha utilizado el modelo en la simulación, y cuánto tiempo en total se quiere que dure esta última. En general, el reloj de simulación se relaciona con la tabla de eventos futuros, pues al cumplirse el tiempo programado para la realización de un evento futuro, éste se convierte en un evento actual.

La **réplica o corrida de la simulación** es cuando ejecutamos el modelo una vez, los valores que obtenemos de las variables y parámetros al final del tiempo de simulación generalmente serán distintos de los que se producirán si lo volvemos a correr con diferentes números pseudoaleatorios. Por lo tanto, es necesario efectuar más de una réplica del modelo que se esté analizando, con la finalidad de obtener estadísticas de intervalo que nos den una mejor ubicación del verdadero valor de la variable bajo los diferentes escenarios que se presentan al modificar los números pseudoaleatorios en cada oportunidad.

2.4 Tipos de variables

2.4.1. Variables aleatorias:

Las variables aleatorias son aquellas que tienen un comportamiento probabilístico en la realidad, las cuales deben cumplir reglas de distribución de probabilidad como estas:

- La suma de las probabilidades asociadas a todos los valores posibles de la variable aleatoria x es uno.
- La probabilidad de que un posible valor de la variable x se presente siempre es mayor que o igual a cero.
- El valor esperado de la distribución de la variable aleatoria es la media de la misma, la cual a su vez estima la verdadera media de la población.

- Si la distribución de la probabilidad asociada a una variable aleatoria está definida por más de un parámetro, dichos parámetros pueden obtenerse mediante un estimador no sesgado.

2.4.2. Variables aleatorias discretas

Este tipo de variables deben cumplir con estos parámetros:

$$P(x) \geq 0$$

$$\sum_{i=0}^{\infty} p_i = 1$$

$$P(a \leq x \leq b) = \sum_{i=a}^b p_i = p_a + \dots + p_b$$

Algunas distribuciones discretas de probabilidad son la uniforme discreta, la de Bernoulli, la hipergeométrica, la de Poisson y la binomial (figura).

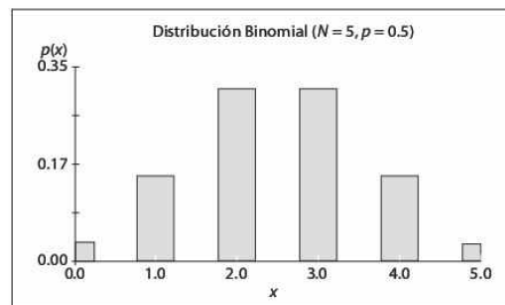


Figura 2.- Distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta.

2.4.3. Variables aleatorias continuas

Este tipo de variables se representan mediante una ecuación que se conoce como *función de densidad de probabilidad*. Dada esta condición cambiamos el uso de la sumatoria por la de una integral para conocer la función acumulada de la variable aleatoria. Por lo tanto, las variables aleatorias continuas deben cumplir los siguientes parámetros:

$$P(X) \geq 0$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

$$f(x) \geq 0$$

$$P(a \leq x \leq b) = P(a < x < b) = F(x) = \int_a^b f(x) dx$$

Entre las distribuciones de probabilidad tenemos la uniforme continua, la exponencial, la normal, la de weibull, la chi-cuadrada y la Erlang (vea la figura). De esta misma forma que en las distribuciones discretas, algunos procesos pueden ser asociados a ciertas distribuciones.

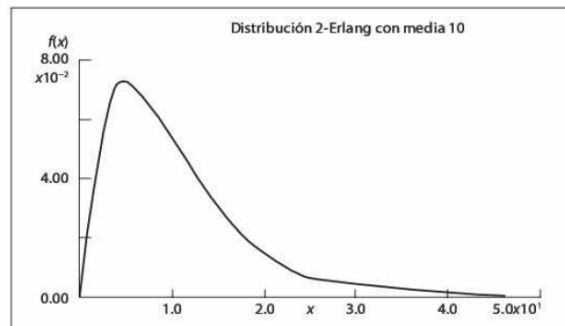


Figura 3.- Distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua.

2.5. Determinación del tipo de distribución de un conjunto de datos.

La distribución de probabilidad de los datos históricos puede determinarse mediante as pruebas **Chi-cuadrada, de Kolmovorov-Smirnov y de Anderson-Darling**.

2.5.1. Prueba Chi-cuadrada

Se trata de una prueba de hipótesis a partir de datos, basados en el cálculo de un valor llamado *estadístico de prueba*, al cual suele compararse con un valor conocido como *valor crítico*, mismo que se obtiene, generalmente de tablas estadísticas. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener al menos 30 datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y varianza de los datos.
3. Crear un histograma de $m = \sqrt{n}$ intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_r .
4. Establecer explícitamente la hipótesis nula, mediante una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.
5. Calcular la frecuencia esperada, E_i a partir de la función de probabilidad propuesta.
6. Calcular el estadístico de prueba

$$X_0^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i}$$

7. Definir el nivel de significancia de la prueba, α , y determinar el valor crítico de la prueba, $X_{\alpha, m-k-1}^2$ (K es el número de parámetros estimados en la distribución propuesta).
8. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

2.5.2. Prueba de Kolmogorov- Smirnov

Desarrollada en la década de los treinta del siglo XX, esta prueba permite (al igual que la prueba Chi-cuadrada) determinar la distribución de probabilidad de una serie de datos. Una limitante de la prueba de Kolmogorov-Smirnov estriba en que solamente se puede aplicar el análisis de variables continuas. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener al menos 30 datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y la varianza de los datos.
3. Crear un histograma de $m = \sqrt{n}$ intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_i
4. Calcular la probabilidad observada en cada intervalo $PO_i = O_i / n$, esto es, dividir la frecuencia observada O_i entre el número total de datos, n .
5. Acumular las probabilidades PO . Para obtener la probabilidad observada hasta el i -ésimo intervalo, $POAr$
- 6.
7. Establecer de manera explícita la hipótesis nula, para esto se propone una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.
8. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada intervalo, PEA_i , a partir de la función de probabilidad propuesta.
9. Calcular el estadístico de prueba

$$c = \max |PEA_i - PUA_i| \quad i = 1, 2, 3, \dots, k, \dots, m$$
10. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar el valor crítico de la prueba, $D_{\alpha, n}$.
11. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

2.5.3. Prueba de Anderson-Darling

Se dio a conocer en 1954. Esta prueba tiene como propósito corroborar si una muestra de variables aleatorias proviene de una población con una distribución de probabilidad

específica. En realidad se trata de una modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, aunque tiene la virtud de detectar las discrepancias en los extremos de las distribuciones.

La principal desventaja de la prueba de Anderson-Darling estriba en que es necesario calcular los valores críticos para cada distribución. La prueba es muy sensible en los extremos de la distribución, por lo que debe usarse con mucho cuidado en distribuciones con límite inferior acotado, y no es confiable para distribuciones de tipo discreto. En la actualidad es posible encontrar tablas de valores críticos para las distribuciones normal, log normal, exponencial, log-logística, de Weibull y valor extremo tipo I. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener n datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y la varianza de los datos.
3. Organizar los datos en forma ascendente: Y_i / $i = 1, 2, \dots, n$
4. Ordenar los datos en forma descendente. $i = 1, 2, \dots, n$
5. Establecer de manera explícita la hipótesis nula, al proponer una distribución de probabilidad.
6. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada número Y_i $PEA(Y_i)$, y la probabilidad esperada acumulada para cada número Y_n^i , $PEA(Y_n^i)$, a partir de la función de probabilidad propuesta.
7. Calcular el estadístico de prueba

$$n + 1 \sum_{i=1}^n (2i - 1) [\ln PEA(Y_i) + \ln (1 - PEA(Y_n^i))] / n$$

8. Ajustar el estadístico de prueba de acuerdo con la distribución de probabilidad propuesta.
9. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar su valor crítico
10. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

2.6. MUESTREO

Un muestreo de probabilidad se realiza de manera adecuada, un investigador puede utilizar una muestra relativamente pequeña para llevar a cabo inferencias de una población arbitrariamente grande.

El diseño de las encuestas y las propiedades de las estimaciones de los tres principales componentes del diseño utilizados en una muestra de probabilidad: el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado y el muestreo por conglomerados; estos son básicos en cualquier análisis de las encuestas con muestras.

2.6.1. Muestreo aleatorio simple:

Es la forma más sencilla de realizar un muestreo probabilístico. Se obtiene una muestra aleatoria simple de tamaño n cuando cualquier subconjunto posible de n unidades en la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionada para componer la muestra.

2.6.2. Muestra aleatoria estratificada:

La población se divide en subgrupos llamados estratos. Al llevar a cabo esta división se extrae una muestra aleatoria simple de cada estrato la cual se elige de manera independiente. Los estratos son con frecuencia, subgrupos de interés para el investigador.

2.6.3. Muestra por conglomerados:

Las unidades de observación que componen una población se reúnen en unidades de muestreo de mayor tamaño, llamados conglomerados.

2.7. Tamaño de la muestra

Uno de los factores principales a considerar en un estudio de simulación es el tamaño de la muestra (número de corridas en la computadora).

El tamaño de la muestra puede ser obtenido de dos maneras:

1. Previa e independientemente de la operación del modelo.
2. Durante la operación del modelo y basado en los resultados arrojados por el modelo. Para la última alternativa se utiliza la técnica estadística de intervalos de confianza.

Capítulo 3 Descripción del modelo y simulación del modelo base.

A continuación se describe el proceso de reinscripciones, presentando cada una de las fases las cuales consta y en donde se presenta mayor problemática; además se plantea la forma como comenzará el muestreo para la obtención de las distribuciones todo lo anterior mencionado se hará con la utilización de `stat::fit` una herramienta del software PROMODEL. Con todo esto se adentrará a la utilización del software antes mencionado, describiendo cada uno de los elementos que se utilizan. Y se expondrá el uso de la T pareada para determinar si los datos obtenidos son válidos.

3.1.Descripción del proceso de reinscripciones.

El proceso de reinscripciones está basado en 4 fases:

1. Entrega de boletas.

Los alumnos llegan a formarse por semestre y carrera para que reciban su boleta de calificaciones, donde los recibirán 4 personas para agilizar el proceso.

2. Cotejo de pago.

Después de que le proporcionen su boleta, el alumno deberá acudir a la sección de cotejo de pago el cual consiste en que el alumno mostrará a la persona correspondiente, que realizó el pago de reinscripción generado en la OVH (Hacienda) y el pago en el banco.

