



FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL

Simulación Industrial

Proyecto

Simulación de los tiempos de proceso del Dulce de Leche

Profesor: Ing. Carlos Sáenz

Elaborado por:

Mónica Campos Rodríguez
Marco Gamboa Meza
Raquel Eug. Sánchez Meneses

24 abril del 2002

TABLA DE CONTENIDO

	página
I RESUMEN _____	4
II INTRODUCCIÓN _____	5
2.1 Enunciado del estudio _____	5
2.2 Problema Central _____	6
2.3 Objetivos _____	7
2.3.1 Objetivos generales _____	7
2.3.2 Objetivos específicos _____	7
2.4 Alcances y Limitaciones _____	7
2.5 Justificación del problema _____	8
III DIAGNÓSTICO _____	9
3.1 Descripción del proceso de dulce de leche _____	9
3.2 Diagrama lógico del proceso _____	9
3.3 Definición de las medidas de desempeño _____	11
3.4 Información de entrada del modelo _____	11
3.5 Modelo de simulación _____	14
3.6 Resultados _____	15
3.7 Conclusiones del diagnóstico _____	17
IV DISEÑO _____	18
4.1 Justificación de escenarios a evaluar. _____	18
4.2 Modelos de los escenarios. _____	19
4.3 Análisis de resultados. _____	20
4.4 Conclusiones del diseño. _____	22
V RECOMENDACIONES _____	23
VI BIBLIOGRAFÍA _____	24
VII ANEXOS _____	25
Anexo 1 Distribución de la planta. _____	26
Anexo 2 Ventas de los clientes en un periodo de dos años _____	27
Anexo 3 Datos de la distribución empírica de los tiempos de cocinado del dulce de leche. _____	29
Anexo 4 Gráfico de la distribución empírica de los tiempos de cocinado del dulce de leche. _____	30

Anexo 5 Datos de la distribución beta de los tiempos de enfriado del dulce de leche _____	31
Anexo 6 Gráfico de la distribución beta de los tiempos de enfriado del dulce de leche _____	32
Anexo 7 Datos de la distribución empírica de los tiempos de envasado, etiquetado y empaque. _____	33
Anexo 8 Gráfico de la distribución empírica de los tiempos de envasado, etiquetado y empaque _____	34
Anexo 9 Datos de la distribución uniforme de los tiempos totales del proceso del dulce de leche. _____	35
Anexo 10 Gráfico de la distribución uniforme de los tiempos totales del proceso del dulce de leche. _____	36
Anexo 11 Resultados del modelo de los diferentes escenarios _____	37

I RESUMEN

Comercializadora Dulce S.A. es una empresa que se dedica a la fabricación y distribución de productos alimenticios, entre los cuales podemos citar: las cajetas de leche y coco, leche condensada caramelizada y dulce de leche, el cual será el foco del estudio y además es el producto líder de la empresa en el mercado industrial. Nació en 1983 en una pequeña industria familiar dedicada a la fabricación de cajetas caseras.

Dicha comercializadora trabaja bajo la marca Clarabella y su principal mercado son las cadenas de supermercados de la Corporación de Supermercados Unidos (CSU), Mega Super, Consucoop, además de un mercado industrial, en el cual su principal cliente es Spoon.

Se observan problemas en la entrega de dulce de leche a los clientes, ocasionando colas dentro del sistema. El dueño de la Comercializadora es consciente que esto perjudica al servicio, ya que a ningún cliente le gusta esperar.

Un punto importante que está influyendo en el problema es la falta de personal especializado para la programación de la producción, cabe destacar que la maquinaria para producir dulce de leche es la misma que se utiliza para la fabricación de leche condensada caramelizada. Actualmente el dueño de la empresa es el encargado de casi todas las operaciones en la planta, por lo que se le dificulta coordinar y entregar los pedidos. Además la planta no cuenta con área de temperatura controlada que influye directamente en los tiempos de cocinado y enfriamiento.

Se realizó un estudio informal donde se observó que el cliente espera hasta 24 horas a que su producto le sea entregado por lo que se pretende disminuir el tiempo de espera por lo menos a 12 horas, convirtiéndose éste en el objetivo principal del proyecto.

Por esta razón se hace necesaria la creación de un modelo de simulación que nos permita visualizar como se comportaría el proceso de dulce de leche al reducir los tiempos de espera del cliente en la entrega de producto.

Después de realizar el análisis respectivo con los escenarios propuestos se concluye que la compra de un enfriador y una marmita, además de utilizar una olla de cocinado que actualmente no se usa, además de incrementar los lotes de producción diarios, va a cumplir con la demanda semanal requerida, además de que el tiempo de espera del cliente en la entrega del producto se disminuirá en un 99.68%, es decir, de 24 horas que espera en la actualidad disminuye a 0.08 horas dicho tiempo.

La inversión en el que incurre este proyecto es de 2 050 000 colones la cual se recupera en el primer mes.

Por lo tanto se recomienda a la empresa comprar el equipo y aumentar los lotes de producción.

II INTRODUCCIÓN

2.1 Enunciado del estudio

La Comercializadora Dulce S.A. está ubicada en la Zona Industrial de Ochoyomo, es una empresa que se dedica a la fabricación y distribución de productos alimenticios entre los cuales podemos citar, leche condensada caramelizada, cajetas de leche y de coco en diferentes presentaciones y el dulce de leche; el propietario se encuentra muy preocupado, pues se están presentado serios problemas a la hora de entregar dulce de leche a sus clientes haciéndolos esperar hasta 24 horas. Por lo cual se observa que se están generando cuellos de botella en algunos de los servidores (pues la maquinaria es compartida para la producción de dos líneas diferentes).

La Comercializadora Dulce opera con horarios de lunes a viernes, de 7:00 am a 5:36 pm. Los fines de semana se labora si existen pedidos por entregar.

El proceso de producción inicia cuando el cliente hace llegar su pedido ya sea por vía fax, por mail o personalmente al dueño de la empresa (servidor). Posteriormente este servidor planea la producción de la siguiente manera: primero se recibe la orden, luego se introduce a una base de datos (en donde se registra el cliente, cantidad del pedido y la fecha de entrega del producto) y se decide cual orden es la que se despacha primero (según el primero que puso la orden de producción) dándole prioridad siempre a los pedidos de Spoon; pasa la orden a planta para iniciar la elaboración del producto. Después de elaborado se envasa, se etiqueta y se lleva a la bodega de producto terminado. Desde que ingresa la orden hasta que se entrega el pedido, el cliente espera 72 horas (tiempo que se necesita para todo el proceso).

Durante dos semanas se realizó la toma de los tiempos de proceso del dulce de leche en sus diferentes etapas, en un periodo de 8:00 AM a 5:30 PM, de lunes a sábado. A continuación se presentan las tablas de los tiempos de los diferentes procesos (cocinado, enfriado y envasado).

Tabla de los tiempos del cocinado del dulce de leche.

5.10	5.20	4.97	5.26	4.90	5.15	5.00	5.00	5.30
5.16	5.23	5.10	5.29	4.93	5.26	4.99	5.30	5.40
5.22	5.20	4.93	5.18	5.24	5.25	5.25	5.29	5.20
4.98	4.90	5.27	5.21	5.16	5.10	5.15	5.30	5.23
5.19	5.14	5.13	5.26	5.26	5.14	5.10	5.20	5.17
5.11	5.00	4.95	4.98	5.17	5.11	5.00	5.18	5.10
4.95	5.19	4.91	4.90	4.97	5.20	5.10	4.97	4.95
5.15	5.28	5.14	5.00	4.99	4.98	5.30	5.60	5.15

Tabla de los tiempos de enfriado del dulce de leche.

