

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO FINAL**  
**Alistamiento de Pedidos en Pozuelo S.A.**

**Profesor:**

**Carlos Sáenz**

**Integrantes:**

**Niger López**

**Carlos Sánchez**

**Fernando Vargas**

**II Cuatrimestre 2003**

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

## II-46L SIMULACIÓN FORMATO DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS 2C-2003

PROFESOR: ING. CARLOS SÁENZ A.

FECHA: \_\_\_\_\_

PROYECTO FINAL: Pozuelo S. A.

ESTUDIANTES: Niger López
Carlos Sánchez
Fernando Vargas

LISTADO DE COMPONENTES	PUNTOS	
	POSIBLES	OBTENIDOS
<b>PORTADA (1 página)</b>	1	
<b>ÍNDICE GENERAL Y OTROS ÍNDICES (1 página)</b>	1	
<b>I RESUMEN (1 página)</b>	10	
<b>II INTRODUCCIÓN (3 páginas)</b>		
2.1 Enunciado del estudio	6	
2.2 Problema central	3	
2.3 Objetivos		
2.3.1 Objetivo general	2	
2.3.2 Objetivos específicos	2	
2.4 Alcances y limitaciones	2	
2.5 Justificación del uso de la simulación	2	
<b>III DIAGNÓSTICO (5 páginas)</b>		
3.1 Descripción del proceso	2	
3.2 Diagrama lógico del proceso	2	
3.3 Información de entrada del modelo		
3.3.1 Requerimientos de información	1	
3.3.2 Fuentes de información	1	
3.3.3 Diseño del plan de muestro	2	
3.3.4 Análisis estadístico de los datos de entrada	4	
3.4 Definición de las medidas de desempeño	1	
3.5 Modelo de simulación	5	
3.6 Resultados		
3.6.1 Tabla resumen de resultados	2	
3.6.2 Verificación de resultados	2	
3.6.3 Análisis de resultados	4	
3.7 Conclusiones del diagnóstico	5	
<b>IV DISEÑO (5 páginas)</b>		
4.1 Justificación de escenarios a evaluar	4	
4.2 Modelos de los escenarios	6	
4.3 Análisis de resultados		
4.3.1 Tabla resumen de resultados	2	
4.3.2 Verificación de resultados	3	
4.3.3 Análisis de resultados	6	
4.3.4 Evaluación económica	5	
4.4 Conclusiones del diseño	5	
<b>V RECOMENDACIONES (1 página)</b>	8	
<b>VI BIBLIOGRAFÍA (1 página)</b>	1	
<b>VII ANEXOS</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	

---

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>I. RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Enunciado del estudio</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Problema central</b>	<b>2</b>
<b>2.3. Objetivos</b>	<b>3</b>
2.3.1. Objetivo general	3
2.3.2. Objetivos específicos	3
<b>2.4. Alcances y limitaciones</b>	<b>3</b>
2.4.1. Alcances	3
2.4.2. Limitaciones	3
<b>2.5. Justificación del uso de la simulación</b>	<b>4</b>
<b>III. DIAGNÓSTICO</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Descripción del proceso</b>	<b>5</b>
<b>3.2. Diagrama lógico de proceso</b>	<b>5</b>
<b>3.3. Información de entrada del modelo</b>	<b>6</b>
3.3.1. Requerimientos de información	6
3.3.2. Fuentes de información	6
3.3.3. Diseño del plan de muestreo	6
3.3.4. Análisis estadístico de los datos de entrada	7
<b>3.4. Medidas de desempeño</b>	<b>8</b>
<b>3.5. Modelo de simulación( Ver Anexo III)</b>	<b>8</b>
<b>3.6. Resultados</b>	<b>9</b>
3.6.1. Tabla resumen de resultados	9
3.6.2. Verificación de resultados	9
3.6.3. Análisis de resultados	10
<b>3.7. Conclusiones del diagnóstico</b>	<b>10</b>
<b>IV. DISEÑO</b>	<b>11</b>
<b>4.1. Justificación de escenarios a evaluar</b>	<b>11</b>
<b>4.2. Modelos de los escenarios</b>	<b>11</b>
<b>4.3. Análisis de resultados</b>	<b>12</b>

4.3.1.	Tabla resumen de resultados	12
4.3.2.	Verificación de resultados	13
4.3.3.	Análisis de resultados	14
4.3.4.	Evaluación económica	16
<b>4.4.</b>	<b>Conclusiones del diseño</b>	<b>17</b>
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>17</b>
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>18</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>19</b>

## I. Resumen

La empresa **Pozuelo S.A.** ha participado desde hace muchos años en forma activa en el mercado nacional, con una gran variedad de productos dirigidos a diversos segmentos de mercado. Es una organización que siempre se ha interesado por la innovación e investigación, así como por el mejoramiento de sus procesos. Es bajo esta premisa y siempre considerando la medida en eficiencia y servicio al cliente, tanto interno como externo, que la empresa **Pozuelo S.A.** expone el problema real de la fila de espera de las ordenes de pedidos solicitadas a la bodega de despacho.

Con este estudio se propone utilizar la herramienta de simulación para evaluar posibles alternativas de solución, y buscar adecuar el sistema de alistamiento de pedidos con el fin de disminuir el tiempo en cola de las ordenes de pedido.

La primera fase del estudio se centra en determinar los requerimientos de información necesarios para modelar posteriormente el sistema. Se establece la técnica de recolección de los datos y al mismo tiempo, se valida la veracidad de los mismos sometiéndolos a un exhaustivo análisis estadístico.

Como segunda fase se estableció el tamaño de muestra representativo de la población, para luego calcular el número de clases y su frecuencia relativa. Tomando esta información, se aplicó la prueba de bondad de ajuste para definir si la distribución de la muestra guarda el mismo comportamiento que la distribución teórica. Una vez definido lo anterior se definen las medidas de desempeño, se elabora el modelo con base en la información obtenida y con estos datos se verifican y analizan los resultados, con base a estos se hacen las conclusiones del estudio actual realizado.

Como conclusiones del diagnóstico, se obtuvo que el tiempo que dura una orden de pedido en el sistema excede el tiempo promedio entre llegadas de los pedidos entrantes, esto genera la creación de una cola en el servicio afectando estos tiempos y llevando a los recursos disponibles a una utilización muy alta.

Como fase final se desarrollaron tres escenarios los cuales se analizaron, se vieron sus ventajas y desventajas, se verificaron y se les hizo una evaluación económica. Con base a esto se concluyó en asignar un recurso mas en la realización de esta labor, la cual reduce considerablemente el número de pedidos en cola y sus respectivos tiempo de espera, y el aumento en el costo para la empresa no representa un rubro prohibitivo, debido a que siempre se manejó el supuesto de movilizar una persona dentro de la misma área de distribución (CAD).

Finalmente se recomienda asignar una persona que realiza la función de acomodo de camiones del servicio de agentes mayoristas, esta función no es prioridad los días viernes ya que el despacho de la mercadería que transportan estos camiones se realiza los días sábado, de esta forma, este colaborador vendría a apoyar el proceso de alistamiento de pedidos, y así eliminar las colas generadas durante el periodo de las 4 horas de alta demanda.