3. Asesoría reticular.

En esta etapa es la más complicada, ya que los alumnos se dirigirán a un asesor para que les realice su carga académica de acuerdo al número de materias aprobadas; donde cuatro académicos serán quienes realicen la asesoría correspondiente.

4. Autorización.

Aquí se concluye el proceso con el sello y firma donde les están permitiendo la realización de la carga académica.

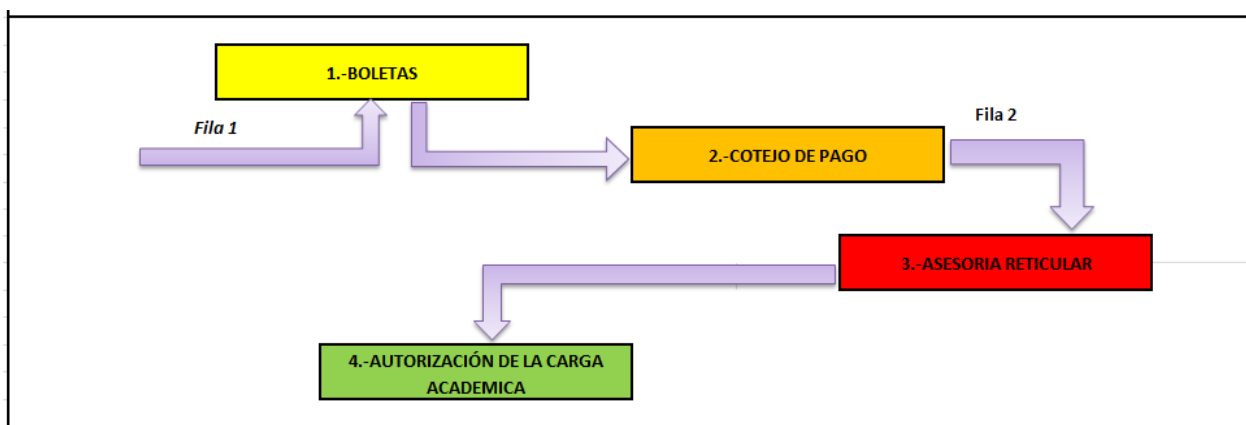


FIGURA 4.- Recorrido que realizan los alumnos durante el proceso.

En la figura anterior se notan dos filas que no se describieron dentro del proceso, ya que estas comprenden el tiempo de llegada a cada etapa, es decir, la forma como los alumnos llegan a la entrega de boletas (*fila 1*) y, la siguiente es como los alumnos que salen del cotejo de pago para después formarse y así poder pasar a la asesoría reticular (*fila 2*).

Sin embargo en la fila 2 del proceso llegan a una línea de espera donde permanecerán hasta que alcancen su turno.



Figura 5.-Línea de espera para que los alumnos sean atendidos en asesoría reticular.

En la línea de espera a los alumnos se les clasificó de acuerdo al semestre que van a cursar y de acuerdo a las materias aprobadas; si el alumno lleva más de una materia no acreditada serán alumnos irregulares o convalidados. En el modelo los tipos de alumnos son:

- Alumno tercer semestre regular.
- Alumno tercer semestre irregular.
- Alumno quinto semestre regular.
- Alumno quinto semestre irregular.
- Alumno séptimo semestre regular.
- Alumno séptimo semestre irregular.

Para que sean atendidos los alumnos existen 4 servidores cada uno le es designado un grado, el primer servidor es para alumnos de tercer semestre; el segundo servidor es para alumnos de quinto semestre; el tercer servidor es para alumnos de séptimo semestre; y por último el servidor restante será para alumnos irregulares de cualquier semestre.

3.2. Plan de muestreo y recolección de datos.

Para la recolección de datos en el proceso de reinscripciones se realizó en dos escenarios, en el sistema flexible y el sistema escolarizado de la carrera de ingeniería industrial.

Dado que en el sistema flexible las reinscripciones de todas las carreras son en un solo día (Sábado) fue necesaria la ayuda de alumnos de la carrera de ingeniería industrial de quinto semestre, donde previamente los alumnos fueron capacitados para la toma de tiempos y movimientos en cada una de las etapas donde se utilizaron formatos para recolectar cada uno de los tiempos.

En cambio para el sistema escolarizado las reinscripciones para ingeniería industrial son en un solo día (Lunes) donde se facilitó un poco más la recolección de datos.

En cada una de las etapas se tomó como referencia obtener 30 muestras de cada proceso; donde nosotros llegamos desde las 8:30 am para comenzar a recolectar los tiempos, es decir, los alumnos comenzaron a formarse para poder recibir boletas (*fila 1*), y así sucesivamente.

El formato que se utilizó para la toma de muestras fue el siguiente:

# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
1		17	
2		18	
3		19	
4		20	
5		21	
6		22	
7		23	
8		24	
9		25	
10		26	
11		27	
12		28	
13		29	
14		30	
15		31	
16		32	

Tabla 1.- Formato para la toma de tiempos durante el proceso.

ASESORÍA RETICULAR					
# MUESTRA	TIPO DE ALUMNO	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIPO DE ALUMNO	TIEMPO (MIN)
1			17		
2			18		
3			19		
4			20		
5			21		
6			22		
7			23		
8			24		
9			25		
10			26		
11			27		
12			28		
13			29		
14			30		
15			31		
16			32		

Tabla 2.- Formato de la toma de tiempos para la asesoría reticular.

3.2.1. Muestreo

En el muestreo que se realizó durante todo el proceso se tomaron tiempos de llegada en cada una de las etapas, todo esto con la ayuda de un cronómetro, posteriormente recolectados los datos se vaciaron al software Excel, para poder convertirlos a minutos ya que se encontraban con décimas, y este software es el indicado por el uso de fórmulas y datos estadísticos.

Cabe mencionar que los datos en las etapas como son entrega de boletas, cotejo de pago, autorización, fila 1 y fila2, se toman aleatoriamente en toda la comunidad estudiantil. Sin embargo para la asesoría reticular los alumnos fueron clasificados en alumnos regulares y alumnos irregulares/convalidados, para esto cada vez que se le tomaba tiempo a cada alumno se le preguntaba no había acreditado alguna materia.

Por mencionar algunos ejemplos mostraremos dos tablas de los tiempos, las demás tablas las podrás encontrar en anexos.

En la asesoría reticular (fase 3), es donde se presenta la mayor problemática, formándose cuellos de botella, ya que los alumnos no son clasificados y pasan con un docente que les proporcionará su carga académica según las materias que vaya a cursar.

Para realizar el muestreo especialmente en esta fase hemos clasificado a los alumnos por grados, es decir, tercer semestre, quinto semestre y séptimo semestre; en consecuencia cada grado por alumnos regulares y alumnos irregulares/convalidados, así se determinaría el tiempo que tarda cada uno durante el proceso.

Los criterios para clasificar a los alumnos fueron los siguientes:

- **Alumnos regulares:** todos aquellos que llevan aprobadas todas las materias.
- **Alumnos irregulares/convalidados:** son los que llevan una o más materias reprobadas; así como los alumnos que vienen de otras escuelas y necesitan validar materias o cursarlas para alinearse en la retícula.

Por mencionar algunos ejemplos mostraremos dos tablas de los tiempos, las demás tablas las podrás encontrar en anexos.

Los tiempos se muestran en la siguiente tabla.

Fila 1

En la primera fase, antes de llegar a la entrega de boletas, se muestreó la llegada de los alumnos, representada por la *fila 1*. Los tiempos son los que se muestran en la siguiente tabla:

LLEGADAS FILA 1			
# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
1	2.31	20	0.82
2	12.76	21	0.13
3	8.01	22	0.03
4	6.13	23	0.20
5	1.65	24	0.08
6	1.83	25	0.02
7	0.27	26	0.03
8	0.03	27	0.15
9	0.03	28	0.12
10	0.05	29	0.17
11	0.08	30	0.12
12	0.03	31	0.50
13	0.53	32	0.15

14	0.57	33	0.13
15	0.43	34	0.17
16	0.08	35	0.07
17	0.05	36	0.78
18	1.08	37	0.55
19	0.20	38	0.18

TABLA 3.- TIEMPOS DE LLEGADA FILA 1

- ASESORIA RETICULAR**

ASESORIA RETICULAR TERCER SEMESTRE					
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
R	1	6.65	R	16	1.15
R	2	1.3	R	17	1.17
R	3	1.17	R	18	1.62
R	4	1.58	R	19	1.7
R	5	1.62	R	20	2.07
R	6	0.93	R	21	1.37
R	7	0.98	R	22	1.27
R	8	1.1	R	23	0.88
R	9	1.35	R	24	1.83
R	10	1.33	R	25	3.87
R	11	1.1	R	26	1.78
R	12	1.07	R	27	2.18
R	13	1.93	R	28	1.17
R	14	2.67	R	29	1.53
R	15	1.1	R	30	2.13

TABLA 7.- Tiempos de la asesoría reticular de los alumnos regulares de tercer semestre.

3.3. AJUSTES DE DATOS CON STAT::FIT

Para determinar los tipos de distribuciones que sigue cada uno de los procesos fue necesario el muestreo de los tiempos en minutos, con ello se obtuvieron las medias y las desviaciones estándares de cada uno, para así hacer uso de la utilidad del software **PROMODEL**.



La herramienta Stat::Fit de PROMODEL se utiliza para analizar y determinar el tipo de distribución de un conjunto de datos. Esta utilidad permite comparar los resultados entre varias distribuciones analizadas mediante una calificación. Entre sus procedimientos emplea las pruebas Chi-cuadrada, de Kolmogorov-Smirnov y de Anderson-Darling. Además calcula parámetros apropiados para cada tipo de distribución, e incluye información estadística adicional como media, moda, valor mínimo, valor máximo y varianza, entre otros datos.

El resultado que despliega la ventana Automatic Fitting, se describen las distribuciones de probabilidad analizadas, su posición de acuerdo con el ajuste y los datos que siguen o no alguna distribución.

El histograma representa en las barras azules la frecuencia observada en los datos; la línea roja indica la frecuencia esperada de la distribución teórica.

3.4. TIPO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO.

1. Fila 1

En la siguiente figura muestra como la fila 1 de los alumnos siguen una distribución Lognormal a un 100%.