1.40	1.65	1.26	1.97	0.99	1.02	1.00	0.93	1.30
1.95	1.72	1.27	1.99	1.09	1.92	1.69	0.93	1.42
1.77	1.90	1.20	1.46	1.90	1.87	2.19	1.99	1.98
1.36	0.83	2.07	1.54	1.62	0.83	1.64	0.63	1.96
1.49	1.60	1.67	1.94	2.01	1.70	1.31	2.01	1.87
1.30	1.38	0.96	1.12	1.76	1.60	1.17	1.54	0.82
1.17	1.64	1.13	1.12	1.13	0.72	1.20	0.96	1.14
1.55	2.13	1.60	0.92	1.20	1.76	1.70	0.94	1.59

Tabla de los tiempos de envasado, etiquetado, empacado y llevado a BPT.

0.55	0.59	0.53	0.54	0.57	0.53	0.57	0.51	0.57
0.54	0.52	0.58	0.57	0.56	0.57	0.58	0.54	0.53
0.55	0.56	0.54	0.51	0.52	0.56	0.57	0.57	0.50
0.53	0.52	0.52	0.53	0.57	0.53	0.58	0.52	0.57
0.57	0.53	0.45	0.56	0.51	0.51	0.55	0.55	0.51
0.54	0.57	0.56	0.54	0.53	0.57	0.57	0.53	0.55
0.55	0.51	0.52	0.55	0.54	0.53	0.58	0.51	0.56
0.56	0.56	0.51	0.54	0.58	0.50	0.56	0.53	0.51

La demanda del dulce de leche es de 7248 Kg. por semana, distribuidos a nuestros clientes de la siguiente manera: 3457 Kg. para Spoon, dos veces por semana, 1270 Kg para Puratos, 1079 Kg para Rigoberto Fonseca Mora, 512 Kg para la Panificadora el Hornito, 411 Kg para T.M Proveedores, 353 kg para Universal Food y 92 Kg para Corporación F.L.

La llegada de las ordenes llegan los siguientes días según el cliente: los lunes se reciben las ordenes de Spoon, Panificadora el Hornito y T.M. Proveedores; los martes se recibe la orden de Rigoberto Fonsecay Universal Food; los miércoles se recibe la orden de Puratos y Corporación F.L. y los jueves se recibe la orden de Spoon (según pedido de la semana).

Las ordenes se entregan: los lunes a Spoon, los miércoles a Spoon, Panificadora El Hornito y T.M. Proveedores, los jueves a Rigoberto Fonseca y Universal Food y los viernes a Puratos y Corporación F.L.

Es así que se ha decidido realizar un estudio con el objetivo de evaluar si es posible reducir bs tiempos de espera en un 50%.

2.2 Problema Central

Actualmente en la Comercializadora Dulce se plantea la problemática de los largos tiempos de espera en que incurren los clientes (hasta un día), en la entrega de dulce de leche, debido a falta de programación de la producción por parte del personal, además de un personal capacitado en dicho campo.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivos generales

Disminuir los tiempos de espera de 24 horas a 12 horas (50%) de los clientes del dulce de leche, aumentando la satisfacción del mismo a la hora de entregar el producto de una forma más eficiente y rápida con respecto a la situación que se presenta actualmente.

2.3.2 Objetivos específicos

Determinar con cuantos días de anticipación se debe producir el dulce de leche, para cumplir con los pedidos del cliente en el tiempo requerido por ellos.

Realizar un estudio de tiempos mediante el cual se pueda obtener los datos necesarios, con respecto del tiempo promedio que debe esperar un cliente para entregarle el producto.

Determinar la inversión en que se debe de incurrir para la implementación del modelo propuesto.

2.4 Alcances y Limitaciones

El principal alcance de este estudio será demostrar que mediante un modelo de simulación se podrá mejorar la situación actual en la Comercializadora Dulce S.A, con respecto a los tiempos de espera de los clientes de dulce de leche.

Se debe dejar en claro que el objeto del estudio es únicamente para la línea de producción del dulce de leche y no es aplicable para las demás líneas.

Es trascendental hacer mención a diferentes factores que entorpecerán el desarrollo óptimo del estudio, en donde la maquinaria utilizada para la producción del dulce de leche es la que se utiliza para la elaboración de la leche condensada caramelizada, convirtiéndose en una limitación importante. Además de la falta de personal especializado en la programación de la producción.

No existen áreas de temperatura controlada por lo que dificulta los procesos de cocinado y enfriado, aumentando los tiempos de proceso y la espera del cliente.

2.5 Justificación del problema

La simulación es una herramienta que permite hacer las mejoras en el sistema actual de una forma más rápida, y sencilla de usar, ya que es muy versátil, permitiendo realizar cambios o mejoras de una manera en que se disminuya o minimiza el riesgo de poder incurrir en errores en el sistema real.

Es por eso, que la idea básica de la simulación consiste en construir un recurso experimental que va a simular el sistema de tiempos de espera de la producción del dulce de leche y ayudar a disminuirlos para mejorar estos tiempos y la satisfacción del cliente aumente.

La finalidad de utilizar la simulación es para crear un ambiente en el que sea posible obtener la información sobre acciones alternativas para mejorar el problema encontrado en la Comercializadora Dulce.

Este modelo aplicado en la simulación ayuda a realizar y a entender detalles operativos del sistema, ya que se evalúa de forma más rápida el proceso actual y permite proponer opciones para alcanzar la solución más aproximada para resolver el problema encontrado en la Comercializadora.

III DIAGNÓSTICO

3.1 Descripción del proceso de dulce de leche

El proceso inicia en el momento en que el cliente llega y hace el pedido. Posteriormente de recibirlo se pasa la orden a planta para ser producido.

El proceso o criterio de la programación actual del dulce de leche se realiza de la siguiente manera: tomando como base el pronóstico promedio semanal de la producción de dulce de leche se divide el lote semanal entre 6 que son los días hábiles que se procesa el producto, para obtener cantidades similares por día. No existe un sistema o forma de priorizar las órdenes de los clientes, por lo cual si la orden es de Spoon se procesa de inmediato, de lo contrario se procesan las órdenes de acuerdo a como fueron llegando los pedidos de los clientes.

El proceso implica leche y azúcar en una olla, donde se cocina, se deja evaporar un par de horas, se le mide el grado de concentración de azúcar. Se cocina durante 5 horas.

Después de cocinado se le agrega el espesante y se vuelve a agregar leche. Después de este agregado se vuelve a medir la concentración de azúcar y se enfría a 70 °C.

Se pasa a una olla más grande y se pone a enfriar en baño maría sin dejar de batir por aproximadamente 2 horas, se le agrega el preservante, y se sigue mezclando unos minutos más.

