

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Desarrollo de Diferentes Escenarios en Base a la Simulación  
Dinámica de un Proceso de Producción y a la Aplicación de las  
Técnicas Lean Manufacturing”

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Fabricio Hernán Ullauri Castillo

Javier Antonio Villacís Galarza

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2010

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en el Ing. Marcos Buestán, Director de proyecto de grado, por su invaluable ayuda.

## DEDICATORIA

NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

A NUESTROS TIOS

A NUESTRAS TIAS

A NUESTROS AMIGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Marcos Buestán B.  
DIRECTOR DE  
PROYECTO DE GRADO

---

Ing. Xavier Cabezas G.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La Responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Javier Antonio Villacís Galarza

---

Fabrizio Hernán Ullauri Castillo

# RESUMEN

SUTORTA S.A. es una empresa tradicional y familiar dedicada a producción, distribución y venta de tortas.

La empresa es centralizada ya que no se ha visto la integración de las áreas que la constituyen debido a una cultura conformista que se ha manejado durante años. Por eso las funciones que se ejecutan son de supervisar, investigar, estandarizar, tener charlas con los subordinados para dar a entender qué es una empresa de clase mundial.

En el área de pastelería, el producto de estudio y que genera mayor demanda y utilidades son las tortas; entre éstas se tiene las de mantequilla, chocolate y “glace”. A través de este proyecto de grado, se apuntará a la mejora de tortas “glace”, debido a que este proceso es el de mayor ineficiencia.

Dentro del proceso de tortas “glace” se han tenido desperdicios tipo: tiempo y movimiento, línea no balanceada, orden y limpieza, elevado WIP (trabajo en proceso), mala planificación de materiales, división del trabajo e indiferencia

entre operarios tipo psicológica destreza. Todo esto refleja un verdadero problema que es el de baja productividad, calidad del producto y tiempo de entrega.

El proceso muestra complejidad en la variedad de diseños de tortas “glace” en una sola línea productiva .Debido al exceso de mano de obra no se ha conseguido buen manejo en la distribución de tareas y asignación de estaciones por turnos.

Todas estas variables del sistema provocaron grandes cambios en los output e input. La demanda diaria como factor disparador de la producción, no es satisfecha la mayoría de veces viéndose reflejado negativamente en el estado de resultados.

Por estas razones el objetivo de este proyecto de grado va en dirección al rediseño de esta línea hacia una línea flexible a la demanda utilizando simulación dinámica.

Es necesaria la animación de las operaciones para definir un plan de control de incremento de capacidad y reducción de costos. Con esto, la simulación aportará significativamente a la mejora del proceso y en un futuro, como modelo de mejora de todo el sistema.

Se espera determinar las diferentes capacidades y rendimientos de cada estación de trabajo, balanceo y simplificación de la línea, reducción de

tiempos de entrega. A través de la experimentación en simulación, se logrará varios modelos de capacidad que satisfagan la demanda diaria con todas las tareas, actividades, tiempos y movimientos de los recursos y del producto en sí ajustados a la línea modelo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	3
1.1.2 EL PROBLEMA.....	4
1.1.3 ANÁLISIS MODAL DE FALLO (AMFE).....	5
1.1.4 JUSTIFICACIÓN.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.3 METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO 2	
2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	16
2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO.....	17
2.1.1 EL PROCESO DE ESTUDIO.....	17
2.1.2 EL SISTEMA A MODELAR.....	23
2.2 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	27
2.2.1 TIEMPO DE PRODUCCIÓN.....	27
2.2.2 DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO.....	30
2.2.3 PRIORIDAD DE PRODUCTOS.....	31