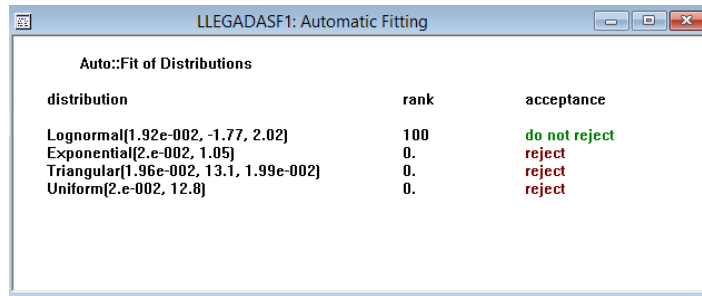
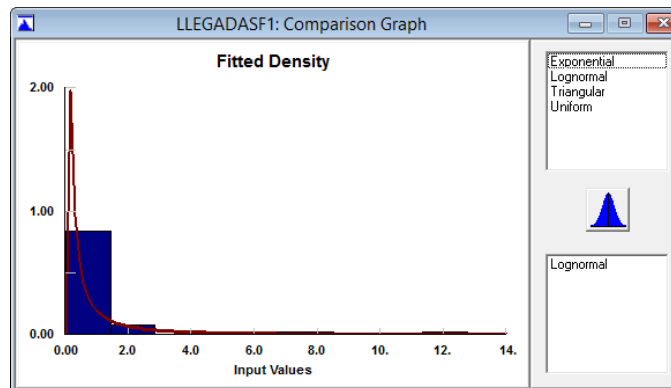


Figura 6.- Resultados de la distribución que sigue la fila 1



Histograma 1.- Llegadas de la fila 1.

En las siguientes tablas se muestran cada uno de los resultados de las etapas del proceso, donde se describen la media, desviación estándar, y el tipo de distribución que siguen:

FILA 1	
MEDIA	1.067
DESVIACION ESTANDAR	2.530
DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL

Tabla 11.- Resultados de los tiempos de la fila 1.

ENTREGA DE BOLETAS	
MEDIA	1.666
DESVIACION ESTANDAR	5.736
DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL

Tabla 12.- Resultados de tiempos en la entrega de boletas

COTEJO DE PAGO	
MEDIA	0.454
DESVIACION ESTANDAR	0.208
DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL

Tabla 13.- Resultados de cotejo de pago.

FILA 2	
MEDIA	0.525
DESVIACION ESTANDAR	0.274
DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL

Tabla 14.- Resultados de la fila 2.

AUTORIZACIÓN	
MEDIA	0.528
DESVIACION ESTANDAR	0.296
DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL

Tabla 15.- Resultados de la autorización de cargas académicas.

ASESORIA RETICULAR					
TERCER SEMESTRE		QUINTO SEMESTRE		SEPTIMO SEMESTRE	
REGULARES					
MEDIA	1.720	MEDIA	3.287	MEDIA	1.857
DESVIACION Estandar	1.113	DESVIACION Estandar	1.758	DESVIACION Estandar	1.069
DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL	DISTRIBUCIOIN	LOGNORMAL	DISTRIBUCION	LOGNORMAL
IRREGULARES/CONVALIDADOS					
MEDIA	4.684	MEDIA	19.685	MEDIA	23.22
DESVIACION Estandar	2.334	DESVIACION Estandar	8.803	DESVIACION Estandar	10.97
DISTRIBUCIÓN	LOGNORMAL	DISTRIBUCION	LOGNORMAL	DISTRIBUCION	LOGNORMAL

Tabla 16.-Resultados de los tiempos en asesoría reticular de acuerdo al grado y tipo de alumno.

3.5.Descripción del modelo de simulación en PROMODEL

3.5.1.

LOCACIONES.

El modelo a simular representado en la figura siguiente, muestra las locaciones:

1. llegada de los alumnos a entrega de boletas;
2. entrega de boletas,

-
- Diagrama de un aula con 9 puntos de control de seguridad numerados:
1. Entrada principal.
 2. Salida principal.
 3. Entrada lateral.
 4. Salida lateral.
 5. Zona de estacionamiento.
 6. Zona de recepción.
 7. Zona de atención al cliente.
 8. Zona de espera.
 9. Zona de control de acceso.

3.5.2. ENTIDADES.

30

	Alumnos de tercer semestre regulares.		Alumnos de tercer semestre irregulares
	Alumnos de séptimo semestre regulares.		Alumnos de séptimo semestre irregulares.
	Alumnos de quinto semestre regulares.		Alumnos de octavo semestre irregulares

Tabla 17.- representación de alumnos regulares e irregulares.

3.5.3. RECURSOS.

Recursos son los docentes que asesorarán a cada estudiante para generar su carga académica. El proceso tendrá una duración de 7 horas programado de 9:00 am a 05:00 pm, con un tiempo de receso de 1 hora entre 2:00 y 3:00 pm.

3.6. DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA.

Las medidas que se desean observar del sistema tiene que ver con el tiempo de espera de los alumnos en el proceso de inscripción, esto debido a que se presentan muchas inconformidades al momento de llevar a cabo esta acción, sobre todos los alumnos regulares mencionan que tardan mucho en el momento de esperar para que se lleve a cabo su asesoría reticular, de igual forma, los docentes comentan que algunos semestres presentan mayor reto al momento de hacer la reinscripción ya que los alumnos irregulares de semestres avanzados tienen mayor numero de materias pendientes lo que provoca que se requiera mas tiempo al momento de llevar a cabo su asesoría reticular, por lo que los docentes que les toca los semestres más avanzados tienen mayor ocupación en comparación con los docentes que inscriben los semestres menos avanzados. Por último, debido a que el tiempo de inscripción es de 9:00 a 17:00, con un receso de 14:00 a 15:00 hrs. se desea saber cuantos alumnos quedan pendientes de inscripción despues de las 17:00 hrs, ya que para esto se requiere que varios docentes y administrativos se queden a laborar más del tiempo programado lo que ocasiona molestías entre el personal.

3.7. VERIFICACIÓN DEL MODELO.

Para llevar la verificación del modelo, este fue presentado al personal encargado de llevar a cabo el proceso de inscripción. Se les mostró la forma en como el modelo corría para ir identificando cada una de las partes de dicho proceso. De igual forma se mostró a los docentes encargados del procesos de asignación de la asesoría académica para que ellos indicasen si consideraban que la forma en cómo se comportaba el modelo era semejante a la realidad, quedando todos de acuerdo con el comportamiento del modelo.

3.8. VALIDACIÓN DEL MODELO BASE Y OBTENCIÓN DE NÚMERO ÓPTIMO DE CORRIDAS

Una vez construido el modelo base, se procede a realizar la validación del modelo, por lo que se realizan de manera arbitraria 10 corridas piloto, con la finalidad de evaluar si los datos reales coinciden con los datos del modelo base. Cabe mencionar que se toma en cuenta como medida de desempeño el tiempo de atención de los alumnos por los docentes en el proceso asesoría reticular. Debido a que se tienen diferentes tipos de alumnos, es decir alumnos regulares e irregulares de distintos semestres, se seleccionó aleatoriamente el tipo de alumno y el semestre para llevar a cabo la validación quedando los alumnos de tercer semestre regulares.

Con los resultados de las corridas piloto se hace un análisis con la prueba t-apareada para determinar si los datos obtenidos son válidos.

A continuación se muestran los resultados de la prueba t-apareada, buscando la mínima diferencia entre los valores reales (x) y los valores arrojados por el modelo (y). (Ver tabla 18)

Corrida	X_i	y_i	z_i	$(z_i - z_{10})^2$
1.00	2.25	2.7	-0.45	4.12
2.00	2.12	1.9	0.22	1.85
3.00	3.17	3.45	-0.28	3.46
4.00	1.58	1.51666667	0.06	2.30
5.00	2.92	0.63333333	2.29	0.50
6.00	4.67	1.13333333	3.54	3.83
7.00	2	1.25	0.75	0.69
8.00	11.4	1.78333333	9.62	64.59
9.00	1.7	2.7	-1.00	6.65
10.00	2.02	0.96666667	1.05	0.28

Suma				
Promedio	3.38	1.80	1.58	88.27

Tabla 18.- Resultados de la t-pareada.

VarZ	0.98	2.685010847
Z10	4.24	0.990336575
Z10 negativo	-1.08	2.659064445

Tabla 19.- Datos obtenidos de la t-pareada

Con los datos obtenidos se llega al siguiente intervalo (-1.08, 4.24).

En los valores obtenidos se observa que las 10 corridas piloto arrojan valores cercanos a los valores reales, por lo que se determina que el modelo es válido, ya que el intervalo de confianza contiene al cero, indicando que no se tiene diferencia significativa entre los resultados del modelo de simulación y los del sistema real. El siguiente paso es determinar el número óptimo de corridas, para esto se utilizó la prueba $n^*\beta$.

Partiendo de los resultados de las 10 corridas, y tomando estos valores como se presentan en la siguiente tabla:

Corrida	Tiempo de atención del alumno regular 3 er. Semestre
1	2.70
2	1.90
3	3.45
4	1.52
5	0.63
6	1.13
7	1.25
8	1.78
9	2.70
10	0.97

Tabla 20.-Corridas piloto.

Finalmente, se utiliza la prueba de $n^*\beta$ utilizando la fórmula mostrada en la ecuación siguiente tomando el tiempo de atención de los alumnos por los docentes en el proceso asesoría reticular de tercer semestre.

$$n * (\beta) = \min \left\{ i \geq n: t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta \right\}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

A	0.05
B	0.50
S^2_n	0.803938272
$\bar{X}_n$	1.80

Tabla 21. Parámetros n*B

i	Valor t-apareada	$\sqrt{S^2_n/i}$	$n*\beta$		B	
10	2.262157163	0.28353805	0.64140764	<=	0.50	no
11	2.228138852	0.27034293	0.60236158	<=	0.50	no
12	2.20098516	0.25883365	0.56968901	<=	0.50	no
13	2.17881283	0.24867932	0.5418257	<=	0.50	no
14	2.160368656	0.23963339	0.51769647	<=	0.50	no
15	2.144786688	0.23150785	0.49653496	<=	0.50	Si
16	2.131449546	0.22415651	0.4777783	<=	0.50	Si
17	2.119905299	0.21746376	0.46100258	<=	0.50	Si
18	2.109815578	0.21133679	0.44588164	<=	0.50	Si
19	2.10092204	0.20570012	0.43215992	<=	0.50	Si
20	2.093024054	0.20049168	0.41963391	<=	0.50	Si

Tabla 22. Datos n*B

Como se observar en la tabla anterior, a partir de 15 corridas se logra un valor menor a 0.5 que representa el error que se está dispuesto a soportar como diferencia entre la media real de atención de los alumnos regulares de tercer semestre y la media simulada.