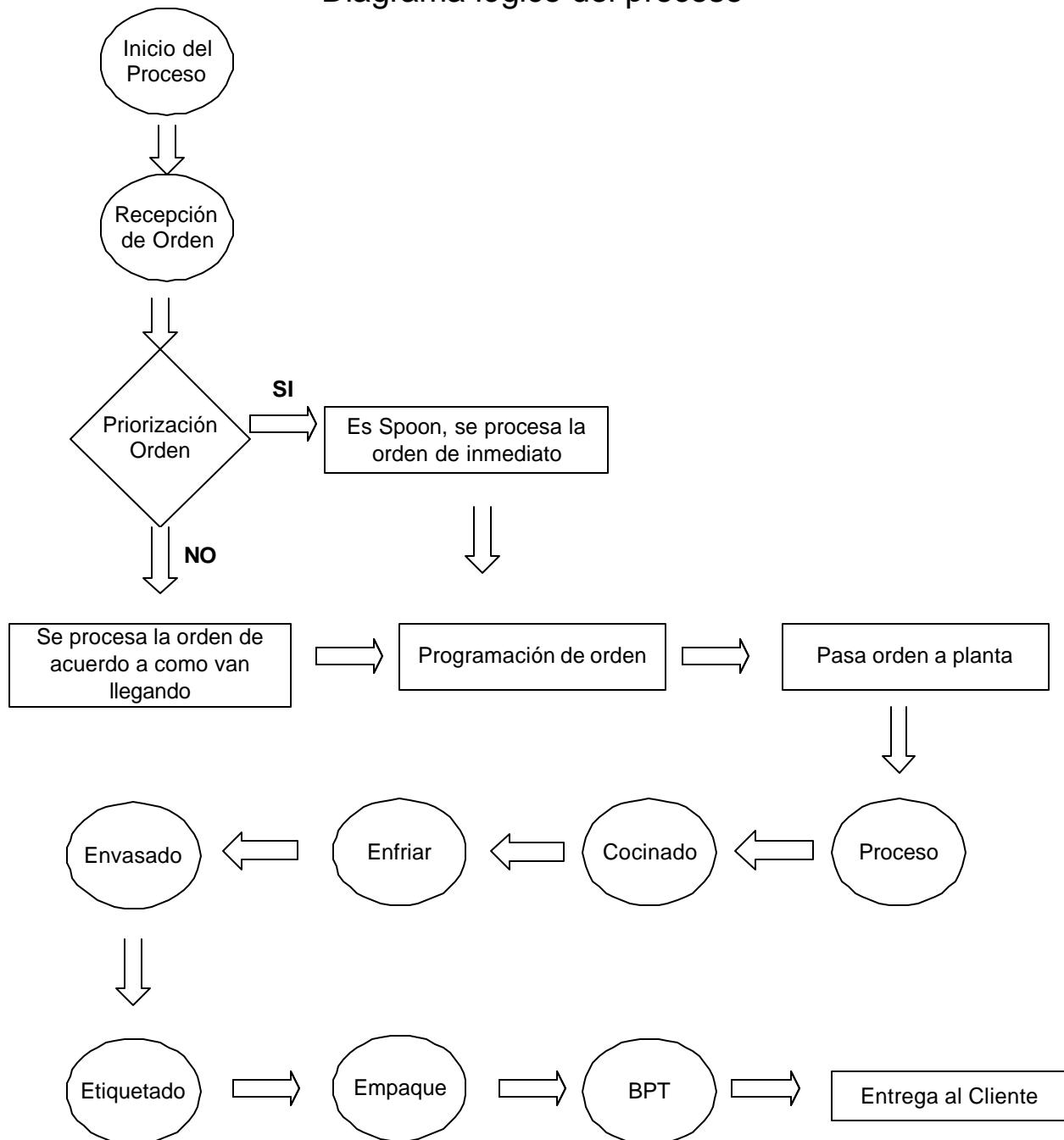
Después de transcurrido este tiempo se envasa, se etiqueta, se empaca en cajas de cartón y se lleva a la bodega de producto terminado. Finalmente se le entrega al cliente. Aquí termina el proceso.

Desde el momento en que llega la orden hasta que se le entrega el producto al cliente transcurren aproximadamente cuatro días, sin tomar en cuenta el tiempo de espera en el que puede incurrir el cliente (que puede ser hasta de un día).

3.2 Diagrama lógico del proceso

Se definen los pasos a seguir dentro de una secuencia lógica del proceso.

Diagrama lógico del proceso



3.3 Definición de las medidas de desempeño

Se tiene que tener en cuenta varios aspectos importantes, los cuales van a ser los indicadores en el buen desempeño de nuestro modelo.

Los principales indicadores de nuestro modelo son:

- ?? La cantidad de clientes en cola en la entrega de producto.
- ?? La cantidad de producto total.
- ?? El tiempo de proceso del producto (tiempo en el sistema).
- ?? Tiempos de espera del cliente para la que le suplan la orden.

Lo anterior depende de la disponibilidad de la maquinaria para producir dulce de leche, al ser un equipo compartido, lo cual influye en los tiempos de espera por parte de los clientes y, de estos depende la satisfacción de ellos con la empresa.

3.4 Información de entrada del modelo

3.4.1 Requerimientos de Información

El sistema que se pretende simular, al ser un problema de colas, tiene implícito dos requerimientos de información muy importantes. El primero es el tiempo promedio entre las llegadas de los pedidos y el segundo es el tiempo promedio de los diferentes procesos.

La planta programa la producción con base a la capacidad de la maquinaria con lo cual la producción aproxima de cuatro mil a cuatro mil doscientos cincuenta semanales, por lo que no hay un tamaño de orden definido por cliente. Si existe información histórica de los tamaños de órdenes por cliente, pero la planta se basa únicamente en la capacidad de la maquinaria para producir, y no toma en cuenta esta información (esto es tomado solo como un estadístico de control de las ventas por cada cliente).

Se mantiene un stock aproximado de quinientos kilos de producto, para suplir una parte de cualquier incremento de la demanda por parte de un cliente. La permanencia del stock en bodega es de un día. Cabe destacar que el plazo de vencimiento del dulce de leche es de dos meses.

3.4.2 Fuentes de Información

Como fuentes de información necesarias para realizar el diagnóstico están:

- ✍ Observación directa enfocada en todo el proceso de producción del dulce de leche.
- ✍ Entrevistas: realizadas al dueño de la compañía, que cuenta con una experiencia de 20 años.
- ✍ Datos históricos: los cuales nos permiten conocer los principales valores de las diversas variables que se consideran para efectos del estudio que se plantea. Estos datos son estudios informales de tiempos con los que la empresa cuenta los cuales se llevan mediante hojas de control de proceso.
- ✍ Muestreo: se realizó un estudio de toma de tiempos, en los días del 4 al quince de marzo del año en curso, sin tomar en cuenta los fines de semana. El horario fue de 8 a.m. a 5:30 p.m. Cabe destacar que la toma de tiempos del primer lote, el inicio se obtuvo con base a las hojas de control de la empresa puesto que la producción inicia a las 5:00 a.m.
- ✍ Con base en las ventas mensuales de los últimos dos años, se determinó la demanda por cliente (orden de pedido), y se hizo una análisis de la prioridad que debería tener la planta para entregar el pedido. Ver anexo 2.