2.2.4	TIEMPOS DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO.....	33
2.2.5	TIPOS DE PRODUCTOS (ENTIDADES).....	35
2.2.6	ARRIBOS DE PEDIDOS.....	38
2.2.7	PARADAS.....	40
2.2.8	WIP (BUFFERS).....	42
2.3	INTERPRETACIÓN DEL MODELO.....	43
2.3.1	ENTIDADES.....	43
2.3.2	ARRIBOS.....	44
2.3.3	RECURSO HUMANO.....	44
2.3.4	EL PROCESO DE MANUFACTURA.....	44
2.3.5	JORNADAS DE TRABAJO.....	46
2.4	VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.....	48
2.4.1	VERIFICACIÓN DEL MODELO.....	48
2.4.2	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	52
2.5	DISEÑO EXPERIMENTAL FINAL.....	62
2.5.1	ANÁLISIS DE CAPACIDAD.....	62
2.5.2	EXPERIMENTO 1 REDISTRIBUCIÓN Y CAPACITACIÓN DE PERSONAL.....	67
2.5.3	EXPERIMENTO 2 AUTOMATIZACIÓN DE LÍNEA.....	68
CAPÍTULO 3		
3.	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	71
3.1	EXPERIMENTACIÓN.....	71
3.1.1	ANÁLISIS DE CAPACIDAD EXPERIMENTO 1.....	71
3.1.2	ANÁLISIS DE CAPACIDAD EXPERIMENTO 2.....	73
3.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	77
3.2.1	ANÁLISIS DE COSTO (MODELO ACTUAL).....	79
3.2.2	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO (EXPERIMENTO 1).....	80
3.2.3	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (EXPERIMENTO 2).....	83
3.2.4	ANÁLISIS TIR Y VAN.....	83
CAPÍTULO 4		
4.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	90
4.1	REPORTES.....	90
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
CAPITULO 5		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1	CONCLUSIONES.....	96
5.2	RECOMENDACIONES.....	98

APÉNDICES  
BIBLIOGRAFÍA

## SIMBOLOGÍA

\$	Dólares
%	Porcentaje

## ABREVIATURAS

CT	Tiempo de Ciclo
Etc.	Etcétera
Hrs.	Horas
ipg	Infantil, carita de payaso, glace
Norm.	Normal
PT	Producto terminado
Rect.	Rectangular
T1	Turno Diurno
T2	Turno Nocturno
Te	Tiempo efectivo total
te	Tiempo efectivo de cada operación
unid.	Unidades
Var.	Variable
Wo	Producto crítico en proceso
TH	Velocidad de producción
WIP	Producto en proceso
AMFE	Análisis Modal de fallo y efecto
NPR	Número de prioridad de riesgo
Sku	Unidad de guardado de inventario
Mp	Materia prima
Ho	Hipótesis nula
H1	Hipótesis alternativa
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto
TMAR	Tasa mínima atractiva de retorno
Mo	Mano de obra
Máx.	Máxima
Fabr.	Fabricación
Req.	Requerida
S.A.	Sociedad Anónima
PT	Producto Terminado

BPT	Bodega de Producto Terminado
T	Tiempo
Sobret.	Sobretiempo
B	Buffer
VENDLU	Pedido para la venta externa
Sku	Stock keeping unit
Var.	Variación
Fore	Forecast
Req.	Requerido
Produc. Max	Producción Máxima
Ex	Experimento
Presupuest.	Presupuestado
Stock	Inventario
TMAR	Tasa Mínima Atractiva de Retorno
PVP	Precio Valor Público
Cant.	Cantidad
Fab.	Fabricación

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Gráfica de Pareto.....	10
Figura 1.2	Metodología del Proyecto.....	13
Figura 2.1	Transformación del producto Tortas “Glace”.....	19
Figura 2.2	Diagrama de Recorrido (Área Caliente).....	21
Figura 2.3	Diagrama de Recorrido (Área Fría).....	22
Figura 2.4	Componentes del Sistema.....	25
Figura 2.5	Producto en Proceso.....	43
Figura 2.6	Llamadas en espera.....	45
Figura 2.7	Clasificadoras.....	46
Figura 2.8	Creación de turnos.....	47
Figura 2.9	Secuencia Lógica del Modelo Actual.....	49
Figura 2.10	Distribución Arribo de Pedidos.....	50
Figura 2.11	Producción Semanal.....	51
Figura 2.12	Robot de Decorado.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Ejemplo AMFE de la estación Relleno.....	7
Tabla 2	Diagrama de Procesos.....	17
Tabla 3	Elementos del Sistema y sus Factores.....	26
Tabla 4	Turno Nocturno.....	28
Tabla 5	Turno Diurno.....	29
Tabla 6	Distribución del Recurso.....	30
Tabla 7	Tiempos de elaboración del producto.....	34
Tabla 8	Entidades (Pedidos) del Sistema.....	37
Tabla 9	Pedidos Súper Especiales.....	38
Tabla 10	Arribos de Pedidos Normales.....	39
Tabla 11	Utilización planta actual.....	41
Tabla 12	Datos de Producción Mensual.....	55
Tabla 13	Pronóstico de Ventas y Producción Real 2007-2009.....	56
Tabla 14	Validación Variable X.....	57
Tabla 15	Datos de Cumplimiento Mensual de Tortas.....	59
Tabla 16	Validación Variable Y.....	60
Tabla 17	Datos de CT de una torta E E N D que llega un viernes...	61
Tabla 18	Validación Variable Z.....	63
Tabla 19	Capacidad Actual.....	64
Tabla 20	Capacidad Proyectada.....	66
Tabla 21	Análisis de Capacidad Ex 1.....	74
Tabla 22	Réplicas EX 1.....	75
Tabla 23	Análisis de Capacidad Ex 2.....	76
Tabla 24	Réplicas EX 2.....	78
Tabla 25	Análisis Costo (Modelo Actual).....	81
Tabla 26	Análisis Costo-Beneficio (EX 1).....	82
Tabla 27	Análisis Costo-Beneficio (EX 2).....	84
Tabla 28	Flujo de Caja Ex 1.....	86