## II. Introducción

### 2.1. *Enunciado del estudio*

Para la realización de este proyecto es necesario conocer el proceso de alistamiento de pedidos.

El proceso inicia por medio de la elaboración de la orden de pedido la cual proviene de diferentes fuentes, esta orden de pedido es recibida por el encargado de bodega, el cual la distribuye entre los asistentes de bodega que estén disponibles para su alistamiento, este procede a recorrer los pasillos de la bodega de producto terminado con una carretilla hidráulica recolectando los productos solicitados.

Una vez que se ha completado todo el pedido se lleva al encargado de bodega que está en la zona de despacho para revisar que todo este en orden y se pasa a un almacenaje temporal.

Ya que no se puede obtener el tiempo entre llegada de las ordenes de pedido, se utilizó el criterio experto, se nos dieron los valores máximos, mínimos y un valor modal, los cuales son 0.50, 3 y 5 minutos respectivamente, este valor mínimo se da ya que cuando se reciben órdenes de pedido por medio de teléfono, las llamadas entran consecutivamente apenas termina de tomarse el pedido, por lo que se anotó un valor relativamente pequeño. Asimismo por criterio del experto se tiene que el tiempo entre llegada de las órdenes rara vez excede los 5 minutos.

Se presentan los datos de tiempo de servicio muestreados, que se encuentran en el Anexo 1, el cual resultó tener una distribución normal de 6.42 minutos con una desviación estándar de 2.30 minutos, es importante resaltar que durante el tiempo de muestreo se determinó que del total de los 85 datos observados solamente 1 presentó disconformidad a la hora de la revisión del pedido, ya que este atraso se presenta muy poco, no es posible establecer valores que permitieran representar este fenómeno, debido a la limitante de tiempo presentada durante el muestreo por lo que se recurrió nuevamente al criterio de experto para definir el parámetro en el cual se encuentran los datos. Este proceso de completado de pedido obedece a una distribución uniforme con un mínimo y un máximo de 1 y 5 minutos respectivamente. Actualmente se cuenta con dos auxiliares de bodega los cuales durante el periodo de medición, utilizan 15 minutos de receso iniciando este a las 2:45 pm. Los pedidos al final del día deben quedar listos en su totalidad.

Con la información anterior se pretende cumplir con el objetivo de este proyecto el cual es reducir el tiempo de cola en el alistamiento de pedidos

### 2.2. *Problema central*

¿Cómo minimizar el tiempo en cola de las órdenes de pedido entrante?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general**

Reducir el tiempo en cola de los pedidos, mediante la valoración de varios escenarios y brindar alternativas de solución.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- 1) Evaluar distintos escenarios mediante simulación a fin de proponer una alternativa de mejora.
- 2) Definir un escenario adecuado teniendo en cuenta el número de servidores a utilizar así como el horario en el cual se va a desarrollar este trabajo.
- 3) Reducir en un 15% los tiempos en cola de los pedidos, con el fin de agilizar el proceso de alistamiento.

## **2.4. Alcances y limitaciones**

### **2.4.1. Alcances**

Este estudio se centrará en el proceso de alistamiento de pedido en el centro de almacenamiento y distribución (CAD) de la empresa Pozuelo. S. A.

Para el desarrollo del estudio se recolectarán los datos los días Viernes durante la tarde, a partir de 12:00 PM a 4:00 PM cuando se presenta la mayor cantidad de órdenes de pedido.

Se tomará en cuenta la realización de pedidos de toda la gama de productos que elabora la empresa

### **2.4.2. Limitaciones**

El estudio solamente abarcará el sistema de alistamiento de pedido, no tomará en cuenta aspectos que se generen después de que el producto pasa al área de despacho.

Por motivos de tiempo el estudio no tomará en cuenta los picos de demanda. El muestreo solamente se tomará en un mes, dejando de lado los meses de mayor demanda de productos.

Para el análisis del sistema se utilizará un programa de simulación, el cual presenta la limitante de no considerar el factor humano involucrado dentro del proceso de alistamiento de pedidos, ya que es un elemento importante que influye en el desempeño final del mismo.

## **2.5. *Justificación del uso de la simulación***

Este trabajo se enfoca en el uso de la simulación, como herramienta práctica para establecer un modelo que permita recrear los posibles escenarios que se puedan presentar en el sistema de manejo de pedidos de la empresa Pozuelo S. A.

Con esto se busca aprovechar las ventajas que brinda la simulación y evitar comprometer los recursos físicos de la empresa, así como prevenir cualquier trastorno dentro del proceso por la puesta en marcha de los escenarios a evaluar. De igual forma, facilita en gran medida la explicación del sistema a terceros, mostrando en forma gráfica el proceso y las restricciones propias del mismo.

Debido a la imposibilidad de aumentar el número de recursos (horas hombre, montacargas, etc) y también, al inconveniente de modificar horarios y la distribución de lugar, se escogió la simulación como medio para poner a prueba posibles soluciones que mejoren el proceso actual, volviéndolo mas eficiente y acelerar el tiempo de respuesta para beneficio de los clientes internos de la empresa.

### III. Diagnóstico

#### 3.1. Descripción del proceso

El proceso inicia por medio de la elaboración de la orden de pedido la cual proviene de diferentes fuentes (agente vendedor, regalías, pedidos internos..etc), esta orden de pedido es recibida por el encargado de bodega, el cual manda una copia para su facturación e inclusión en el sistema y otra para el asistente de bodega.

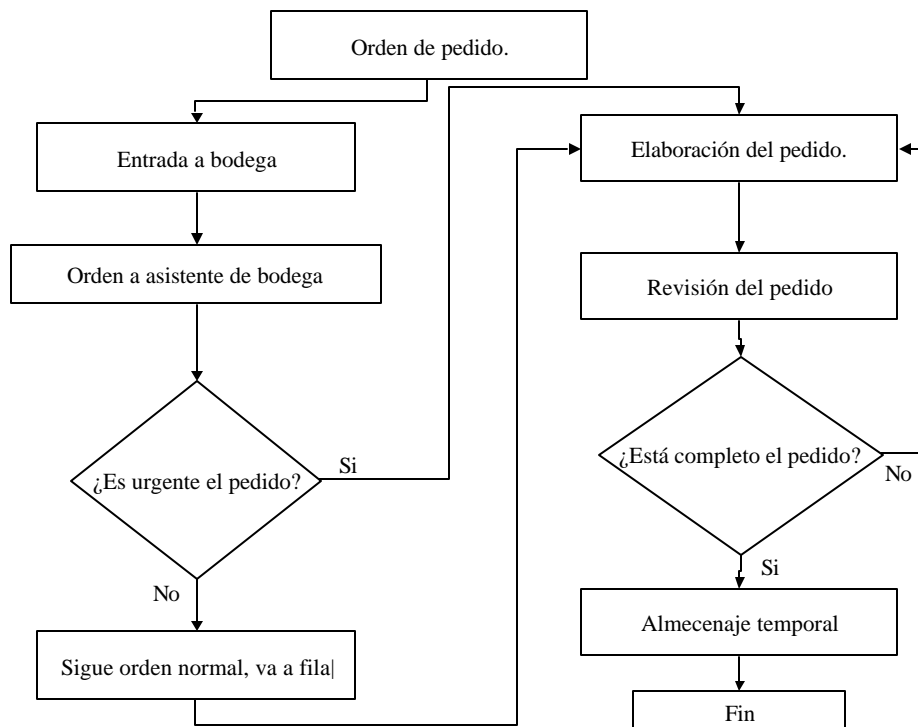
Las ordenes normalmente se procesan siguiendo el sistema PEPS (primero en entrar, primero en salir) sin embargo en algunas ocasiones según la importancia del pedido, el encargado de bodega establece el orden de alistamiento.