3.4.3 Análisis estadístico de los datos de entrada.

A continuación se presenta la tabla con los tiempos totales (incluye desde la preparación de la materia prima hasta que se lleva a bodega de producto terminado) que se obtuvieron de la producción del dulce de leche:

7.10	7.70	7.30	6.60	7.10	8.00	7.80	6.70	7.20	7.60
7.70	6.50	6.50	6.50	7.80	7.40	7.30	7.30	7.30	6.90
7.60	7.30	6.60	6.50	7.70	7.00	6.50	6.50	7.90	6.50
6.90	7.00	7.30	6.60	6.50	6.80	7.10	7.20	7.60	7.80
7.30	7.40	7.80	7.70	7.40	6.90	7.20	7.30	6.70	7.50
7.00	8.00	8.00	7.40	7.30	7.60	7.40	6.60	6.80	6.50
6.70	6.80	7.20	7.80	6.50	6.50	7.70	7.10	7.60	7.50
7.30	7.00	7.30	7.50	7.30	6.80	7.80	7.70	7.10	7.60
7.50	6.70	7.80	6.70	6.60	8.00	7.60	7.60	6.50	8.00
7.50	8.00	6.70	6.80	7.30	6.50	6.50	6.50	6.90	6.80

Estos datos varían según la temperatura que presente el clima, pues éste influye en las diferentes etapas del proceso de producción. Por ejemplo si la temperatura del clima es baja como en el caso de las primeras horas de la mañana, es ideal para enfriar, aunque a tan tempranas horas no se haga, pero dificulta del proceso de calentamiento y cocinado; y en caso contrario, si la temperatura es alta como las del medio día, acelera el proceso de cocinado pues la planta absorbe la temperatura externa, pero dificulta y retrasa el proceso de enfriamiento por lo que se consume más tiempo para enfriar. En ocasiones se cuenta con el tanque y la bomba para enfriar agua a 4°C, pero no todo el tiempo se puede contar con ella pues ese el tanque donde se almacena la leche que se procesa durante un día.

Con base en estos tiempos se realizó un análisis estadístico con el programa Input Analyzer para conocer la distribución que más se ajusta a los datos obtenidos, los cuales se pueden ver en el anexo 1.

Los datos que el programa anteriormente utilizado arrojó indican que éstos están distribuidos uniformemente. Con base en estos resultados se plantearán las siguientes hipótesis.

H_0 = Datos pertenecen a una distribución uniforme

H_1 = Datos no siguen una distribución uniforme

?

$\alpha = 5\%$

$X^2_{\text{crítico}} = 0.71$, los grados de libertad son igual a 4

X^2_{obs} es igual a 0.4, como se observa en el anexo 1. Por lo tanto $X^2_{\text{crítico}} > X^2_{\text{obs}}$ no se rechaza H_0 , y se concluye que los datos siguen una distribución uniforme.

Según los datos obtenidos de las ventas mensuales, la demanda tiene un promedio de 31 384 kg de dulce de leche por mes. La planta tiene capacidad para producir 29 226 por lo se puede observar que la capacidad de la planta se encuentra en casi un 94%, y con un aumento en el tamaño de la orden de un cliente, se ve obligado a esperar. Los tiempos de transporte no se tomaron en cuenta a la hora de correr el modelo por considerarse despreciables dentro del proceso total. Ver anexo 2.

Para decidir si los datos se ajustan a una distribución determinada, se trabajará con un intervalo de confianza de un 95%, es decir con un error del 5%, tomando como base el valor p .

Por medio de la herramienta Input Analyser se ingresaron los datos de los tiempos de las diferentes etapas del proceso del dulce de leche (cocinado, enfriado y envasado), y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Tiempo de cocinado del dulce de leche.

Según la herramienta estos tiempos se ajustan a una distribución empírica, debido a que no existe una prueba de bondad de ajuste que se adecue a estos datos.

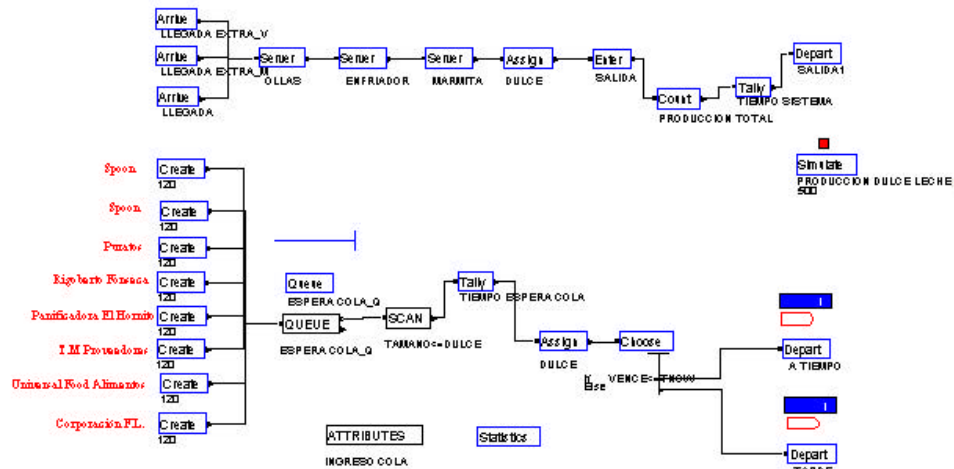
De igual forma ocurre con los tiempos del envase, etiquetado, empacado y llevado a BPT.

Con respecto a los tiempos de enfriamiento se puede observar que los datos se ajustan a una distribución beta, en donde no se rechaza que se ajuste a esta distribución pues los parámetros del valor P son mayores al 0.05. Para ver los datos arrojados por la herramienta ver anexos del tres al ocho.

3.5 Modelo de simulación

Para la imitación del sistema real de la Comercializadora Dulce, se contó con el programa de Arena. El modelo en este programa cuenta con tres llegadas (arrive), tres equipos en donde cocina, se enfría y envasa (tres server) y la entrega al cliente (depart).

A continuación se presenta el modelo de Arena del proceso de dulce de leche.



3.6 Resultados

Durante dos semanas se tomaron los tiempos de las diferentes etapas del proceso, se introdujeron en el Input Analyser del programa de Arena para obtener una distribución aproximada del comportamiento del proceso del producto.

En el modelo creado se muestra las diferentes etapas para la producción del dulce de leche, desde el momento en que se mezclan los ingredientes en la olla para cocinarlos, se pasa al equipo de enfriamiento y finalmente a la marmita para envasarlo etiquetarlo empacarlos y llevarlo a la bodega de producto terminado.

3.6.1 Tabla resumen de resultados

En la siguiente tabla se puede ver claramente los resultados obtenidos por la simulación del modelo en 500 corridas, con diez replicas.

Medida de desempeño	Resultado del modelo
La cantidad de clientes en cola en la entrega de producto.	10.23 ordenes
La cantidad de producto total producido	143 kg
El tiempo de proceso del producto (tiempo en el sistema)	22.10 horas
Tiempo de espera del cliente para que le suplan la orden	106.68 horas

Ver sección de anexos que corresponden al modelo gráfico y la tabla de resultados que se arrojo después de realizar las corridas, respectivamente.

3.6.2 Verificación de resultados

Según los datos brindados por la Comercializadora Dulce, se producen aproximadamente 42 kg de dulce de leche por hora, después de corrido el modelo de la situación actual se puede observar que se producen por hora aproximadamente 34 kg, estos datos se consideran correctos dado que el modelo no considera las limitantes en el proceso del dulce de leche antes mencionados.

Con respecto al tiempo de espera del cliente para que le suplan la orden, en la situación real éste espera 24 horas, con los datos analizados anteriormente en el modelo actual arroja que se espera 25.60 horas para que el producto se entregue.

Con respecto al tiempo del producto en el sistema, la situación real presenta 18 horas de proceso, y el modelo arroja 22.10 horas.

El tiempo entre llegada de los clientes se define con base a los días que entrega la Comercializadora el producto, por lo que por criterio experto se ponen cada semana. Además se procesan 7 ordenes de pedido de producto a la semana. Aunque los datos obtenidos por el estudio de tiempos no son exactamente iguales a los resultados obtenidos por el modelo de Arena, la diferencia que se presenta es mínima, por lo que los datos se pueden considerar que se acerca a la situación real. Ver sección de anexos.

3.6.3 Análisis de resultados

En la Comercializadora Dulce el principal problema es la espera de los clientes al querer adquirir el producto en el momento en que lo necesitan.