Una vez determinado el número óptimo de corridas, se procedió a correr el modelo 15 veces durante el horario de 9:00 de la mañana las 17:00 horas, dejando una hora de descanso de 14:00 a 15:00 horas, para obtener los resultados y poderlos analizar las medidas de desempeño del sistema.

Capítulo 4 Análisis de resultados, evaluación de escenarios de mejora y conclusiones.

Como capítulo final se exponen cada una de las propuestas para la mejora del proceso, donde se plantean de forma explícita para la realización de los escenarios correspondientes a cada una, todo con ayuda del software PROMODEL, así como el análisis correspondiente a cada uno, para con ello llevar a determinar cuál es la mejor opción para llevar a cabo a la vida real.

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS CON EL MODELO BASE.

Una vez que el modelo base fue verificado y validado, el siguiente paso es observar en el modelo las medidas de desempeño del sistema indicadas en el punto 3.6. Como se indicó en este punto, la mayoría de las quejas vienen de los alumnos regulares, quienes indican que tardan mucho esperando a que se lleve a cabo su asesoría reticular, por lo que el tiempo de esta será una medida a observarse. Por otra parte, se va a evaluar el porcentaje de ocupación de los docentes tal como opera en este momento el proceso de inscripción. Y por último, se verá el número de alumnos atendidos en el horario actual y cuantos quedan pendientes a ser atendidos.

Después de llevar a cabo las 15 réplicas, se presentan los resultados del modelo base:

Réplica	Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
Avg	ALUMNO 3	127.00	0.00	77.30	0.49	42.43	4.18	30.20
Avg	ALUMNO 3 IRREGULAR	32.00	0.00	63.19	0.49	25.32	6.92	30.47
Avg	ALUMNO 5	63.27	36.73	186.11	0.49	31.23	5.65	148.74
Avg	ALUMNO 5 IRREGULAR	32.67	0.33	161.11	0.44	26.23	23.51	110.94
Avg	ALUMNO 7	38.07	57.07	184.49	0.49	30.43	4.21	149.36
Avg	ALUMNO 7 IRREGULAR	16.67	0.33	168.48	0.49	27.75	25.57	114.67
Avg	OTRAS CARRERAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 8.- Análisis del modelo base.

La tabla anterior muestra como es el comportamiento de los alumnos por semestre y clasificación (regulares, irregulares/convalidados).

➤ Alumnos de tercer semestre regulares:

De la cantidad de alumnos que entran, son 127 alumnos salen completamente del sistema, es decir, que acaban su proceso dentro del tiempo establecido los cuales han concluido su proceso en los horarios que se establecieron. El tiempo que tardan los alumnos en promedio desde que entran por su boleta y salen con su carga académica autorizada es de 77.30 minutos; su tiempo de espera promedio en todo el proceso es de 42.43 minutos, se puede observar un promedio de tiempo de operación de 4.18 minutos, la mayor parte del tiempo de operación es precisamente el proceso de asesoría reticular, ya que en el resto de las estaciones, el tiempo de espera es realmente poco.

➤ Alumnos de tercer semestre irregulares/convalidados:

Se pueden observar entre 302 salidas del sistema, donde representan todas las salidas sin quedar algún alumno. El tiempo que tardan los alumnos en promedio desde que entran por su boleta y salen con su carga académica autorizada es de 77.30 minutos; su tiempo de espera en promedio en cada fase del proceso es de 42.43 minutos. Se puede apreciar que estos alumnos tardan menos tiempo debido a que existe un área especial para alumnos irregulares de cualquier semestre, por lo que los alumnos irregulares pueden ir tanto a la asesoría de tercer semestre como a la asesoría de los irregulares. Esto provoca por lo tanto que se puedan acelerar un poco más y el tiempo de espera sea menor. Por último, se puede apreciar que el tiempo de operación efectivamente es mayor que el tiempo de los alumnos regulares y esto se debe a que al momento de llevar a cabo el proceso de asesoría reticular, estos alumnos requieren mayor cantidad de tiempo debido a que se debe acomodar su horario.

➤ Alumnos de quinto semestre regulares.

Hay entre 63 y 64 salidas del sistema; quedando 36 alumnos en la fila, como ya se mencionó en el caso de los alumnos de tercer semestre, los que no son atendidos en el tiempo normal, deberán ser atendidos fuera de este, provocando que tanto docentes como personal de servicios escolares tengan que quedarse horas extras. El tiempo que tardan los alumnos en promedio desde que entran por su boleta y salen con su carga académica autorizada es de 186.11 minutos, lo anterior debido a que alumnos irregulares de este semestre son más difíciles para llevar a cabo su asesoría reticular por parte de los docentes, de manera que el docente que se encuentra encargado de este semestre; su tiempo de espera en promedio en el proceso es de 31.23, y se puede apreciar un tiempo de bloqueo bastante elevado de 148.74 minutos, esto debido a que alumnos de este semestre y de séptimo son los que siguen llegando por la tarde, de manera que les toca la hora de receso en espera.

➤ Alumnos de quinto semestre irregulares/convalidados:

Con respecto a estos alumnos se puede observar entre 32 y 33 salidas en promedio del sistema; quedando 1 alumno en la fila. El tiempo que tardan los alumnos en promedio desde que entran por su boleta y salen con su carga académica autorizada es de 161.11 minutos, de igual forma que pasó con los alumnos irregulares de tercer semestre, al haber un docente dedicado a los irregulares, permite que el tiempo de espera de estos en promedio se reduzca considerablemente con relación a los regulares de quinto semestre. Su tiempo de espera en promedio en cada fase del proceso es de 26.23 minutos y se aprecia también un elevado tiempo de bloqueo 110.94 minutos, debido a la situación ya expuesta con los alumnos regulares de quinto semestre.

➤ Alumnos de séptimo semestre regulares.

Hay entre 38 y 37 salidas del sistema en promedio; quedando 57 alumnos en la fila. El tiempo que tardan los alumnos en promedio desde que entran por su boleta y salen con su carga académica autorizada es de 184.49 minutos; su tiempo de espera en promedio en cada fase del proceso es de 30.43 minutos, y un tiempo de bloqueo de 149.36 minutos.

➤ Alumnos de séptimo semestre irregulares/convalidados:

Hay entre 16 y 17 salidas del sistema en promedio; quedando 1 alumno en la fila. El tiempo que tardan los alumnos en promedio desde que entran por su boleta y salen con su carga académica autorizada es de 168.48 minutos; su tiempo de espera en promedio en el proceso es de 27.75 minutos y un tiempo promedio de bloqueo de 114.67 minutos.

De los datos anteriores se puede destacar que el tiempo de operación promedio en cada caso de los irregulares siempre fue mayor, siendo de 6.92, 23.51 y 27.57 minutos para los alumnos de tercero, quinto y séptimo respectivamente de los irregular, contra 4.18, 5.65 y 4.21 minutos de los regulares de los mismos semestres. Esto debe llamar la atención ya que los alumnos irregulares consumen mayor tiempo al momento de llevar a cabo su proceso de asesoría reticular y por lo tanto provocan que el promedio de atención se eleve para todos incluyendo a los alumnos regulares.

También se puede observar que en promedio quedan muchos alumnos para ser atendidos fuera del horario programado que es hasta las 17:00 horas, de manera que se observar que al final del día quedan entre 95 y 96 alumnos de todos los semestres, lo que provoca por una parte que esos alumnos deban inscribirse ya sea en horas extra o en los días siguientes, siendo esto un problema para todos los departamentos involucrados en el proceso de reinscripción.

Por otra parte, al observar al observar la figura 9, se puede apreciar que los porcentajes de utilización de los docentes que llevan a cabo las inscripciones son de 75.23% para el de tercer semestre; de 95.33% y 95.55% para el de quinto y séptimo respectivamente. El docente que lleva a cabo el proceso de inscripción de los irregulares se encuentra en un 93.67% muy cercano a los de quinto y séptimo semestre.

Réplica	Nombre	% Utilización
Avg	INSCRIPCION 3	75.23
Avg	INSCRIPCION 5	95.32
Avg	INSCRIPCION 7	95.55
Avg	IREGULARES	93.67

Figura 9.-Porcentajes de utilización de los docentes.

4.2. PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez analizada la situación actual, se procede a presentar propuestas buscando con estas establecer alguna mejora en las medidas de desempeño presentadas. Se plantean algunas propuestas para mejorar el flujo de alumnos en la fase de la línea de espera para entrar a asesoría reticular ya que como se puede apreciar tanto en la realidad como en el modelo, este punto es donde se lleva a cabo la mayor pérdida de tiempo

Los primeros tres escenarios tienen como objetivo trabajar utilizando la misma cantidad de recursos, es decir 4 computadoras y 4 docentes. El escenario tres tiene a diferencia del escenario 1 y 2 el aumento de 5 horas para llevar el proceso de reinscripción en un día distinto.

- **Utilizar dos docentes para regulares de todos los semestres y dos para los irregulares.**

En este escenario se tienen cuatro servidores cada uno con un docente, para ello se dividirán, y serán utilizados dos servidores para alumnos regulares, y dos servidores para alumnos irregulares, este escenario busca beneficiar a los alumnos regulares, de manera que al ser atendidos exclusivamente alumnos de esta característica, se busca que el tiempo de espera de los alumnos regulares se reduzca; el horario de atención será el mismo del modelo original de 9:00 hrs. a 17:00 hrs. con su respectivo receso de 14:00 a 15:00 hrs.

Analizando con el primer escenario, podemos encontrar las siguientes estadísticas mostradas en la figura (10) donde a continuación se especifica cada una.

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Prom...
ALUMNO 3	124.53	2.47	73.78	0.49	45.29	4.13	23.87
ALUMNO 3 IRREGULAR	26.87	5.13	184.46	0.49	22.25	6.64	155.08
ALUMNO 5	100.00	0.00	67.38	0.49	40.56	4.33	22.00
ALUMNO 5 IRREGULAR	21.00	4.00	196.23	0.49	22.27	21.52	151.95
ALUMNO 7	80.33	14.87	72.65	0.49	44.06	4.21	23.90
ALUMNO 7 IRREGULAR	17.13	7.87	194.30	0.49	21.54	25.42	146.84
OTRAS CARRERAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 10.- estadísticas del primer escenario (dos docentes para regulares/dos para irregulares)

➤ **Análisis alumnos regulares.**

Al revisar los resultados de este primer escenario, se puede observar que el tiempo en el sistema de los alumnos regulares, se ve beneficiado considerablemente sobre todo en los alumnos de quinto y séptimo semestre ya que de un tiempo de espera de 186.9 minutos y 184.49 minutos en promedio, se tiene una mejora hasta 67.38 minutos y 72.65 minutos en promedio respectivamente. De igual forma, se aprecia un incremento considerable en los alumnos atendidos de los semestres quinto y séptimo. De igual forma se puede apreciar una reducción cuantiosa en el tiempo de bloqueo de los alumnos regulares.