Una vez que el asistente de bodega recibe la orden de pedido, procede a recorrer los pasillos de la bodega de producto terminado con una carretilla hidráulica, una tarima vacía y va recolectado los productos solicitados. El alistamiento de los pedidos se da en forma simultánea, por varios asistentes de bodega, que preparan los pedidos de los diferentes clientes. Cada asistente se dedica únicamente a preparar un pedido, y no dos o más en forma paralela, solamente puede alistar otro pedido hasta haya terminado el anterior.

Cuando se ha completado todo el pedido se lleva al encargado de bodega que está en la zona de despacho para revisar que todo este en orden. Una vez que se revisa, si no hay que realizar ningún cambio se deja en un área de almacenaje temporal hasta que llegue el cliente a cargar el camión.

#### 3.2. Diagrama lógico de proceso

Figura 1 Diagrama lógico de proceso



### **3.3. Información de entrada del modelo**

#### **3.3.1. Requerimientos de información**

Para el desarrollo del modelo de simulación a plantear, se necesitan conocer dos variables de entrada fundamentales en un problema de colas como el que se presenta en este proyecto.

Como primer requerimiento se debe contar con la tasa de llegada de las ordenes de pedido entrantes al sistema, además como segundo requerimiento es imprescindible conocer la tasa de servicio que provee el sistema de alistamiento de pedidos.

Así mismo, determinar el comportamiento de los datos o la distribución de probabilidad, tanto de los tiempos de llegada como de servicio, es un requerimiento básico para modelar el sistema utilizando el programa definido para este propósito.

#### **3.3.2. Fuentes de información**

Para la recolección de los datos se recurrió a fuentes de información de tipo primario, debido a la carencia de datos históricos para determinar los valores de interés.

Como fuente de información primaria se diseñó un muestreo para definir la tasa de servicio que el sistema es capaz de ofrecer a los demandantes internos, y también se entrevistó al Jefe de Bodega como criterio experto para que definiera valores máximos y mínimos, con el propósito de establecer la tasa de llegada de las ordenes de pedido entrante.

No se consideró la técnica de muestreo para los tiempos entre llegada de las ordenes, ya que las ordenes provienen de variadas fuentes como: pedidos internos (mercadeo y ventas), pedidos de agentes y pedidos de mayoristas, por lo que, se da el caso de la llegada simultánea de ordenes lo que imposibilita la toma del tiempo entre llegada de ordenes.

#### **3.3.3. Diseño del plan de muestreo**

El muestreo para averiguar la tasa de servicio fue de tipo sistemático, ya que las muestras se tomaron los días viernes entre 1:30 y 3:00 de la tarde, este día se escogió ya que el flujo de las ordenes de pedido es mayor a los demás días de la semana.

La cantidad muestreada se validó mediante el cálculo de la fórmula generalmente usada para definir el tamaño de muestra. Los detalles se mostrarán en el punto 3.3.4 Análisis estadístico de los datos de entrada.

### 3.3.4. Análisis estadístico de los datos de entrada

Como primer punto para la tasa de llegada, se obtuvo un valor máximo y un valor mínimo de 0.5 y 5 min. así como un valor modal de 3 minutos proporcionado mediante el criterio de experto fundamentado por la experiencia del jefe de bodega. Por lo tanto asumimos que los tiempos entre llegadas tienen una distribución uniforme.

Para los tiempos de servicio, se obtuvieron 85 datos, esta muestra se validó utilizando la fórmula de tamaño de muestra que se presenta a continuación.

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{d} \right)^2$$

donde d = es la máxima diferencia permisible.

Para determinar el valor desconocido de  $\sigma$  se utilizó el criterio de 6 $\sigma$  el cual establece que el 99.7% de los datos de la población están comprendidos en este rango, nuevamente se recurrió al criterio del experto el cual estableció que la mayoría de los datos estaría comprendido entre el valor máximo de 15 minutos y mínimo de 1 minuto, con esto se estimó el valor de  $\sigma$  para la población.

Con estos datos y usando una confianza del 95% se logró determinar que el tamaño de muestra representativo debe ser de 84 observaciones, con lo cual queda validada la muestra. (Ver Anexo 2)

Una vez definido el tamaño de la muestra se procedió a realizar una distribución de frecuencia agrupando los datos en clases y mostrando su respectiva frecuencia, posteriormente se elaboró el histograma para observar de forma gráfica como se comportan los datos. La tabla y el gráfico resultante se muestran en el Anexo 2.

Como se muestra en el histograma de la distribución de frecuencia, los datos se comportan como la distribución normal, posteriormente se hará el análisis de bondad de ajuste para validar esta afirmación o rechazarla.

También fueron determinados otros valores estadísticos necesarios para los subsecuentes análisis del estudio. El resumen de dichos resultados se muestra en el Anexo 2.

Los tiempos de servicio siguen una distribución normal con media 6.7 min. y una desviación estándar de 2.5 min. quedando lo anterior justificado según la prueba de bondad de ajuste presentada en el Anexo 2.

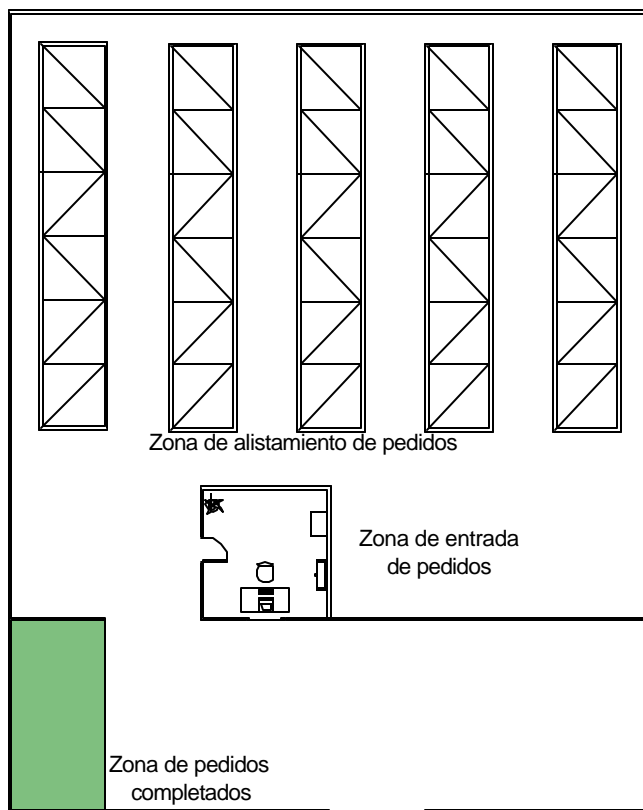
### 3.4. Medidas de desempeño

Al fin de evaluar el desempeño actual del sistema de alistamiento de pedidos en la empresa Pozuelo S.A. es necesario definir algunas medidas de desempeño, que también ayudaran a establecer el escenario que más se adapte a lo que se busca en los objetivos propuestos para este estudio. A continuación se enlistan las medidas:

- ?? Tiempo promedio de una orden en el sistema
- ?? Tiempo promedio en cola
- ?? Cantidad promedio de ordenes en cola
- ?? Porcentaje de utilización del servicio

### 3.5. Modelo de simulación( Ver Anexo III)

**Ilustración 1 Distribución del modelo actual**



### 3.6. Resultados

#### 3.6.1. Tabla resumen de resultados

A continuación se presenta el resultado de las medidas de desempeño del sistema actual, las cuales serán utilizadas para el posterior análisis de los escenarios propuestos de la parte del diseño. El número de las corridas se fijó en 65 tomando como base una desviación máxima de 1.50 minutos en el tiempo total de la orden en el sistema.

**Tabla 1 Resultados de la tabla actual**

Medidas de desempeño	Valor obtenido	Half Width
Número de corridas	65	---
T prom. orden en el sistema	28,03 min	1,34
T. prom. en cola	22,19 min	1,33
Cantidad de ordenes en cola	9 ped	0,53
% de utilización auxiliar 1	93,22%	0
% de utilización auxiliar 2	92,10%	0

**Tabla 2 Justificación del número de corridas**

N° de corridas	10	30	65
Tiempo total en el sistema	31,23	29,31	28,03
Desv estándar (Half Width)	6,33	2,31	1,33

Como se muestra en la tabla anterior, entre más alto el número de corridas así disminuye la variación de los datos, por lo tanto se consideró utilizar el número de corridas que presenta la menor variación.

#### 3.6.2. Verificación de resultados

Según el programa de simulación el total promedio de las 65 corridas es de 85 ordenes de pedido, haciéndolo manualmente tenemos que en promedio entran 3 ordenes de pedido por minuto, el largo de la corrida es de 240 minutos, por lo que 240 minutos entre 3 minutos por orden da un total de 80 ordenes de pedido.

Tabla 3 Verificación del modelo

Puntos de verificación	Simulado	Real	% de diferencia
Ordenes de pedido entrantes	85	80	5,88%
Tiempo promedio de alistamiento del pedido	6,71	6,7	0,15%
% utilización del servicio	93%	83%	10,43%
# pedidos completados	65	67	3,32%
# pedidos incompletos	1	1	0,00%

Según los porcentajes de diferencias mostrados en la tabla anterior, se comprueba que los resultados del modelo simulado contra los resultados esperados no muestran mayor variación. En el caso del punto de verificación del número de pedidos incompletos, se tiene que aunque el porcentaje de variación es alto al observar el valor puntual se debe de redondear al menos a un pedido incompleto por lo que se sigue manteniendo la validación del modelo.

### 3.6.3. Análisis de resultados

En el sistema actual, una orden de pedido dura 28.03 minutos desde el momento en que se recibe el pedido, hasta que se revisa y se envía a la zona de despacho.

Debido a esta duración en el alistamiento, se acumulan en promedio 9 ordenes en espera con un máximo de hasta 29 pedidos en un momento determinado, según muestra el sistema simulado. La falta de capacidad en el alistamiento genera de igual forma un tiempo en cola de 22.19 minutos, lo que produce que de 85 ordenes entrantes solamente 65 salen del sistema.

El porcentaje de utilización de bs recursos es de 93 %, teniendo en cuenta que se cuenta con 2 auxiliares de bodega para ofrecer el servicio de alistamiento, los cuales deben recorrer distancias por la Bodega de Producto Terminado, localizando los diferentes productos que componen el pedido. Este porcentaje de ocupación cercano al 100% es otro indicador del problema de tiempo en espera existente, ya que la tasa de llegada de las ordenes sobrepasa la capacidad del servicio.

### 3.7. Conclusiones del diagnóstico

Luego de la simulación del sistema actual de alistamiento de pedidos en la Bodega de Producto Terminado en la empresa Pozuelo S. A., se obtuvo como resultados más sobresalientes, que el tiempo que dura una orden de pedido en el sistema sobrepasa al tiempo entre llegadas promedio de los pedidos entrantes, esto se traduce en generación de colas

conforme corre el modelo, afectando los tiempos de servicio y la utilización de los recursos disponibles, llevándolos casi al 100%, lo que podría afectar en algún momento el desempeño y la estabilidad del sistema al esforzar a los colaboradores asignados a esta tarea.

Con respecto a esto se podría mencionar que la cantidad que llega de ordenes de pedido es relativamente mayor a la capacidad de alistamiento de los pedidos por parte de los auxiliares de bodega, esto puede observarse también en el alto porcentaje de utilización de los recursos, lo cual viene a ser también un factor importante en la generación de la cola al no haber suficiente recurso asignado para atender los pedidos entrantes.

## **IV. Diseño**

### **4.1. Justificación de escenarios a evaluar**

Como posibles opciones con las que se puede contar ante esta situación se tienen 4 escenarios a evaluar, los cuales se describen a continuación con su respectiva justificación.

Como primer escenario se utiliza un tercer auxiliar fijo durante la realización de este trabajo, con esto se pretende disminuir el número de pedidos en cola, agilizando el proceso de alistamiento al aumentar la capacidad del sistema.

Se tiene un segundo escenario el cual se cuenta con dos auxiliares al igual que en modelo actual pero con la diferencia que se varían los horarios de tal manera que las horas de descanso (café) no coincidan, en este caso se contempla esta situación con el fin de no aumentar el número de recursos, y ver la posibilidad de que al traslapar los horarios no se genera una cola mayor en este tiempo destinado para el receso de los auxiliares.

El tercer y último escenario utiliza los dos auxiliares actuales, pero se cuenta con un tercer auxiliar el cual va a ayudar en esta labor por las dos últimas horas contempladas para la finalización del trabajo, esto con el fin de que no queden muchas órdenes retrasadas. Este tercer auxiliar se tiene en trabajos de 6 a 2 pm (horario ordinario) normalmente, el cual trabajaría solamente dos horas extra los días viernes.

### **4.2. Modelos de los escenarios**

El modelo original en cuanto a la distribución y utilización de los bloques no presenta mayor variación, los cambios que se le hacen para los diferentes escenarios se dan en cuanto a la utilización de los recursos, los bloques que se ven afectados son "Resource", "schedule" y "set" para los cuatro escenarios. Para más detalle ver Anexos SIMAN VIEW, SIMAN WRITE y reportes de los escenarios.