Como se mencionó anteriormente, el equipo para producir el dulce de leche, es compartido con el proceso de la leche condensada, lo cual influye en el tiempo de espera del cliente. Además la falta de un área con temperatura controlada que afecta el tiempo de proceso del dulce de leche y aumenta la espera del cliente.

De acuerdo a los resultados se pudo determinar por medio de conversaciones con el dueño y que es importante rescatar que:

El porcentaje de utilización es casi de un 94%, que es muy alta y cualquier variación en la demanda o en el pedido de la orden de un cliente, es mayor al pedido promedio que se realiza regularmente, no se cuenta con la capacidad para hacerle frente a este pedido mayor por lo que el cliente tiene que esperar hasta un día para que se le entregue el producto.

3.7 Conclusiones del diagnóstico

La Comercializadora Dulce no cuenta con el suficiente personal capacitado para el manejo de la programación de la producción.

Las condiciones externas del clima afecta el proceso de producción, como no se cuenta con áreas de clima o temperatura controlado, si el ambiente tiene temperaturas bajas ayuda con el proceso de enfriamiento, pero retrasa el proceso de cocinado y en el caso contrario si el ambiente tiene temperaturas altas acelera el proceso de cocinado pero retrasa el proceso de enfriamiento.

La planta no cuenta con un sistema de priorización de orden según el cliente, por lo que conforme le llegan las ordenes, se programan, se mandan a planta para comenzar con su elaboración, dando prioridad siempre a Spoon.

Debido al largo tiempo de proceso se puede observar que los clientes tienen que esperar hasta 24 horas para obtener el producto.

El porcentaje de utilización de la capacidad de la planta es casi de un 94% por lo que si existiese un aumento en el tamaño de las ordenes de los clientes, éstos tienen que esperar.

Después de correr el modelo de la situación actual se obtuvieron las siguientes conclusiones:

La cantidad de clientes en cola en la entrega de producto, es de 10.23 órdenes.

El tiempo de proceso del producto en el sistema es en promedio de 22.10 horas en 500 horas de corrida.

El tiempo en espera del cliente para que le suplan la orden es de 106.68 horas.

La cantidad de producto total es de 143 kilos por semana.

IV DISEÑO

4.1 Justificación de escenarios a evaluar.

Después de realizar el diagnóstico del proceso de dulce de leche en la Comercializadora Dulce y analizar los resultados, proponen los siguientes siete escenarios para bajar en un 50% el tiempo de espera del cliente a la hora de entregar el producto.

Es importante destacar que en todos los escenarios se propone la compra de un enfriador y una marmita con el fin de disminuir el cuello de botella que se presenta en ambos equipos, en especial en el primero.

Escenario uno.

Se propone hacer tres tandas de producción al día, utilizar el equipo actual más una olla de cocinado que se encuentra fuera de uso, y laborar un día más.

Escenario dos.

Igual al escenario uno, pero laborando la jornada actual.

Escenario tres.

Realizar tres tandas diarias de producción, utilizando el equipo actual y trabajando seis días a la semana.

Escenario cuatro.

Igual al escenario tres, solo que con una tanda menos de producción.

Escenario cinco.

Realizar tres tandas de producción utilizando el equipo actual. Trabajando de lunes a viernes.

Escenario seis.

Producir dos tandas al día, utilizar el equipo actual más una olla de cocinado que se encuentra fuera de uso, trabajando de lunes a viernes.

Escenario siete.

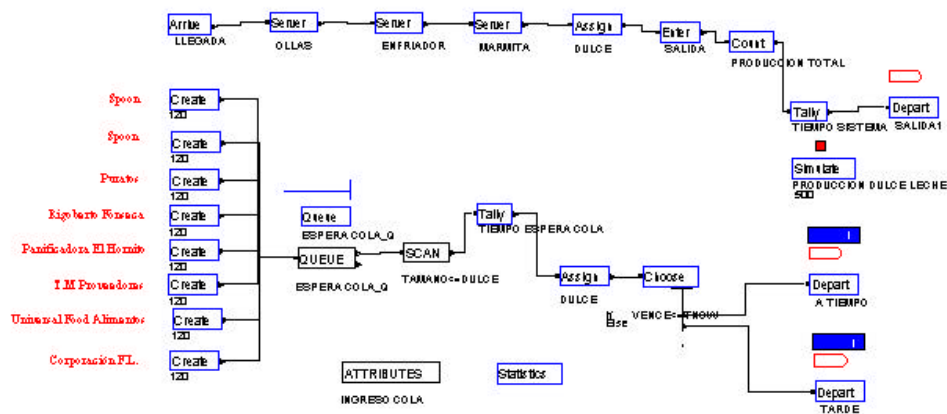
Igual al escenario seis, solo que laborando un día más.

4.2 Modelos de los escenarios.

Después de corridos los escenarios anteriores, y analizar sus resultados, se obtuvo que los escenarios más adecuados para cumplir con el objetivo del proyecto son los escenarios dos, cinco y seis. Las demás propuestas se encuentran sus resultados en la sección de anexos.

Dichos modelos se componen de una llegada (arrive), tres servidores, uno que son las ollas de cocinado (tres o cuatro, dependiendo del escenario), otro compuesto por dos enfriadores y el último compuesto por las dos marmitas (server) y una salida (depart).

A continuación se presenta el modelo propuesto.



4.3 Análisis de resultados.

4.3.1 Tabla resumen de resultados.

En la siguiente tabla se puede ver claramente los resultados obtenidos por la simulación del modelo actual y los tres escenarios mejores, en 500 corridas, con diez replicas.

Medidas de desempeño	Actual	Escenario dos	Escenario cinco	Escenario seis
La cantidad de clientes en cola en la entrega de producto.	10.23 ordenes	0.02 ordenes	0.02 ordenes	0.02 ordenes
La cantidad de producto total producido	143 kg	165 kg	146 kg	165 Kg.
El tiempo de proceso del producto (tiempo en el sistema)	22.10 horas	98.28 horas	66.81 horas	15.96 horas
Tiempo de espera del cliente para que le suplan la orden	106.68 horas	0.34 horas	0.38 horas	0.34 horas

Ver sección de anexos para observar los datos obtenidos de los diferentes escenarios.

4.3.2 Verificación de resultados

En lo referente al escenario dos, se presenta que al comprar equipo y utilizar una olla adicional para cocinar, producir una tanda más, se aumentará la producción del dulce de leche, con lo cual el número de ordenes en espera disminuye y por lo tanto tiempo de espera del cliente también disminuye.

En el escenario cinco, al producir una tanda más con la utilización del equipo actual y la compra de la marmita y el enfriador, se produce una cantidad de producto similar a la situación real, esto puede ser debido a que este escenario no toma en cuenta las horas extra del proceso actual. En la actualidad se trabajan dos días horas extra donde se produce una tanda adicional cada día, mientras que en este modelo se produce una tanda adicional diaria dentro de la misma jornada, con lo cual tiempo de espera y el número de ordenes en cola del cliente van a disminuir.

En el escenario seis al comprar el equipo y utilizar la olla adicional de cocinado se aumentará la producción del dulce de leche, con lo cual el número de ordenes en espera disminuye y por lo tanto tiempo de espera del cliente también disminuye.

4.3.3 Análisis de resultados.

Analizando la tabla anterior de los diferentes escenarios ideales propuestos para cumplir con el objetivo del proyecto, de reducir el tiempo de espera del cliente en la entrega del producto, se tiene que:

Tomando como base los datos de la situación actual, cualquiera de los escenarios anteriores pueden ser solución viable para cumplir con dicho objetivo debido a que todos disminuyen el tiempo de espera en cola para entregar el producto al cliente y las ordenes pendientes en casi un 100%.