Tabla 29	Flujo de Caja Ex 2.....	87
Tabla 30	Flujo de Caja Incremental.....	88
Tabla 31	TIR y VAN.....	89
Tabla 32	Reporte EX 1.....	94
Tabla 33	Reporte EX 2.....	95

# INTRODUCCIÓN

El presente proyecto trata del uso de la simulación dinámica para el mejoramiento de la línea de producción de tortas “glace” de la empresa SUTORTA S.A., enfocado al incremento de la capacidad de producción y reducción de recursos con el fin de poder satisfacer la demanda anual.

En el área de pastelería, el producto de estudio y que genera mayor demanda y utilidades son las tortas; entre éstas se tiene las de mantequilla, chocolate y “glace”. A través de este proyecto de grado, se apunta a la mejora de tortas glace, debido a que este proceso es el de mayor ineficiencia.

Es necesaria la animación de las operaciones para definir un plan de control y reducción de costos, con esto la simulación aportará significativamente a la mejora del proceso y en futuro, como modelo de mejora de todo el sistema.

Se espera determinar las diferentes capacidades y rendimientos de cada estación de trabajo, balanceo y simplificación de la línea, reducción de tiempos de entrega. A través de la experimentación en simulación, se

logrará varios modelos de línea flexibles a la demanda diaria con todas las tareas, actividades, tiempos y movimientos de los recursos y del producto en sí, ajustados a la línea modelo.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Formulación del Problema

#### 1.1.1 Antecedentes de la Empresa

SUTORTA S.A. es una empresa tradicional y familiar dedicada a la producción, distribución y venta de tortas.

En la actualidad, el dueño y gerente de SUTORTA S.A. ha comprado una nueva planta más grande y sofisticada, donde ya se ha asentado el área de pastelería.

La empresa trabaja bajo un sistema “make to stock” (hacer para inventario) en los turnos de mañana y noche.

En el área de pastelería, los productos que generan mayor demanda son las tortas; entre éstas se tiene: “mantequilla”,

“chocolate” y “glace”; siendo éste último el producto estrella que genera mayor utilidad.

A través de este proyecto de grado, se va a dedicar al estudio de la línea de producción de tortas “GLACE”, debido a que este proceso es el de mayor ineficiencia.

### **1.1.2 El Problema**

SUTORTA ha venido desarrollando un crecimiento en las ventas en un 7% y el departamento de mercadotecnia predice en sus estudios de elección y preferencia que para el 2010 habrá un crecimiento del 9%.

En vista a este crecimiento, SUTORTA se encuentra preocupado en su capacidad de producción, ya que actualmente no está respondiendo a dicha demanda, por lo que se requiere mejorar la productividad en sus líneas de producción.

Una de estas líneas, es el de tortas “glace”, donde se tiene desperdicios tipo: tiempo y movimiento, línea no balanceada, orden y limpieza, elevado WIP (trabajo en proceso), mala planificación de materiales, división del trabajo, indiferencia entre operarios tipo psicológica-destreza. Todo esto refleja

un verdadero problema que es el de baja productividad, calidad del producto y tiempo de entrega.

El proceso muestra complejidad en la variedad de diseños de tortas “glace” en una sola línea productiva, debido al exceso de mano de obra no se consigue buen manejo en la distribución de tareas y asignación de estaciones por turnos.

Todas estas variables del sistema provocan grandes cambios en los output e input. La demanda diaria, como factor disparador de la producción no es satisfecha la mayoría de veces viéndose así reflejado negativamente en el estado de resultados.

### **1.1.3 Análisis Modal de Fallo (AMFE)**

El AMFE es una herramienta útil en el diagnóstico, investigación y análisis de fallas o pérdidas de cualquier proceso.