### 4.3. Análisis de resultados

#### 4.3.1. Tabla resumen de resultados

Tabla 4 Tabla de resultados de modelos actual y escenarios

Medidas de desempeño	Modelo Actual		Escenario 1	
	Valor obtenido	Half Width	Valor obtenido	Half Width
Número de corridas	65	---	65	---
T prom. orden en el sistema	28,03 min	1,34	9,21 min	0,21
T. prom. en cola	22,19 min	1,33	2,43 min	0,19
Cantidad de ordenes en cola	9 ped	0,53	1 ped	0,07
% de utilización auxiliar 1	93,22%	0	79,00%	0,01
% de utilización auxiliar 2	92,10%	0	78,00%	0,01
% de utilización auxiliar 3	---	---	77,00%	0,01

Medidas de desempeño	Escenario 2		Escenario 3	
	Valor obtenido	Half Width	Valor obtenido	Half Width
Número de corridas	65	---	65	---
T prom. orden en el sistema	28,46 min	1,35	19,10 min	1,37
T. prom. en cola	22,60 min	1,34	12,23 min	1,37
Cantidad de ordenes en cola	8,29 ped	0,53	4,28 ped	0,49
% de utilización auxiliar 1	93,22%	0	92,67%	0
% de utilización auxiliar 2	92,10%	0	91,53%	0
% de utilización auxiliar 3	---	---	86,20%	0

#### 4.3.2. Verificación de resultados

Tabla 5 Verificación de escenarios propuestos

Puntos de verificación	Escenario 1	Real	% de diferencia
Ordenes de pedido entrantes	85	80	5,88%
Tiempo promedio de alistamiento del pedido	6,71	6,7	0,15%
% utilización del servicio	78%	79%	-1,79%
# pedidos completados	82	80	2,44%
# pedidos incompletos	1	1	0,00%

Puntos de verificación	Escenario 2	Real	% de diferencia
Ordenes de pedido entrantes	85	80	5,88%
Tiempo promedio de alistamiento del pedido	6,71	6,7	0,15%
% utilización del servicio	93%	83%	10,37%
# pedidos completados	65	67	3,08%
# pedidos incompletos	1	1	0,00%

Puntos de verificación	Escenario 3	Real	% de diferencia
Ordenes de pedido entrantes	85	80	5,88%
Tiempo promedio de alistamiento del pedido	6,71	6,7	0,15%
% utilización del servicio	90%	97%	7,96%
# pedidos completados	79	80	1,27%
# pedidos incompletos	1	1	0,00%

Para la verificación de los distintos escenarios se utilizaron los mismos puntos de evaluación, estos puntos se usaron de igual forma para la verificación del modelo con el fin de evaluar tanto la situación actual con las propuestas en igualdad de condiciones.

El porcentaje de diferencia es bajo en casi todos los puntos a excepción de ordenes de pedido y porcentaje de utilización. En el primer punto al observar el valor puntual, los valores solo varían en 5 unidades, lo cual para efectos del análisis se consideran validos. En el siguiente ítem, al ser la utilización una ponderación entre los 3 auxiliares asignados, se asume la posibilidad de que se presente una variación entre el valor esperado y el resultado de la simulación, pero al ser un margen que se considera pequeño, se acepto como un indicador razonable.

#### **4.3.3. Análisis de resultados**

En cuanto al escenario 1, se toma la posibilidad de utilizar a un auxiliar mas, para que cubra las 4 horas que demora este trabajo, esta persona no implicaría un costo de contratación para la empresa, ya que en la bodega se tienen personas asignadas a otros trabajos, por lo que se utilizaría uno de estos auxiliares en este tiempo y solamente los días viernes. Como resultado de la simulación bajo el supuesto de 3 auxiliares fijos en la realización de este trabajo el programa dio una reducción en el tiempo promedio de la orden en el sistema de un 67% con respecto al sistema actual, el tiempo promedio en cola disminuyó también considerablemente en un 89% y la cantidad en cola disminuyó de 9 unidades a solamente 1 orden, por otro lado el porcentaje de utilización del servicio decayó en un 15% con respecto al sistema actual.

Por otra parte en el escenario 2, se utiliza el supuesto de mantener a los dos auxiliares, pero se utiliza un tiempo de receso diferente para cada uno de ellos, este escenario no ofreció resultados satisfactorios, ya que no mostró mejoría alguna desde el punto de vista estadístico, como se muestra en la "Tabla de resultados de modelos actual y escenarios", ya que al observar los valores promedios con sus respectivos intervalos de confianza, ambos resultados, tanto del modelo actual como el escenario 2 están dentro del rango establecido por este intervalo, por lo tanto se asume que no existe diferencia significativa.

Con respecto al escenario 3, el cual contempla la utilización de un auxiliar más asumiendo que trabajará a partir de las 2 PM, otorgándole 15 minutos de receso al igual que los otros auxiliares. Como resultado el tiempo promedio en el sistema de una orden es de 19.10 minutos, mostrando una disminución porcentual de 32 % con respecto al sistema actual. El tiempo promedio en cola de una orden de pedido es de 12.23 minutos, disminuyendo en un 42 % contra el actual. La cantidad de ordenes en cola disminuyó de 9 a 5 pedidos. El porcentaje de utilización del servicio en este escenario es de 90.13 % contra un 93.72 % del sistema actual, bajando en un 3.8 %.