El escenario más adecuado es el dos (hacer tres tandas de producción al día, utilizar el equipo actual más una olla de cocinado que se encuentra fuera de uso, y laborar de lunes a viernes), debido a que va a cumplir con la demanda que es de aproximadamente de 7 200 Kg. de dulce de leche semanales y con este escenario se producirá 7 500 Kg. a la semana, con lo cual esta demanda queda satisfecha, mientras que los otros escenarios no cumplen con la demanda requerida.

4.3.4 Evaluación económica.

Los escenarios dos y seis se necesita comprar una marmita y un enfriador, que tienen un costo de 800 000 colones y el enfriador 1 200 000 colones respectivamente, con la instalación incluida. Además del costo de instalación de la olla de cocinado (que actualmente no se tiene en uso), y es de 50 000 colones para una inversión total de 2 050 000 colones.

En el escenario cinco se ocupa al igual que los anteriores de un enfriador y una marmita adicional, por lo que la inversión es de 2 000 000 colones.

Los datos anteriores fueron brindados por el dueño de la empresa.

Con lo anterior se logra disminuir los cuellos de botella, se cumple con la demanda requerida, se disminuye el tiempo de espera del cliente y se eliminan las órdenes pendientes.

Según datos suministrados por la compañía multiplicados por un factor de conversión, el costo de producción mensual es de aproximadamente 20 000 000 de colones y la utilidad de vender 31 200 kg mensuales, es de 34 000 000 colones.

Por lo tanto la utilidad neta es de 14 000 000 colones al mes y la inversión se recupera en el primer mes.

4.4 Conclusiones del diseño.

Después de realizar el análisis del diseño se concluye que :

Cualquiera de los tres escenarios disminuyen en casi el 100% el tiempo de espera del cliente.

En lo referente a los costos cualquiera de los tres escenarios es viable, pues la empresa cuenta con el dinero suficiente, para cubrir la inversión de la compra del equipo.

El escenario dos es el más adecuado para cumplir con el objetivo del proyecto, pues además de reducir el tiempo de espera en un 99.68% es el que cumple con la demanda requerida semanalmente de 7 200 kg, puesto que los otros escenarios quedan por debajo de esta demanda.

La compra de equipo adicional (marmita y enfriador), viene a mejorar sustancialmente la productividad de la compañía, puesto que la producción se aumenta y se va a satisfacer la demanda, además de disminuir el cuello de botella actual.

La inversión del proyecto es rentable, ya que la empresa la recuperará en el primer mes. Se suplirá la demanda y la satisfacción de cliente aumenta.

El número de órdenes en cola se disminuye en un 99.80% con respecto a la situación actual.

La producción se aumenta en un 13%, es importante destacar que se eliminaron las horas extra que se requieren para la producción actual.

El tiempo en el sistema aumenta en un 76% pero se debe tomar en cuenta que el número de tandas aumenta con respecto al actual por lo tanto, el tiempo en el sistema aumenta.

V RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Comercializadora Dulce S.A. comprar un enfriador y una marmita adicional, además de utilizar la olla de cocimiento que actualmente no se utiliza.

Incrementar en una tanda más la producción actual, es decir en vez de los seis lotes actuales de producción, se incremente a doce lotes diarios. Con el fin de que la demanda requerida sea satisfecha .

Esto con el fin de que el tiempo de espera del cliente que actualmente es de 24 horas disminuya a 0.08 horas.

VI BIBLIOGRAFÍA

Kelton, Sadowski y Sadowski. Simulation with Arena. WCB McGraw Hill, 1997.

Miller y Freud. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Editorial Reverté, Mexicana S.A., México, 1980.

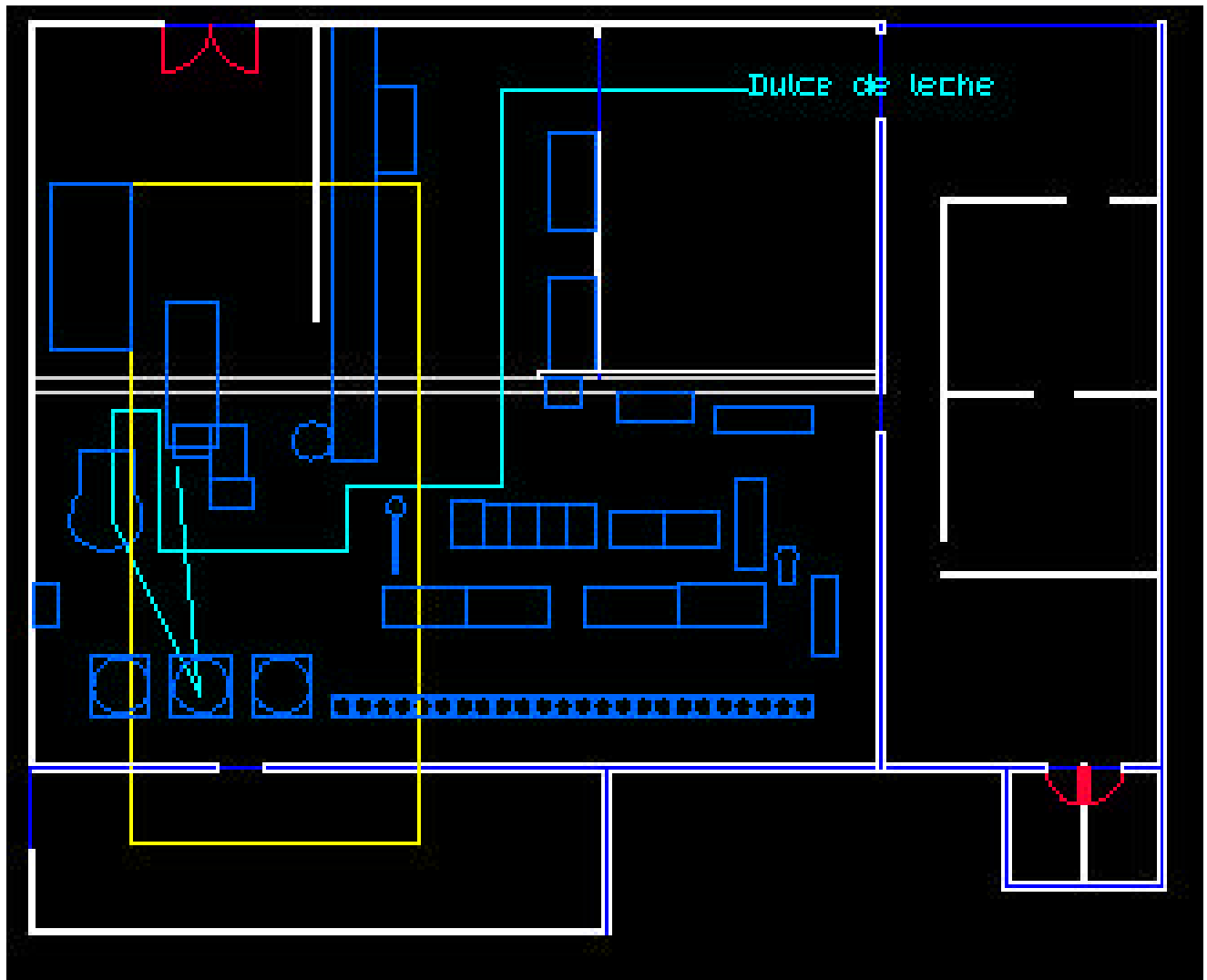
Entrevistas con el dueño de la planta Sr. Gerardo Araya G.