Este análisis fue realizado en la empresa SUTORTA S.A para la búsqueda, comprensión e impacto de las fallas existentes en la línea de tortas “glace”. (Ver apéndice A).

Para la elaboración del AMFE, se divide el proceso en subprocesos (estaciones de trabajo), con cada una de las actividades o tareas que se realizan en dicha estación.

El análisis empieza definiéndose el tipo de fallo y el efecto que produce el mismo para cada actividad mediante inspecciones en el proceso y reporte de resultados de operación en los indicadores de utilización, velocidad y rendimiento de línea.

Se determinan las posibles causas formando un focus-group (concentración grupal), preguntando cinco veces el ¿Por qué? del tipo de fallo.

De esta manera se consigue la causa raíz de la actividad para luego tabular los datos en forma de gravedad, ocurrencia, detección en una escala de valor dada.

El producto de estos factores es igual al NPR cuyo grado de control se indica en el apéndice B.

Finalmente se destacan los controles actuales y acciones recomendadas (ver tabla 1).

TABLA 1

EJEMPLO AMFE DE LA ESTACIÓN “RELLENO”.

Nombre/ref. de la pieza de proceso: Tortas Glace

Proveedores y plantas afectados: Todos

Responsabilidad de diseño/fabricación: Fabricio Ullauri

Año del modelo: 2006-2007

Otros departamentos involucrados: Todos

Fecha de lanzamiento de ingeniería: 05/12/2006

Estación y sus actividades	Tipo de fallo	Efecto del fallo	Grave.	Causas de fallo	Frec. AMFE	Controles actuales	Detec.	N P R	Acciones recomendadas
RELLENO									
preparación de cake en filas	adición de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	5	falta de higiene y aseo del operario	1	por inspección	3	15	en plan de acción (simulación)
corte del cake	cortes irregulares en el cake	producto de baja calidad, posible rechazo del cliente	3	falta de estandarización	4	por inspección	3	36	en plan de acción (simulación)
embarrado de jarabe	cantidades irregulares en el cake	producto de baja calidad, posible rechazo del cliente	4	falta de estandarización	3	por inspección	3	36	en plan de acción (simulación)
rellenado de manjar	cantidades irregulares en el cake	producto de baja calidad, posible rechazo del cliente	4	falta de estandarización	5	por inspección	3	60	en plan de acción (simulación)
cargar cake relleno en gavetas	adición de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	5	falta de higiene y aseo del operario	1	por inspección	3	15	en plan de acción (simulación)

Una herramienta adicional al AMFE, es la gráfica de “PARETO” que muestra; que el 80% de los problemas están conformados por las siguientes fallas (ver figura 1.1):

1. Paros no programados.
2. Mucho esfuerzo y recorrido.
3. Elevado WIP (producto en proceso).
4. Cantidades irregulares de jarabe, manjar y glace en el cake.
5. Moldes defectuosos.
6. Golpes, caídas que sufre el producto.
7. Adición de cuerpos extraños.
8. Falla de registros a la salida de producto.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, se puede decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas tan solo resolverán el 20% del problema [1].

El análisis de Pareto hace referencia a los muchos triviales (80% de los problemas), que conforma el 20% de las causas a ser eliminadas.

Entre estas causas se tiene:

1. Ausencia de mantenimiento.
2. Desconocimiento y falta de estandarización del tiempo de enfriamiento.
3. Falta de habilidad y destreza en decorar.
4. Condiciones espaciales de la planta, no simplificación ni automatización.
5. Actividades no balanceadas falta de recurso (moldes).
6. Falta de estandarización.
7. Mal manejo de tortas.
8. Falta de higiene y aseo del operario.
9. Errores humanos (codificación)

La herramienta PARETO, indica que al eliminar estas causas, se resolverán las fallas presentes en un 80% como son:

1. Paros no programados.
2. Mucho esfuerzo y recorrido.
3. Elevado producto en proceso.
4. Cantidades irregulares de ingredientes.