Figura 2 Comparación de los tiempos promedio en cola para cada escenario

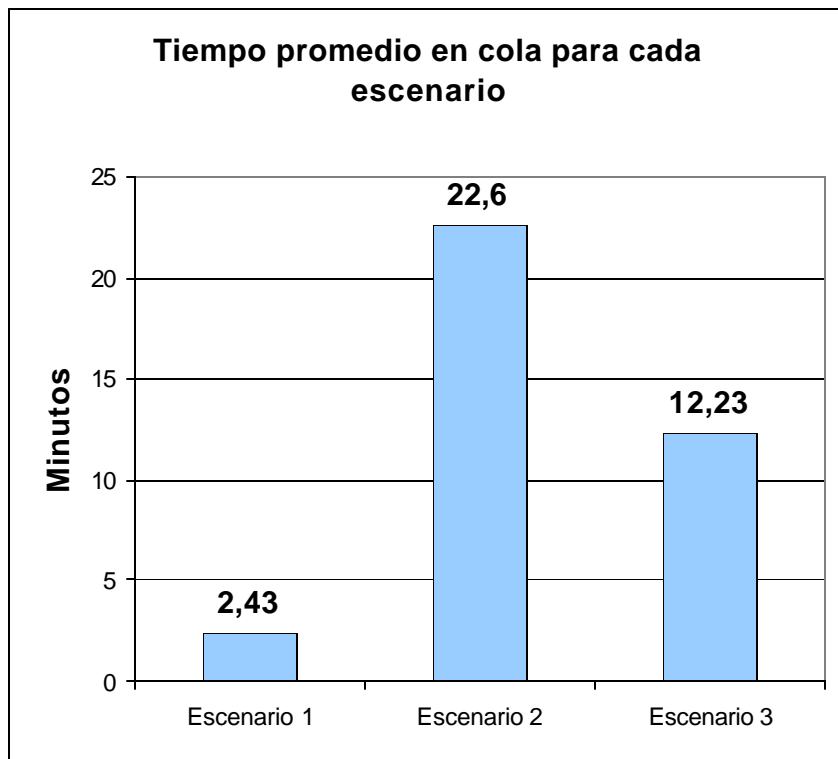
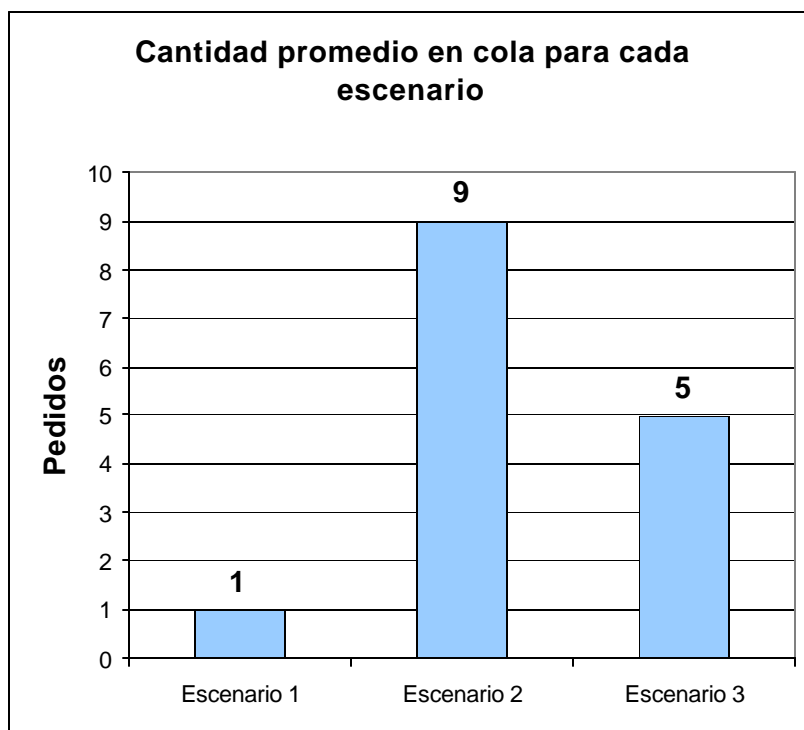


Figura 3 Comparación del número promedio de pedidos en cola para cada escenario



Como se ilustra en la figura 2 el escenario con menos tiempo en cola es el escenario 1, mientras que la propuesta con más tiempo en cola es la número 2. En el gráfico de la cantidad de pedidos en cola se observa que de igual forma el escenario 1 posee la menor cantidad de pedidos en cola, con solamente 1 orden en espera, y el escenario 2 muestra hasta 9 ordenes en espera, siendo este el que peor desempeño presenta.

Para complementar la escogencia del modelo más adecuado se hará una evaluación económica, donde se consideraran los costos asociados a cada uno de ellos y se escogerá la propuesta que maneje un desempeño aceptable a un costo razonable.

#### 4.3.4. Evaluación económica

En el estudio realizado, además de considerar las medidas de desempeño se tomaron en cuenta los costo asociados para cada escenario, con el fin de complementar la información anterior y brindar la solución al problema planteado. A continuación se presentan los cálculos del análisis económico realizado:

**Tabla 6 Análisis económico**

<b>Costos</b>	<b>Actual</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>
Salario x hora ord	621,96	621,96	621,96	621,96
Salario x hora ext	932,94	932,94	932,94	932,94
Jornada simulada (horas)	4	4	4	4
Ordenes entrantes	85	85	85	85
Ordenes salientes	65	82	65	79
Ordenes fuera de jornada	20	3	20	6
# operario	2	3	2	2,5
Tiempo serv. (horas)	0,112	0,112	0,112	0,112
Hora ord	4.975,68	7.463,52	4.975,68	4.975,68
Hora ext	2.083,57	312,53	2.083,57	2.490,95
<b>Costo total (colones)</b>	<b>7.059,25</b>	<b>7.776,05</b>	<b>7.059,25</b>	<b>7.466,63</b>
<b>% incremento costo</b>		<b>10%</b>	<b>0%</b>	<b>6%</b>

Luego de la determinación de los costos la propuesta que obtuvo un mayor incremento en este aspecto fue la número 1 con un 10 % sobre el método actual. El escenario 3 aumento el costo en un 6 % y por último, la solución 2 no tuvo ningún cambio respecto a los costos iniciales.

#### **4.4. Conclusiones del diseño**

Luego de los cálculos, análisis y simulación del modelo actual y las propuestas de mejora se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ?? El escenario 1 muestra el mejor desempeño en cuanto a los tiempos promedio en el sistema y en cola, además de la cantidad de ordenes en cola, sin embargo el porcentaje de utilización de los auxiliares disminuye y el costo asociado a esta propuesta es el más alto.
- ?? En cuanto al escenario 2 los tiempos en el sistema, en cola y la cantidad de ordenes pendientes no presenta variación, al igual que los porcentajes de utilización, pero la implantación de esta propuesta no representa un aumento en costos de los ya existentes.
- ?? Con respecto al último escenario, se reducen los tiempos promedio en el sistema y en cola, así como las ordenes en cola, pero en un grado menor a los del escenario 1. En cambio, porcentaje de utilización se incrementa en relación al primer escenario, pero no sobrepasa a los porcentajes del escenario actual. La consideración de esta solución implicaría un desembolso mayor en cuestión de salarios, pero es menor que la propuesta inicial.
- ?? La asignación de un Auxiliar de Bodega para aumentar la capacidad de servicio, ya sea por tiempo completo o medio tiempo, disminuye los minutos promedio de una orden en el sistema y en cola cumpliendo con el objetivo general del estudio.
- ?? Con la implementación de la propuesta 1 y 3 se logra y se supera, el objetivo específico de disminuir en un 15 % los tiempos promedio en cola de las ordenes de pedido.

#### **V. Recomendaciones**

Luego del análisis de las medidas de desempeño, así como el costo y las conclusiones resultantes, se recomienda la propuesta 1, ya que el tiempo y las ordenes en cola disminuye significativamente, eliminando casi por completo la problemática definida en este proyecto.

La diferencia en costos entre la propuesta 1 y 3 es apenas de 300 colones semanales y por el lapso simulado. Aunque esta propuesta resulta más costoso que la última, el beneficio de eliminar casi en su totalidad los tiempos y la cola de pedidos, es mayor que el costo incurrido.

Por otro lado, el porcentaje de utilización de los auxiliares es de un 80 % aproximadamente, lo que se considera aceptable y aunque el escenario 3 tiene una utilización del 90 %, hace que el escenario 1 sea más real a la situación; el mantener a los auxiliares trabajando a un 80% de utilización permite que este se realice de una mejor manera y por consiguiente reduce aún mas la generación de pedidos incompletos, por otro lado ya que este porcentaje es bajo con respecto a los otros, el tiempo ocioso resultante se puede emplear en labores de limpieza y de orden

## **VI. Bibliografía**

Sosa, Gilda. Antología simulación industrial. Ed: Universidad Internacional de las Américas, año 1998.

Miller, Irwin R. Et all. Probabilidad y estadística para ingenieros. Ed: Prentice Hall Hispanoamericana, IV Edición, México, año: 1996.