Entrevista con el encargado del proceso en planta Sr. Vladimir Girón.

Ayuda y Asesoramiento del Ing. Carlos Saénz

VII ANEXOS

Anexo 1 Distribución de la planta.

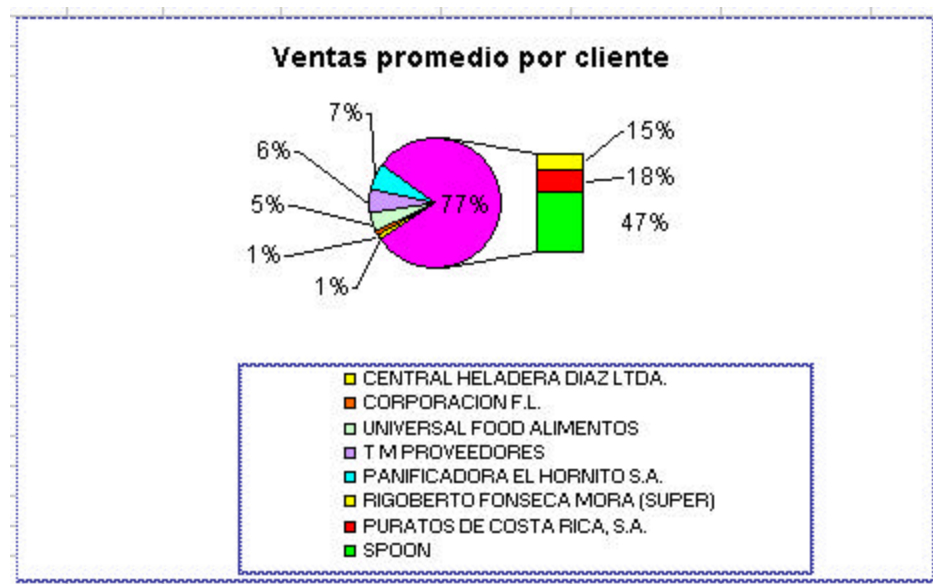


Anexo 2 Ventas de los clientes en un periodo de dos años

Ventas de los últimos 2 años por cliente									
CLIENTE	AÑO 2000								
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
CENTRAL HELADERA DIAZ LTDA.	310	317	325	324	316	315	323	329	319
CORPORACION F.L.	390	398	402	391	395	393	405	410	407
UNIVERSAL FOOD ALIMENTOS	1516	1520	1522	1524	1536	1533	1523	1536	1530
T M PROVEEDORES	1774	1770	1774	1779	1771	1770	1776	1785	1777
PANIFICADORA EL HORNITO S.A.	2209	2215	2209	2206	2211	2215	2217	2223	2217
RIGOBERTO FONSECA MORA (SUPER)	4670	4672	4660	4669	4668	4668	4671	4678	4662
PURATOS DE COSTA RICA, S.A.	5498	5493	5490	5499	5498	5492	5503	5508	5497
SPOON	14963	14961	14965	14969	14971	14973	14978	14975	14974
TOTALES	31330	31346	31347	31361	31366	31359	31396	31444	31383

OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
311	315	330	311	314	320	317	313	325	321	328	312
398	402	409	397	390	393	403	392	397	395	408	403
1520	1531	1540	1523	1527	1520	1523	1535	1532	1521	1536	1525
1779	1788	1789	1782	1777	1780	1787	1776	1782	1788	1787	1775
2215	2220	2225	2211	2217	2211	2211	2207	2217	2219	2221	2209
4664	4672	4679	4666	4660	4666	4670	4671	4672	4677	4678	4671
5499	5505	5509	5492	5490	5497	5503	5500	5501	5501	5508	5494
14970	14976	14978	14966	14969	14960	14967	14961	14970	14973	14976	14968
31356	31409	31459	31348	31344	31347	31381	31355	31396	31395	31442	31357

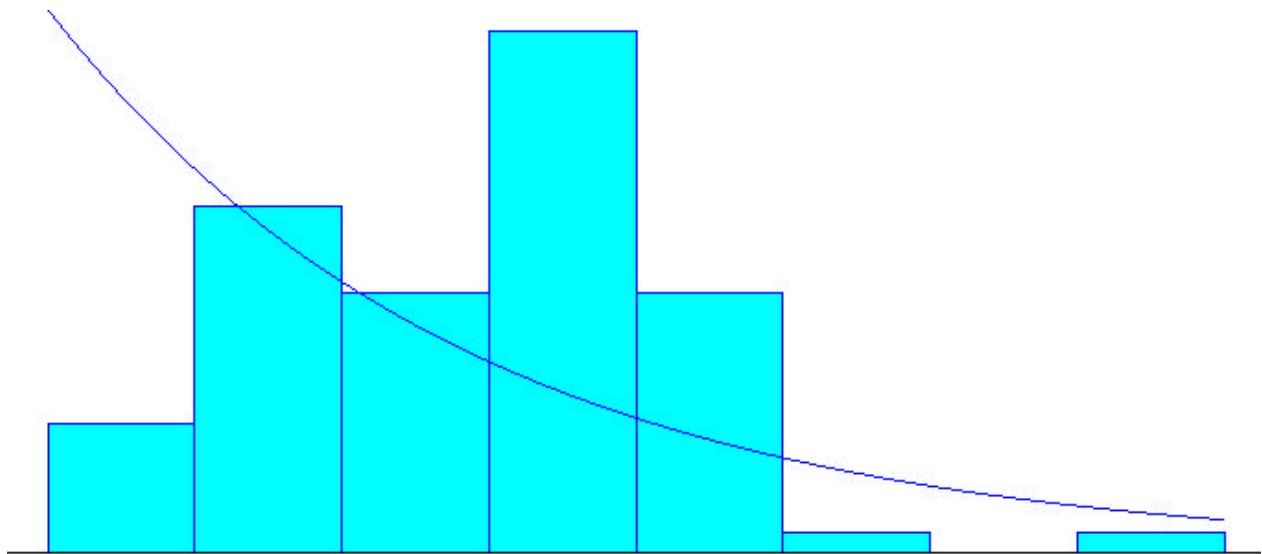
OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total vendido	Promedio	Porcentaje	Porcentaje Acum	Valor Acum	Ventas semanales
320	326	327	7668	320	1	1	0.01	74
404	405	410	9597	400	1	2	0.02	92
1533	1535	1539	36680	1528	5	7	0.07	353
1787	1788	1790	42731	1780	6	13	0.13	411
2220	2222	2224	53171	2215	7	20	0.2	512
4673	4675	4679	112091	4670	15	35	0.35	1079
5504	5507	5509	131997	5500	18	53	0.53	1270
14970	14976	14980	359289	14970	47	100	1	3457
31411	31434	31458		31384				7248



Anexo 3 Datos de la distribución empírica de los tiempos de cocinado del dulce de leche.

Distribution Summary	
Distribution:	Exponential
Expression:	$4.83 + \text{EXP0}(0.302)$
Square Error:	0.109270
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 49.7
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.285
Corresponding p-value	< 0.01
Data Summary	
Number of Data Points	= 72
Min Data Value	= 4.9
Max Data Value	= 5.6
Sample Mean	= 5.13
Sample Std Dev	= 0.138
Histogram Summary	
Histogram Range	= 4.83 to 5.67
Number of Intervals	= 8

Anexo 4 Gráfico de la distribución empírica de los tiempos de cocinado del dulce de leche.