➤ **Análisis alumnos irregulares.**

En el caso de los irregulares, se puede apreciar una reducción en los alumnos que salen completamente del sistema desde la entrega de boleta hasta la autorización de su carga académica. Con ello podemos decir que reduce el número de alumnos en ser atendidos de quinto y séptimo semestre, ya que estos son los que presentan un mayor adeudo de materias atrasadas. También se observa un aumento en el tiempo que tardan dentro del sistema; por ejemplo los alumnos de tercer semestre, en el modelo original tardaban 63.19 min en promedio, mientras que en este escenario tardan 184.46 minutos en promedio. Con relación al bloqueo debido a lo antes expuesto, se aprecia un considerable aumento en dicho tiempo.

Con relación a la utilización de los docentes, en el proceso de asignación de cargas, no se observa una mejoría en dichos porcentajes, por lo que los docentes se encuentran ocupados por encima del 90% del tiempo.

- **Utilizar tres docentes para irregulares de todos los semestres y uno para los regulares.**

Los horarios serán los mismos, y los recursos son cuatro servidores con su respectivo docente, sin embargo en este escenario se plantea que los alumnos irregulares sean atendidos por tres docentes y los alumnos regulares sólo serán atendidos por un docente con su respectiva computadora.

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Prom...	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
ALUMNO 3 IRREGULAR	32.00	0.00	128.38	0.49	22.81	6.98	98.09
ALUMNO 5 IRREGULAR	25.00	0.00	140.45	0.49	22.59	21.98	95.38
ALUMNO 7 IRREGULAR	25.00	0.00	166.12	0.49	26.83	25.41	113.40
OTRAS CARRERAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALUMNO 5	92.07	7.93	104.37	0.49	32.46	4.29	67.13
ALUMNO 3	91.87	35.13	105.01	0.49	32.39	4.12	68.01
ALUMNO 7	54.73	40.47	104.92	0.49	32.37	4.23	67.83

Figura 11.- Estadísticas del segundo escenario (tres docentes para irregulares/uno para regulares)

➤ Análisis alumnos regulares.

Con los resultados obtenidos de este segundo escenario, se puede observar que las salidas de los alumnos son totales en cuestión a quinto y séptimo semestre, respecto al escenario original, aunque para los alumnos de tercero se reduce el número de alumnos atendidos a un 70%. Al tomar en cuenta el tiempo en el sistema, hay un aumento notorio en alumnos de tercer (de 77.30 a 105.01), a pesar que para quinto semestre reduce de 186.11 a 104.37 y para séptimo reduce de 168.48 a 104.92. Tomando en cuenta los tiempos de bloqueo son menores para quinto (148.74 a 67.33) y séptimo semestre (149.36 a 67.83) aunque en los de tercer semestre aumentan a más del 50% (30.20 a 68.01).

Respecto a la utilización de los docentes, en el proceso de asignación de cargas, se observa una mejoría en dichos porcentajes, por lo que los docentes se encuentran ocupados por encima del 80% del tiempo.

➤ Análisis alumnos irregulares.

Al analizar los resultados de la tabla de los alumnos irregulares se puede observar que los alumnos de tercer semestre salen del sistema la misma cantidad (32), para los alumnos de quinto semestre disminuye de 32 a 25 y los de séptimo aumentan de 16 a 25 respecto al modelo del escenario original. Respecto al tiempo en el sistema, aumenta en cada uno de los semestres, es decir tardan más tiempo los alumnos en recorrer todo el proceso. En cuestión de los bloqueos para tercero aumenta (30.47 a 98.09), en cambio para quinto y séptimo disminuyen un poco (110.94 a 95.38; 149.36 a 113.40, respectivamente).

Réplica	Nombre	% Utilización
Avg	prof 2	83.76
Avg	prof 4	83.65
Avg	prof 3	84.74
Avg	prof 1	88.53

Figura 12.- porcentaje de utilización de los profesores.

Con relación a la utilización de los docentes, en el proceso de asignación de cargas, se observa una mejoría en dichos porcentajes, por lo que los docentes se encuentran ocupados por encima del 80% del tiempo.

- **Dividir a los alumnos según las clasificaciones (regulares, irregulares) por días.**

Para este escenario se plantea que todos los alumnos regulares se inscriban en un solo día con un horario de cinco horas, es decir, de 9:00 a 14:00 hrs., los cuales van a ser atendidos por los cuatro docentes, y el día posterior vendrán los alumnos irregulares con un horario de 9:00 hrs. A 17:00 hrs., con su respectivo receso, donde los atenderán los cuatro docentes.

Reinscripciones para alumnos regulares.

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
ALUMNO 3	96.80	2.07	5.61	0.49	0.38	4.12	0.62
ALUMNO 3 IRREGULAR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALUMNO 5	96.60	1.60	5.94	0.42	0.62	4.27	0.64
ALUMNO 5 IRREGULAR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALUMNO 7	58.20	1.27	6.09	0.42	0.65	4.33	0.70
ALUMNO 7 IRREGULAR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 13.- Estadísticas del tercer escenario (alumnos regulares)

➤ **Análisis alumnos regulares.**

Al analizar este escenario respecto al original se puede observar una mejoría en las salidas de los alumnos del sistema ya que más de un 98% de los alumnos son atendidos de los diversos semestres. En base al tiempo que tardan los alumnos dentro del sistema es considerablemente menor al presentado en el primer modelo, siendo aproximadamente mayor a 5 minutos. Y tiempos de bloqueo se puede afirmar que son casi nulos, ya que tardan menos de medio minuto, todo ello respecto al modelo original.

Réplica	Nombre	% Utilización
Avg	prof 2	16.23
Avg	prof 4	15.40
Avg	prof 3	36.54
Avg	prof 1	83.36

Figura 14.-porcentaje de utilización de los profesores.

Respecto a la utilización de los docentes, en el proceso de asignación de cargas, se observa una mejoría en dichos porcentajes, por lo que los docentes se encuentran ocupados por **debajo** del 50% del tiempo.

Reinscripciones para alumnos irregulares.

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
ALUMNO 3 IRREGULAR	32.00	0.00	83.41	0.39	0.14	7.22	75.65
ALUMNO 5 IRREGULAR	25.00	0.00	95.68	0.40	0.14	21.61	73.53
ALUMNO 7 IRREGULAR	25.00	0.00	112.74	0.38	0.14	26.10	86.12

Figura 15.- Estadística del tercer escenario de los alumnos irregulares.

➤ **Análisis alumnos irregulares.**

Con respecto a los resultados del escenario tres de los alumnos irregulares, se observa que todos los alumnos son atendidos en su totalidad, sin dejar alguno fuera. El tiempo que tardan dentro del sistema se reduce en cada uno de los semestres, al igual que el tiempo de bloqueo es menor, respecto al escenario original.

Réplica	Nombre	% Utilización
Avg	prof 2	92.47
Avg	prof 4	93.01
Avg	prof 3	93.52
Avg	prof 1	92.99

Figura 16.- Porcentaje de utilización de los profesores.

Con relación a la utilización de los docentes, en el proceso de asignación de cargas, se observa en los porcentajes que los docentes se encuentran ocupados por encima del 90% del tiempo, esto debido a que como son alumnos irregulares necesitan asesorarlos mejor para la realización de la carga académica.

Cabe hacer mención en este escenario que no fue necesario cumplir con todo el horario para atender a los alumnos irregular, es decir, a las 14:00 hrs en el modelo de simulación ya se habían atendido al total de los alumnos, esto mejora considerablemente con relación a la situación actual y a los tiempos de los otros escenarios.

4.3. CONCLUSIONES

Con base a los análisis realizados en cada uno de los escenarios se pueden llegar las siguientes conclusiones:

Escenario 1 (Utilizar dos docentes para regulares de todos los semestres y dos para los irregulares).

Con el análisis de este escenario se puede apreciar que se benefician los alumnos regulares, sin embargo, los alumnos irregulares se están viendo perjudicados ya que el número de alumnos atendidos es menor.

Escenario 2 (Utilizar tres docentes para irregulares de todos los semestres y uno para los regulares).

Con este escenario se puede apreciar que los alumnos de tercer semestre regulares, se ven afectados al ser atendidos, siendo menor su número de salidas, y por consiguiente los bloqueos son mayores, a pesar de no tener problemas para generar su carga académica, es decir el tiempo que le toma al docente asignarle sus materias es relativamente pequeño en comparación al tiempo que esperan en ser atendidos. Por lo tanto este escenario beneficia por mucho a los alumnos irregulares, lo cual podría generar inconformidades en los alumnos regulares.

Escenario 3 (Dividir a los alumnos según las clasificaciones, regulares/ irregulares por días).

Con el análisis observado en la propuesta de mejora tres, la cual indica que sean divididos por días a los alumnos dependiendo la acreditación de sus materias, es decir en regulares e irregulares, un día para regulares, y el posterior para irregulares. Siento esta opción la más optima ya que todos los alumnos serán atendidos dentro del horario establecido ya que en los otros escenarios se observa que a pesar de que son atendidos todos el horario se alarga, sin embargo al correr este escenario se observa que hay tiempo libre para los profesores, es decir se ven menos presionados especialmente para alumnos regulares, aunque para alumnos irregulares se analiza que el porcentaje de utilización de los profesores es mayor a 90%, se sabe que es a los alumnos que para generar su carga académica es más minucioso el proceso al ir verificando que no choquen horarios en las materias que van a cursar en su próximo semestre.

ANEXOS

A continuación se presentan las tablas de muestreo de cada una de las fases del proceso de reinscripciones, donde muestra el número de muestra y el tiempo de llegada en minutos.

La primera tabla indica los tiempos de llegada de la fila 1, es decir, el alumno que llega a formarse para la entrega de boletas.