Kelton, David, Sadowski, Randall. Simulation with Arena. Ed: Mc Graw Hill, II Edición, USA, año: 2002.

## **VII. Anexos**

***Anexo I***

**Datos de tiempos de servicio**

# muestra	Comienzo	Termino	Revisión	Duración Alist	Duración Revisión	Tiempo total
1	01:45:30	01:51:52	01:53:00	00:06:22	00:01:08	00:07:30
2	01:49:00	01:54:00	01:55:00	00:05:00	00:01:00	00:06:00
3	01:50:50	01:55:45	01:58:20	00:04:55	00:02:35	00:07:30
4	01:55:26	01:58:20	01:59:06	00:02:54	00:00:46	00:03:40
5	01:56:07	02:04:14	02:06:17	00:08:07	00:02:03	00:10:10
6	01:56:27	02:00:29	02:01:10	00:04:02	00:00:41	00:04:43
7	01:57:17	02:01:59	02:04:06	00:04:42	00:02:07	00:06:49
8	02:00:39	02:09:23	02:10:49	00:08:44	00:01:26	00:10:10
9	01:59:30	02:08:20	02:10:15	00:08:50	00:01:55	00:10:45
10	02:00:00	02:03:09	02:05:26	00:03:09	00:02:17	00:05:26
11	02:05:49	02:08:30	02:10:25	00:02:41	00:01:55	00:04:36
12	02:02:00	02:08:30	02:09:00	00:06:30	00:00:30	00:07:00
13	02:12:07	02:14:05	02:14:27	00:01:58	00:00:22	00:02:20
14	02:12:50	02:16:10	02:17:03	00:03:20	00:00:53	00:04:13
15	02:13:20	02:15:24	02:16:30	00:02:04	00:01:06	00:03:10
16	02:13:40	02:17:56	02:19:56	00:04:16	00:02:00	00:06:16
17	02:13:40	02:17:56	02:19:40	00:04:16	00:01:44	00:06:00
18	02:15:32	02:22:30	02:24:57	00:06:58	00:02:27	00:09:25
19	02:17:19	02:21:35	02:23:50	00:04:16	00:02:15	00:06:31
20	02:18:42	02:30:30	02:31:41	00:11:48	00:01:11	00:12:59
21	02:19:14	02:23:14	02:24:25	00:04:00	00:01:11	00:05:11
22	02:19:40	02:24:25	02:25:16	00:04:45	00:00:51	00:05:36
23	02:21:28	02:26:36	02:32:49	00:05:08	00:06:13	00:11:21
24	02:34:04	02:36:53	02:39:45	00:02:49	00:02:52	00:05:41
25	02:31:53	02:38:45	02:40:28	00:06:52	00:01:43	00:08:35
26	02:34:17	02:41:55	02:43:11	00:07:38	00:01:16	00:08:54
27	02:34:22	02:39:54	02:40:55	00:05:32	00:01:01	00:06:33
28	02:34:40	02:39:20	02:42:25	00:04:40	00:03:05	00:07:45
29	02:34:48	02:41:54	02:42:55	00:07:06	00:01:01	00:08:07
30	02:40:49	02:43:50	02:44:22	00:03:01	00:00:32	00:03:33
31	02:43:30	02:50:00	02:52:55	00:06:30	00:02:55	00:09:25
32	02:44:44	02:49:18	02:50:18	00:04:34	00:01:00	00:05:34
33	02:41:00	02:45:28	02:45:28	00:04:28	00:00:00	00:04:28
34	02:47:15	02:51:30	02:53:40	00:04:15	00:02:10	00:06:25
35	02:45:00	02:49:11	02:51:24	00:04:11	00:02:13	00:06:24
36	02:43:15	02:45:26	02:46:17	00:02:11	00:00:51	00:03:02
37	02:53:20	02:57:45	02:58:23	00:04:25	00:00:38	00:05:03
38	02:47:16	02:52:18	02:53:01	00:05:02	00:00:43	00:05:45
39	02:54:07	02:59:16	02:59:42	00:05:09	00:00:26	00:05:35
40	02:50:43	02:54:36	02:55:13	00:03:53	00:00:37	00:04:30
41	02:48:13	02:54:35	02:55:18	00:06:22	00:00:43	00:07:05
42	02:54:15	03:03:13	03:04:15	00:08:58	00:01:02	00:10:00

# muestra	Comienzo	Termino	Revisión	Duración Alist	Duración Revisión	Tiempo total
42	02:54:15	03:03:13	03:04:15	00:08:58	00:01:02	00:10:00
43	03:01:45	03:07:56	03:09:46	00:06:11	00:01:50	00:08:01
44	03:01:03	03:12:53	03:13:46	00:11:50	00:00:53	00:12:43
45	02:53:06	03:00:02	03:00:48	00:06:56	00:00:46	00:07:42
46	02:56:45	03:07:12	03:07:46	00:10:27	00:00:34	00:11:01
47	02:54:15	02:57:48	02:58:42	00:03:33	00:00:54	00:04:27
48	03:03:05	03:10:14	03:10:33	00:07:09	00:00:19	00:07:28
49	03:15:35	03:25:14	03:26:49	00:09:39	00:01:35	00:11:14
50	03:06:02	03:12:56	03:13:33	00:06:54	00:00:37	00:07:31
51	03:03:46	03:09:53	03:10:53	00:06:07	00:01:00	00:07:07
52	01:36:00	01:38:56	01:39:15	00:02:56	00:00:19	00:03:15
53	01:36:37	01:40:37	01:44:59	00:04:00	00:04:22	00:08:22
54	01:37:07	01:41:41	01:45:57	00:04:34	00:04:16	00:08:50
55	01:38:16	01:45:30	01:47:01	00:07:14	00:01:31	00:08:45
56	01:39:16	01:45:30	01:46:17	00:06:14	00:00:47	00:07:01
57	01:40:18	01:52:39	01:53:00	00:12:21	00:00:21	00:12:42
58	01:47:18	01:53:48	01:54:00	00:06:30	00:00:12	00:06:42
59	01:49:39	01:56:17	01:56:40	00:06:38	00:00:23	00:07:01
60	01:45:30	01:49:22	01:49:52	00:03:52	00:00:30	00:04:22
61	01:50:42	01:54:29	01:55:00	00:03:47	00:00:31	00:04:18
62	02:03:28	02:07:37	02:10:14	00:04:09	00:02:37	00:06:46
63	02:03:46	02:08:26	02:10:51	00:04:40	00:02:25	00:07:05
64	02:10:51	02:16:18	02:17:24	00:05:27	00:01:06	00:06:33
65	02:11:23	02:16:37	02:17:54	00:05:14	00:01:17	00:06:31
66	02:11:35	02:17:24	02:18:22	00:05:49	00:00:58	00:06:47
67	02:13:43	02:19:59	02:20:30	00:06:16	00:00:31	00:06:47
68	02:14:35	02:20:22	02:20:30	00:05:47	00:00:08	00:05:55
69	02:18:48	02:22:05	02:22:15	00:03:17	00:00:10	00:03:27
70	02:18:50	02:23:21	02:23:45	00:04:31	00:00:24	00:04:55
71	02:20:57	02:22:28	02:22:34	00:01:31	00:00:06	00:01:37
72	02:22:54	02:26:15	02:27:00	00:03:21	00:00:45	00:04:06
73	02:24:33	02:27:25	02:28:01	00:02:52	00:00:36	00:03:28
74	02:25:09	02:34:20	02:36:41	00:09:11	00:02:21	00:11:32
75	02:28:36	02:34:10	02:34:40	00:05:34	00:00:30	00:06:04
76	02:37:48	02:40:20	02:40:35	00:02:32	00:00:15	00:02:47
77	02:38:04	02:43:15	02:43:35	00:05:11	00:00:20	00:05:31
78	02:38:26	02:43:38	02:44:28	00:05:12	00:00:50	00:06:02
79	02:38:54	02:43:35	02:44:03	00:04:41	00:00:28	00:05:09
80	02:41:14	02:44:49	02:45:01	00:03:35	00:00:12	00:03:47
81	02:44:55	02:47:31	02:48:59	00:02:36	00:01:28	00:04:04
82	02:46:36	02:53:37	02:54:46	00:07:01	00:01:09	00:08:10
83	02:46:07	02:55:03	02:55:57	00:08:56	00:00:54	00:09:50
84	02:38:56	02:45:56	02:46:27	00:07:00	00:00:31	00:07:31
85	02:50:53	02:57:42	02:58:23	00:06:49	00:00:41	00:07:30