Anexo 5 Datos de la distribución beta de los tiempos de enfriado del dulce de leche

```
Distribution Summary

Distribution:      Beta
Expression:       0.47 + 1.88 * BETA(2.36, 2.12)
Square Error:     0.007032

Chi Square Test
  Number of intervals = 6
  Degrees of freedom  = 3
  Test Statistic      = 3.89
  Corresponding p-value = 0.281

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic      = 0.0542
  Corresponding p-value > 0.15

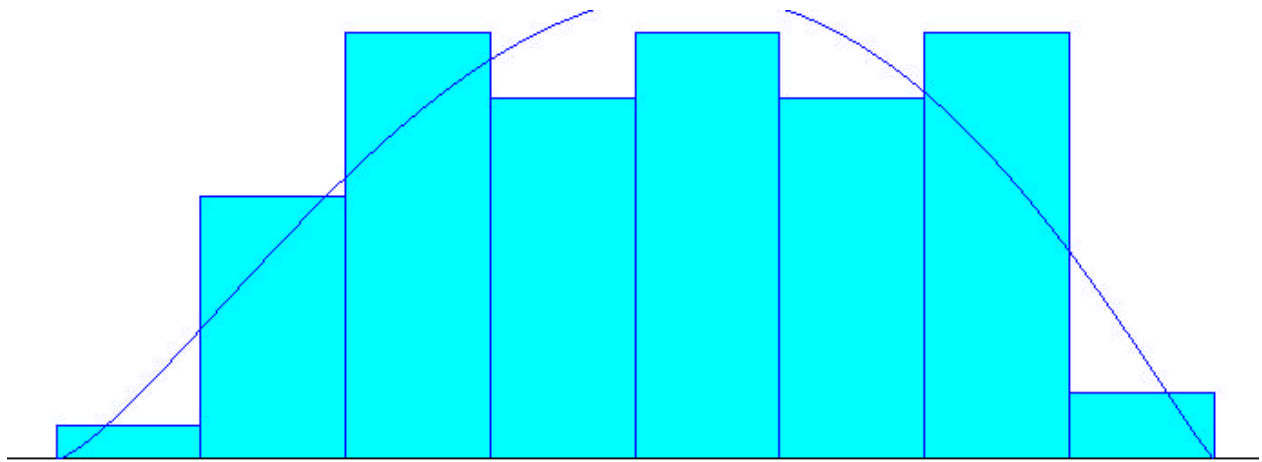
Data Summary

Number of Data Points = 72
Min Data Value        = 0.63
Max Data Value        = 2.19
Sample Mean           = 1.46
Sample Std Dev        = 0.401

Histogram Summary

Histogram Range       = 0.47 to 2.35
Number of Intervals   = 8
```

Anexo 6 Gráfico de la distribución beta de los tiempos de enfriado del dulce de leche



Anexo 7 Datos de la distribución empírica de los tiempos de envasado, etiquetado y empaque.

Distribution Summary

Distribution: Empirical
Expression: CONT or DISC (0.000, 0.430,
0.014, 0.453,
0.014, 0.475,
0.014, 0.498,
0.250, 0.520,
0.514, 0.542,
0.736, 0.565,
0.986, 0.587,
0.986, 0.610)

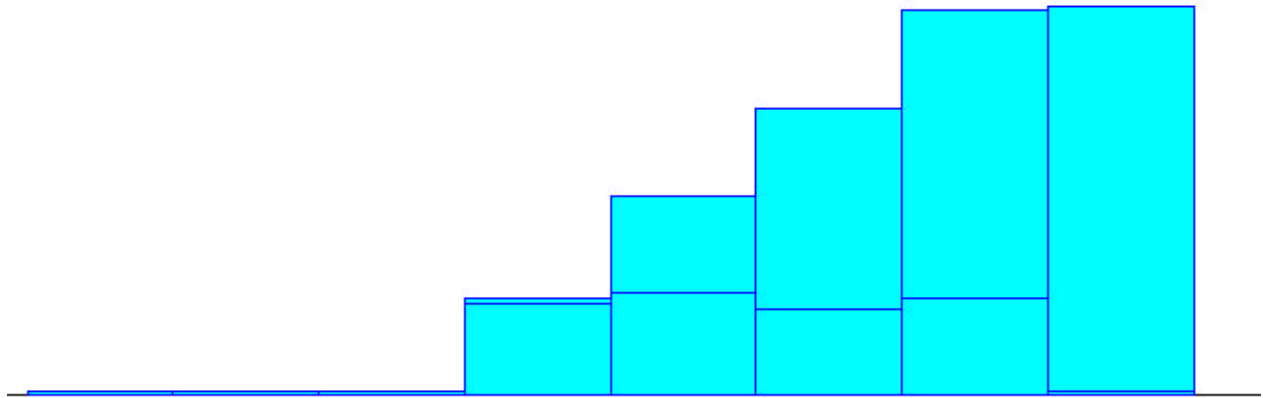
Data Summary

Number of Data Points = 72
Min Data Value = 0.45
Max Data Value = 0.59
Sample Mean = 0.543
Sample Std Dev = 0.0262

Histogram Summary

Histogram Range = 0.43 to 0.61
Number of Intervals = 8

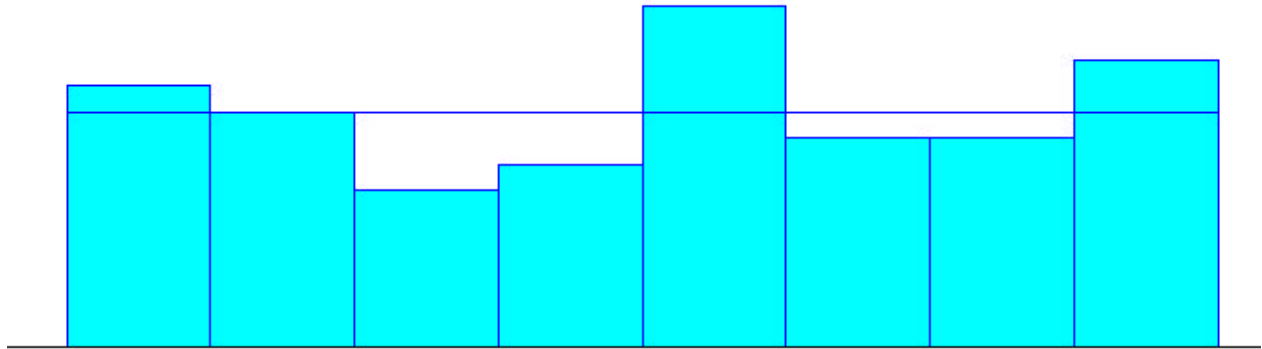
Anexo 8 Gráfico de la distribución empírica de los tiempos de envasado, etiquetado y empaque



Anexo 9 Datos de la distribución uniforme de los tiempos totales del proceso del dulce de leche.

Distribution Summary	
Distribution:	Uniform
Expression:	UNIF(6.35, 8)
Square Error:	0.006944
Chi Square Test	
Number of intervals	= 8
Degrees of freedom	= 7
Test Statistic	= 4
Corresponding p-value	> 0.75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.103
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 72
Min Data Value	= 6.5
Max Data Value	= 8
Sample Mean	= 7.18
Sample Std Dev	= 0.472
Histogram Summary	
Histogram Range	= 6.35 to 8
Number of Intervals	= 8

Anexo 10 Gráfico de la distribución uniforme de los tiempos totales del proceso del dulce de leche.



Anexo 11 Resultados del modelo de los diferentes escenarios