LLEGADAS FILA 1			
# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
1	2.31	20	0.82
2	12.76	21	0.13
3	8.01	22	0.03
4	6.13	23	0.20
5	1.65	24	0.08
6	1.83	25	0.02
7	0.27	26	0.03
8	0.03	27	0.15
9	0.03	28	0.12
10	0.05	29	0.17
11	0.08	30	0.12
12	0.03	31	0.50
13	0.53	32	0.15
14	0.57	33	0.13
15	0.43	34	0.17
16	0.08	35	0.07
17	0.05	36	0.78
18	1.08	37	0.55
19	0.20	38	0.18

Tabla 23.- Tiempos de llegada fila 1

Posteriormente de la fila 1 es el tiempo que tardan en entregar la boleta, representada en la tabla 24.

ENTREGA DE BOLETAS			
# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
1	1.80	33	0.23
2	1.60	34	0.40
3	1.82	35	0.48
4	1.70	36	0.17
5	1.50	37	0.25
6	1.43	38	0.63
7	3.28	39	0.48

8	0.45	40	0.38
9	0.67	41	0.37
10	0.47	42	0.53
11	0.45	43	0.27
12	0.70	44	3.40
13	1.33	45	46.00
14	0.37	46	4.00
15	0.92	47	1.02
16	0.20	48	1.90
17	0.30	49	1.70
18	0.38	50	1.50
19	0.57	51	2.30
20	0.38	52	1.03
21	0.10	53	1.23
22	0.15	54	1.25
23	0.12	55	1.07
24	0.35	56	1.02
25	0.13	57	1.33
26	0.32	58	1.17
27	0.45	59	1.67
28	0.18	60	0.75
29	0.20	61	2.00
30	0.17	62	1.03
31	0.72	63	1.67
32	0.52		

Tabla 24.- Tiempos de espera durante la entrega de boletas

La siguiente tabla muestra los tiempos de cotejo de pago donde los alumnos son atendidos por el personal administrativo para la verificación de sus pagos generados por la OVH, donde son sellados para pasar a la siguiente fase.

COTEJO DE PAGO			
# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
1	0.10	16	0.27
2	0.20	17	0.20
3	0.40	18	0.32
4	0.62	19	0.65
5	0.65	20	0.50
6	0.68	21	0.53
7	0.38	22	0.23
8	0.57	23	0.23

9	0.42	24	0.42
10	0.70	25	0.28
11	0.35	26	0.82
12	0.23	27	0.23
13	0.75	28	0.63
14	0.27	29	0.62
15	0.83	30	0.53

Tabla 25.- Tiempos tomados durante el cotejo de pago.

En la fila 2 se tomaron los datos de acuerdo a como los alumnos iban llegando a la fila para realizar su retícula, es decir para que se genere su carga académica.

FILA 2			
# MUESTRA	TIEMPO	# MUESTRA	TIEMPO
1	0.34	16	0.28
2	0.21	17	0.39
3	0.32	18	0.25
4	0.92	19	0.67
5	0.71	20	0.84
6	0.82	21	0.34
7	0.15	22	0.73
8	0.93	23	0.18
9	0.93	24	0.26
10	0.22	25	0.80
11	0.55	26	0.56
12	0.15	27	0.33
13	0.41	28	0.93
14	0.64	29	0.84
15	0.53		

Tabla 26.- Tiempos de la fila 2

En la tabla 27 corresponde a la asesoría reticular (fase 3, ya que los alumnos pasan con un docente que les proporcionará su carga académica según las materias que vaya a cursar.

Para realizar el muestreo especialmente en esta fase se clasifican a los alumnos por grados, es decir, tercer semestre, quinto semestre y séptimo semestre; en consecuencia cada grado por alumnos regulares y alumnos irregulares/convalidados, así se determinaría el tiempo que tarda cada uno durante el proceso.

ASESORIA RETICULAR TERCER SEMESTRE		
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
R	1	6.65
R	2	1.3
R	3	1.17
R	4	1.58
R	5	1.62
R	6	0.93
R	7	0.98
R	8	1.1
R	9	1.35
R	10	1.33
R	11	1.1
R	12	1.07
R	13	1.93
R	14	2.67
R	15	1.1
R	16	1.15
R	17	1.17
R	18	1.62
R	19	1.7
R	20	2.07
R	21	1.37
R	22	1.27
R	23	0.88
R	24	1.83
R	25	3.87
R	26	1.78
R	27	2.18
R	28	1.17
R	29	1.53
R	30	2.13

Tabla 27.- tiempos de la asesoría reticular de los alumnos regulares de tercer semestre.

ASESORIA RETICULAR TERCER SEMESTRE		
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
I	1	5.98
C	2	2.5
I	3	5.58

C	4	5.4
I	5	7.7
C	6	4.8
I	7	2.92
I	8	1.78
C	9	6.25
C	10	10.92
I	11	4.07
I	12	5.97
I	13	7.05
I	14	2.12
I	15	3.98
I	16	2.12
I	17	4.08
I	18	2.57
I	19	3.2

Tabla 28.- Tiempos de la asesoría reticular de los alumnos irregulares/convalidados de tercer semestre.

ASESORIA RETICULAR QUINTO SEMESTRE		
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
R	1	2.13
R	2	1.33
R	3	1.77
R	4	8.15
R	5	4.00
R	6	2.48
R	7	2.77
R	8	1.48
R	9	3.03
R	10	4.32
R	11	4.83
R	12	3.75
R	13	2.50
R	14	3.48

Tabla 29.- Tiempos de la asesoría reticular de los alumnos regulares de quinto semestre.

ASESORIA RETICULAR QUINTO SEMESTRE		
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
I	1	10.50
I	2	9.83

C	3	13.17
C	4	14.87
C	5	19.98
I	6	9.83
C	7	18.85
C	8	27.73
C	9	31.00
C	10	33.00
C	11	36.00
I	12	9.58
C	13	16.17
C	14	25.67
C	15	23.30
I	16	15.48

Tabla 30.- Tiempos de la asesoría reticular de los alumnos irregulares /convalidados de quinto semestre.

ASESORIA RETICULAR SEPTIMO SEMESTRE		
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
R	1	1.63
R	2	5.57
R	3	1.2
R	4	2.37
R	5	3.85
R	6	1.47
R	7	1.25
R	8	2.77
R	9	2.8
R	10	1.55
R	11	1.45
R	12	1.17
R	13	2.42
R	14	1.83
R	15	1.5
R	16	1.37
R	17	1.07
R	18	1.07
R	19	1.12
R	20	1.33
R	21	1.33
R	22	1.27

R	23	1.32
---	----	------

Tabla 31.- Tiempos de la asesoría reticular de los alumnos regulares de séptimo semestre.

ASESORIA RETICULAR SEPTIMO SEMESTRE		
ALUMNO	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
I	1	2.9
I	2	4.08
C	3	8.48
I	4	1.67
I	5	1.27
I	6	4.28
I	7	2.07
I	8	1.68
I	9	2.5
I	10	2.18
I	11	4.25
I	12	2.28
C	13	10.78
I	14	1.27
I	15	1.32
I	16	1.15
I	17	1.47
C	18	10.48
I	19	1.07
I	20	1.03
I	21	1.87
I	22	2.17
I	23	1.93
I	24	1.58
I	25	1.27
I	26	1.5
I	27	1.03
I	28	1.38

Tabla 32.- Tiempos de la asesoría reticular de los alumnos irregulares/convalidados de séptimo semestre.

Y por último la tabla 33 representa la fase 4 la autorización de las cargas académicas

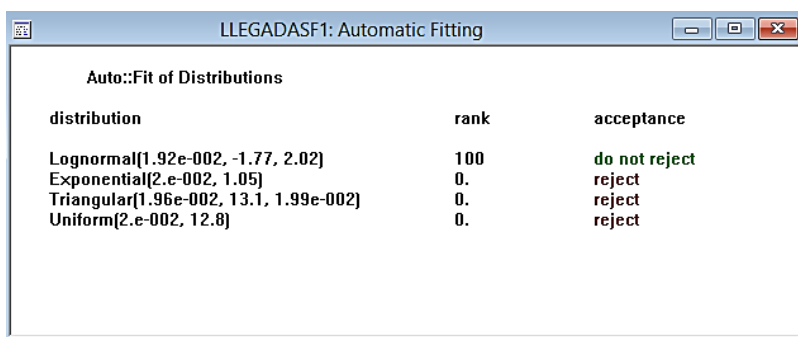
AUTORIZACIÓN			
# MUESTRA	TIEMPO (MIN)	# MUESTRA	TIEMPO (MIN)
1	0.55	26	0.30

2	0.82	27	0.32
3	0.17	28	0.32
4	0.25	29	0.32
5	0.33	30	0.35
6	0.50	31	0.35
7	0.67	32	0.37
8	0.67	33	0.38
9	0.67	34	0.40
10	0.83	35	0.40
11	0.83	36	0.42
12	1.00	37	0.42
13	1.00	38	0.43
14	1.00	39	0.47
15	1.17	40	0.48
16	1.33	41	0.50
17	1.50	42	0.52
18	0.22	43	0.52
19	0.22	44	0.52
20	0.25	45	0.53
21	0.27	46	0.53
22	0.27	47	0.55
23	0.27	48	0.57
24	0.28	49	0.57
25	0.28		

Tabla 33.- Tiempos durante la autorización.

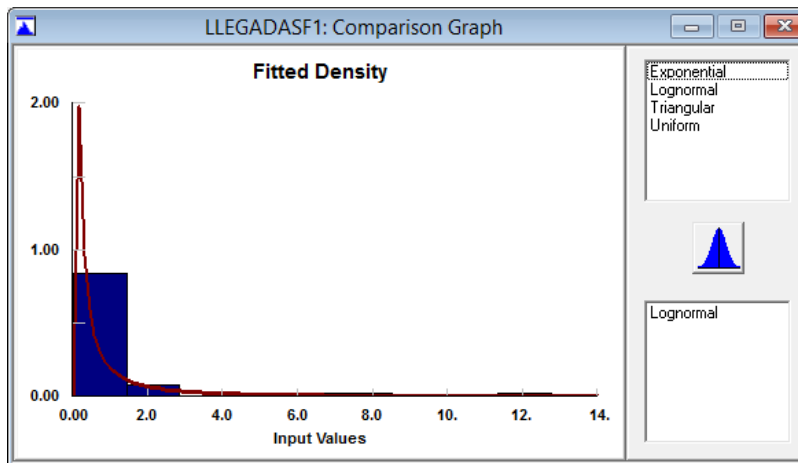
A continuación se representa el comportamiento de cada una de las muestras según su fase para determinar cuál distribución sigue.