## ***Anexo II***

### **Análisis estadístico de los datos**

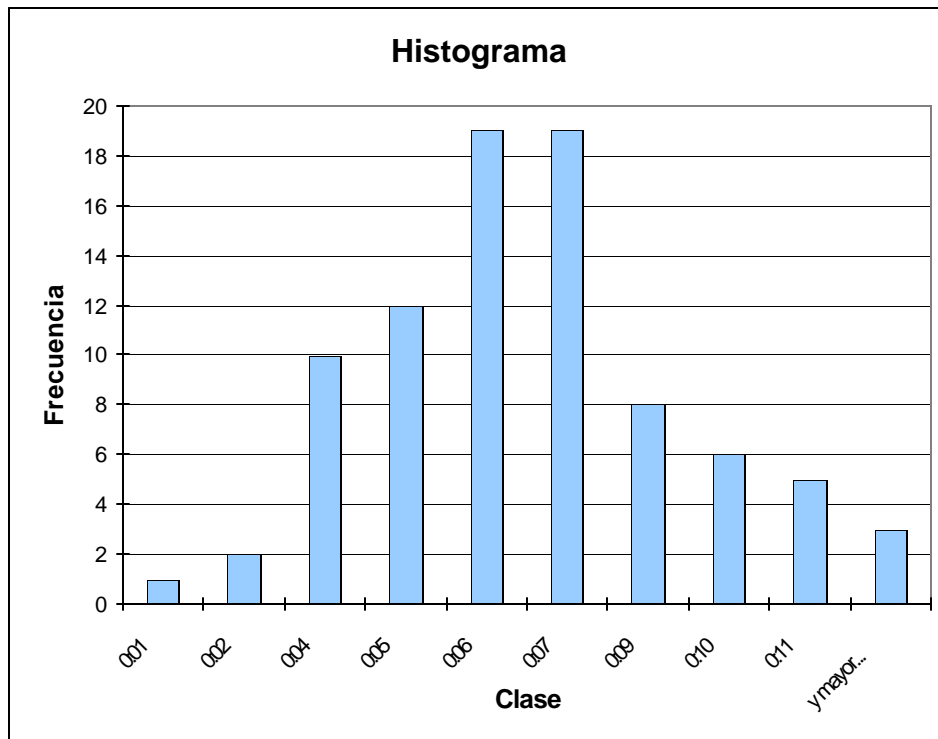
**Tabla 7 Detalle de datos para el cálculo de “n”**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Max teórico	15	min
Min teórico	1	min
Desv. std	2,33	min
Dif. Permisible	0,5	min
Z	1,96	
Muestra	84	obs

**Tabla 8 Distribución de frecuencias**

<b><i>Clase</i></b>	<b><i>Frecuencia</i></b>
0:01	1
0:02	2
0:04	10
0:05	12
0:06	19
0:07	19
0:09	8
0:10	6
0:11	5
y mayor...	3
<b>Total</b>	<b>85</b>

**Figura 4 Histograma de la distribución de frecuencia**



**Tabla 9 Resumen análisis estadístico**

Media	0:06:42
Mediana	0:06:33
Moda	0:07:30
Desviación estándar	0:02:30
Curtosis	-0,0389
Rango	0:11:22
Mínimo	0:01:37
Máximo	0:12:59
Cuenta	85

## Prueba de bondad de ajuste

### Punto 1

$H_0$  = No existe diferencia significativa entre datos observados y esperados de una distribución normal

$H_1$  = Existe diferencia significativa entre datos observados y esperados de una distribución normal

### Punto 2

$\alpha = .05$

### Punto 3

Se rechaza  $H_0$  si  $\chi^2_{est.} > \chi^2_{crítico}$

### Punto 4

Tabla 10 Cálculo de  $\chi^2$  estadístico

Clase	Z	Prob Acum	Prob Relativa	Frecuencia esperada	Frecuencia Observada	Frecuencia obs II	Estadístico 2
0:01	-2,278	0,0113	0,0113	0,9605	1	13	0,31546329
0:02	-1,528	0,0230	0,0117	0,9945	2		
0:04	-1,024	0,1539	0,1309	11,1265	10		
0:05	-0,520	0,3050	0,1511	12,8435	12	12	0,05539707
0:06	-0,016	0,4960	0,1910	16,2350	19	19	0,47091007
0:07	0,488	0,6879	0,1919	16,3115	19	19	0,44312493
0:09	0,992	0,8389	0,1510	12,8350	8	8	1,82136541
0:10	1,496	0,9332	0,0943	8,0155	6	6	0,50679811
0:11	2,000	0,9772	0,0440	3,7400	5	8	4,85229947
y mayor...	-----	1,0000	0,0228	1,9380	3		
Total			1,0000	85,0000	85		8,4654

4	GL
$\alpha$ 95%	Conf
2 crítico	9,488

### **Punto 5**

No se rechaza  $H_0$ , o sea, con una significancia de 5% no hay evidencia de que exista diferencia significativa entre los datos observados y esperados de una distribución normal, con media 06:42 min. y desviación de 02:30 min.

### ***Anexo III***

#### **Modelo Actual**

**SIMAN Write**

**SIMAN View**

**Reportes**

## ***Anexo IV***

### **Escenario 1**

**SIMAN Write**

**SIMAN View**

**Reportes**

## ***Anexo V***

### **Escenario 2**

**SIMAN Write**

**SIMAN View**

**Reportes**

## ***Anexo VI***

### **Escenario 3**

**SIMAN Write**

**SIMAN View**

**Reportes**

## ***Anexo VII***

### **Diagrama de animación en ARENA**

Figura 5 Diagrama de modelo animado