En la figura 17 muestra como la fila 1 sigue una distribución Lognormal a un 100%.



distribution	rank	acceptance
Lognormal[1.92e-002, -1.77, 2.02]	100	do not reject
Exponential[2.e-002, 1.05]	0.	reject
Triangular[1.96e-002, 13.1, 1.99e-002]	0.	reject
Uniform[2.e-002, 12.8]	0.	reject

Figura 17 Resultados de la distribución que sigue la fila 1

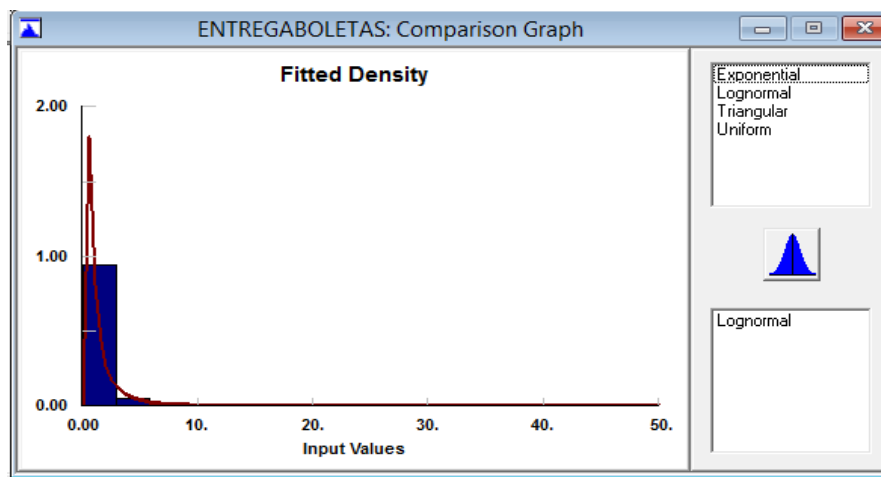


Histograma 1.- Llegadas de la fila 1.

En la figura 18 muestra que durante la entrega de boletas a los alumnos siguen una distribución Lognormal a un 100%.

ENTREGABOLETAS: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(7.77e-002, -0.579, 1.26)	100	do not reject
Exponential(0.1, 1.57)	0.	reject
Triangular(9.48e-002, 46.8, 9.94e-002)	0.	reject
Uniform(0.1, 46.)	0.	reject

Figura 18.- Distribución que sigue la entrega de boletas.



Histograma 2.- Entrega de boletas.

En la figura 19 se muestra el tipo de distribución que sigue el cotejo de pago.

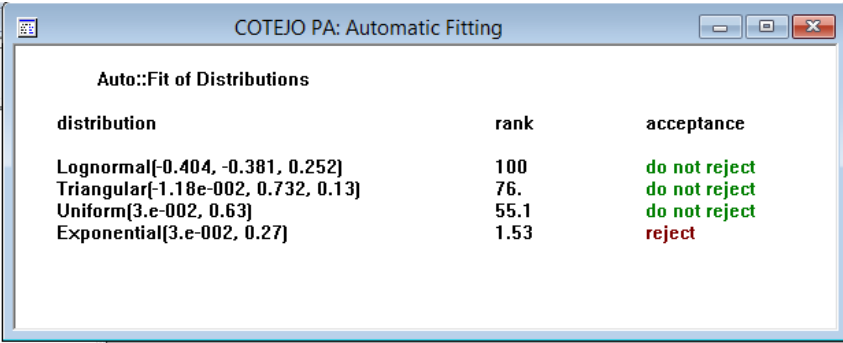
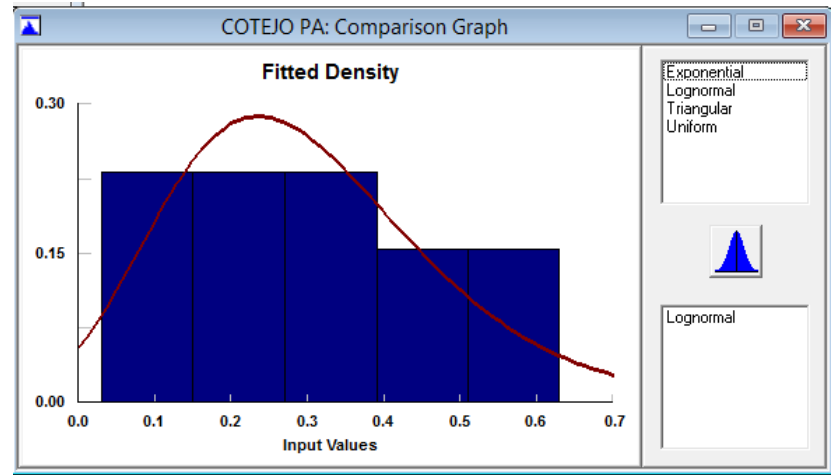


Figura 19.- Distribución que sigue el cotejo de pago.



Histograma 3.- Cotejo de pago.

La figura 20 representa el tipo de distribución que sigue la fila 2.

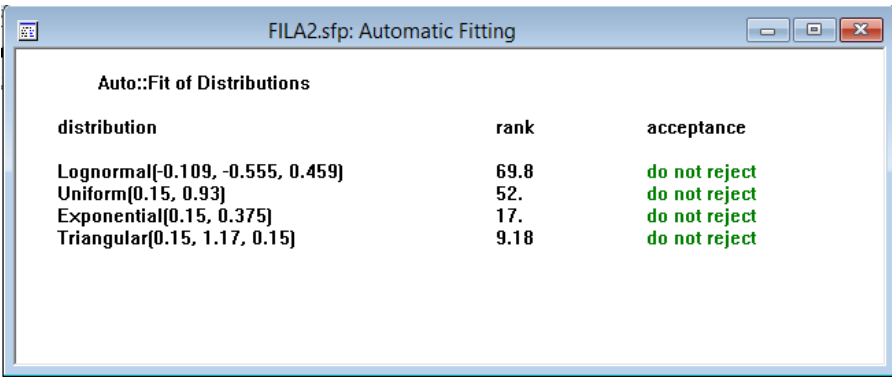
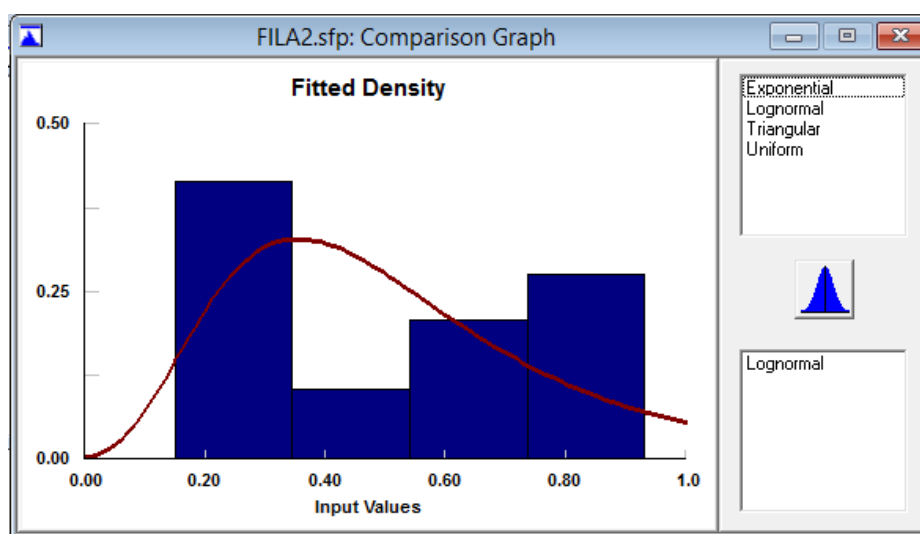


Figura 20.- Distribución que sigue la fila 2.



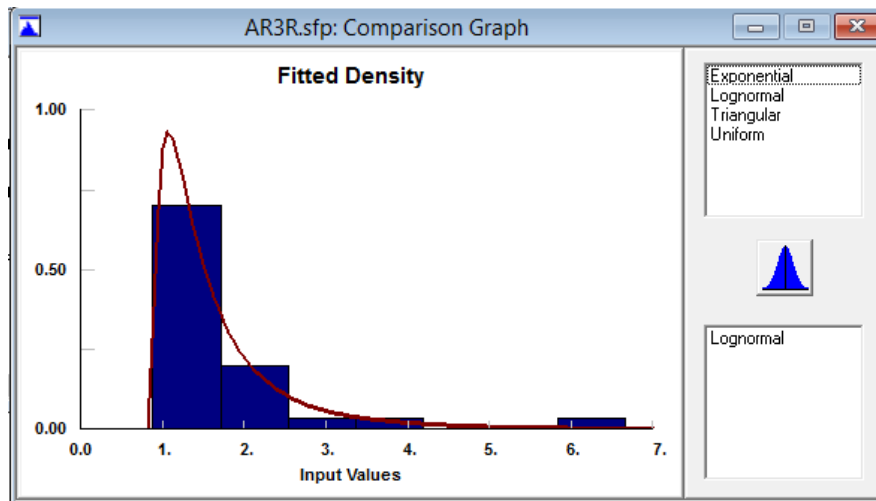
Histograma 4.- Fila 2.

A continuación se establece en las siguientes figuras los tipos de distribuciones que se siguen en la asesoría reticular, divididos por semestres y tipo de alumnos regulares e irregulares.

➤ *Tercer semestre alumnos regulares*

AR3R.sfp: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(0.813, -0.534, 0.913)	100	do not reject
Exponential(0.88, 0.84)	49.6	do not reject
Triangular(0.88, 6.88, 0.88)	0.	reject
Uniform(0.88, 6.65)	0.	reject

Figura 21.- Distribución que sigue la asesoría reticular para alumnos de tercer semestre regulares.

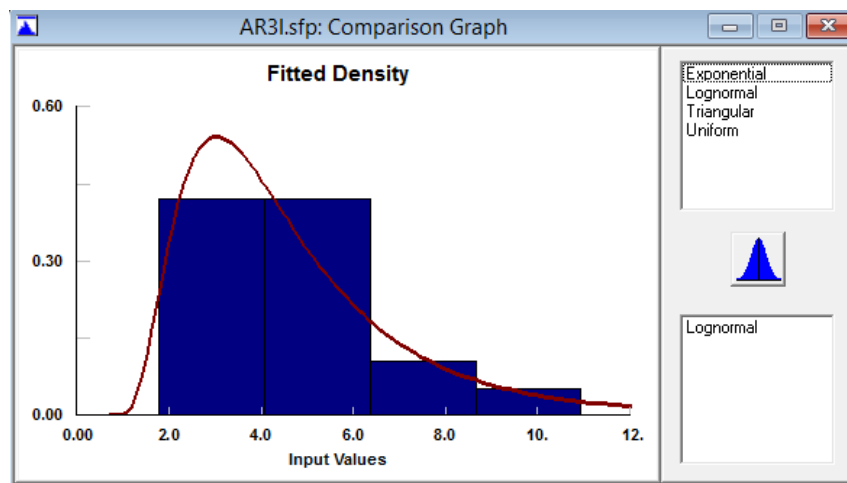


Histograma 5.- Asesoría reticular para alumnos de tercer semestre regulares.

➤ *Tercer semestre alumnos irregulares/convalidados*

AR3I.sfp: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[0.716, 1.21, 0.606]	100	do not reject
Triangular[1.78, 11.8, 1.78]	46.	do not reject
Exponential[1.78, 2.9]	45.4	do not reject
Uniform[1.78, 10.9]	8.82e-003	reject

Figura 22.- Distribución que sigue la asesoría reticular para alumnos de tercer semestre irregulares.

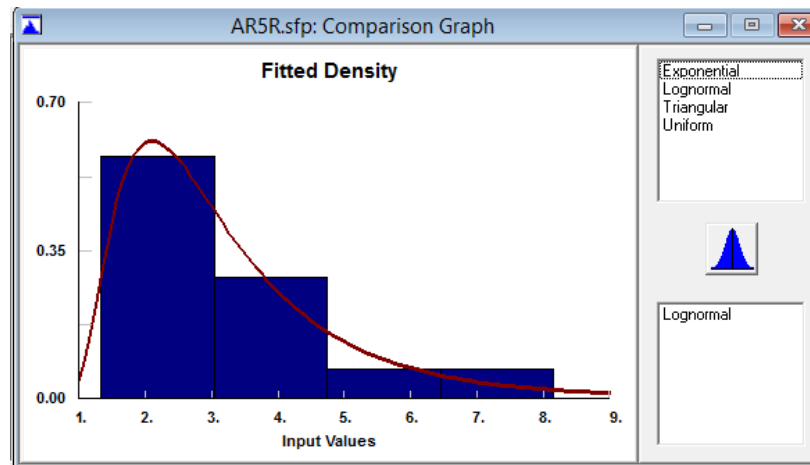


Histograma 6.- Asesoría reticular para alumnos de tercer semestre irregulares.

- Quinto semestre alumnos regulares.

AR5R.sfp: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[0.684, 0.759, 0.642]	100	do not reject
Exponential[1.33, 1.96]	57.5	do not reject
Triangular[1.33, 8.84, 1.33]	9.02	do not reject
Uniform[1.33, 8.15]	4.26e-003	reject

Figura 23.- Distribución que sigue la asesoría reticular para alumnos de quinto semestre regulares.

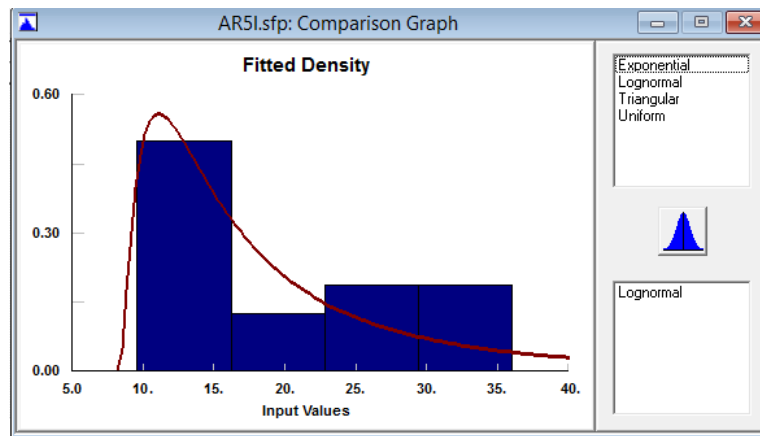


Histograma 7.- Asesoría reticular para alumnos de quinto semestre regulares.

- Quinto semestre alumnos irregulares/convalidados

AR5I.sfp: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[8.18, 2.05, 0.992]	100	do not reject
Exponential[9.58, 10.1]	78.9	do not reject
Triangular[9.57, 40.6, 9.58]	18.7	do not reject
Uniform[9.58, 36.]	3.41	do not reject

Figura 24.- Distribución que sigue la asesoría reticular para alumnos de quinto semestre irregulares.

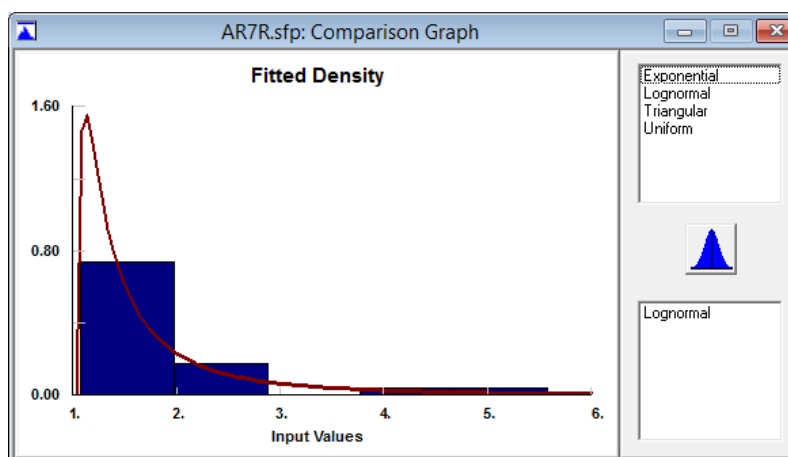


Histograma 8.- Asesoría reticular para alumnos de quinto semestre irregulares.

➤ Séptimo semestre alumnos regulares.

AR7R.sfp: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(1.04, -0.912, 1.27)	100	do not reject
Exponential(1.07, 0.787)	19.3	do not reject
Triangular(1.07, 5.82, 1.07)	0.	reject
Uniform(1.07, 5.57)	0.	reject

Figura 25.- Distribución que sigue la asesoría reticular para alumnos de séptimo semestre regulares.



Histograma 9.- Asesoría reticular para alumnos de séptimo semestre regulares.

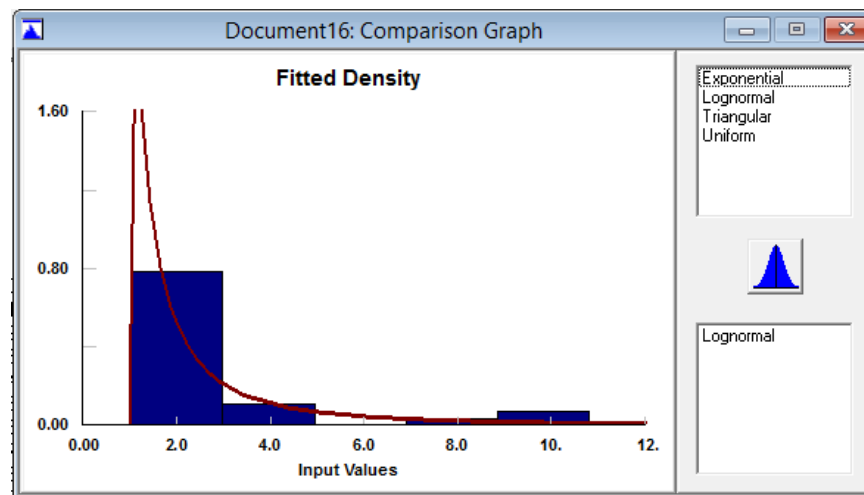
➤ Séptimo semestre alumnos irregulares/convalidados

Document16: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal[0.996, -0.3, 1.45]	100	do not reject
Exponential[1.03, 1.79]	3.35	do not reject
Triangular[1.03, 11.5, 1.03]	0.	reject
Uniform[1.03, 10.8]	0.	reject

Figura 26.- Distribución que sigue la asesoría reticular para alumnos de séptimo semestre irregulares.



Histograma 10.- Asesoría reticular para alumnos de séptimo semestre irregulares.

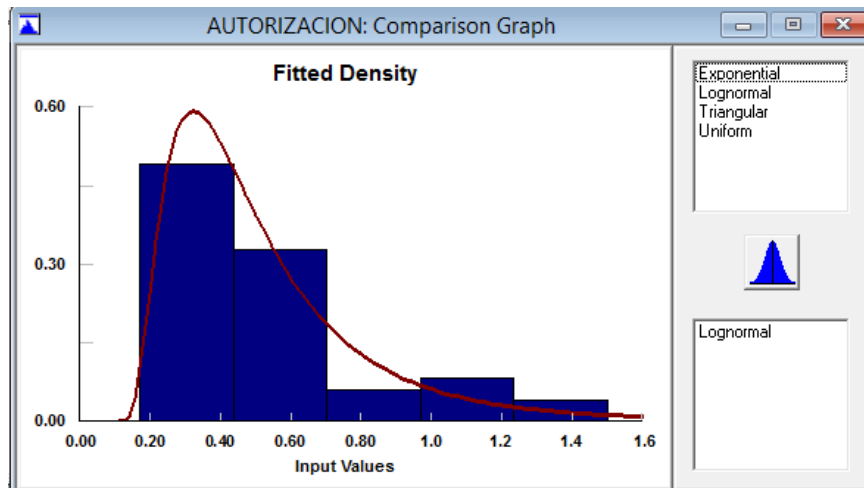
En la figura 27 se presenta el tipo de distribución que sigue la autorización.

AUTORIZACION: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal[0.111, -1.1, 0.675]	100	do not reject
Exponential[0.17, 0.358]	3.67	do not reject
Triangular[0.143, 1.55, 0.25]	4.2e-004	reject
Uniform[0.17, 1.5]	0.	reject

Figura 27.- Distribución que sigue la autorización de la carga académica.



Histograma 11.- Autorización de la carga académica.

Bibliografía:

Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México. McGraw-Hill.

Coss Bu, R. (2003). *Simulación un Enfoque Práctico*. México. Limusa- Noriega Editores.

Garcia D., E., García R., H. y Cárdenas B., L. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México. Pearson Prentice Hall.

Ricardo, C., (2002). *Introducción a la simulación y teoría de colas*. A Coruña Netbiblo, S.L.

Sheldon M. Ross (1999). *Simulación* (2ª ed.). México Pearson Prentice Hall.
Google Maps. (01 de Octubre de 2017).