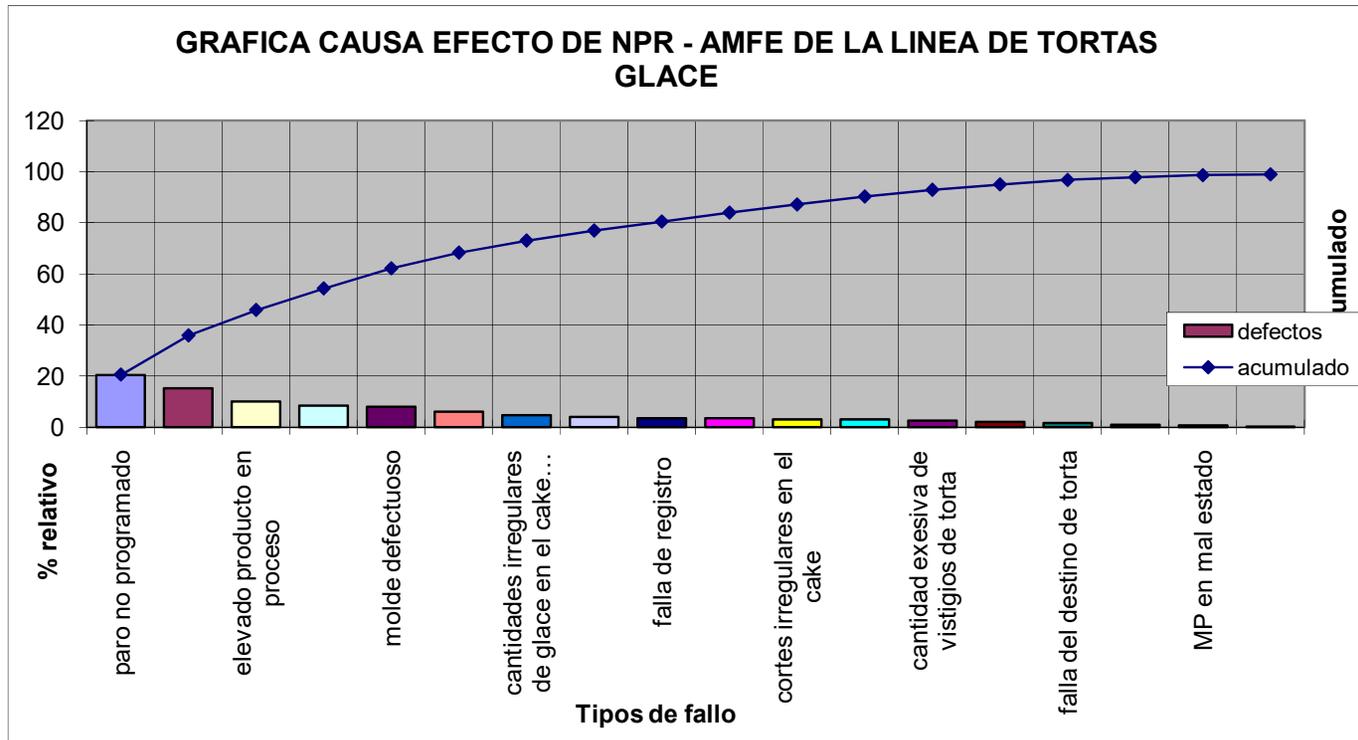


FIGURA 1.1 GRÁFICA DE PARETO

#### **1.1.4 Justificación**

Debido al crecimiento en las ventas, la alta gerencia toma la decisión de un traslado de la planta y rediseño de la misma a un sistema nuevo de producción a favor de incrementar la producción, por lo que el gerente necesita ajustar y acoplar la línea “estrella” de producción de tortas glase al sistema actual poniendo énfasis en la variación de la demanda, reducción de costos de producción, tiempos de entrega y cumplimiento.

Es necesaria la animación de las operaciones para determinar nuevas capacidades y rendimientos de cada estación. Se debe definir un plan de control, balanceo y simplificación de la línea para lograr una reducción de tiempos de entrega presentes en el sistema actual.

Se debe realizar varios modelos para la línea que sean flexibles a la demanda diaria con todas las tareas, actividades, tiempos, movimientos de los recursos y del producto.

Dado a que la simulación dinámica es una herramienta clave en la experimentación, diseño y rediseño de sistemas

de manufactura, se justifica la realización de este proyecto de grado en dirección al rediseño de esta línea hacia una línea flexible a la demanda.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Incrementar la capacidad de producción simulando una línea que satisfaga a la demanda de tortas.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información con cierto grado de confianza, esquematizar, diagramar el modelo general (medio ambiente) y modelar el sistema de estudio.
- Determinar si los resultados del modelo son creíbles y reflejan con un nivel de confianza el comportamiento del sistema real.
- Experimentar, logrando acontecimientos de posibles soluciones al problema planteado.

## **1.3 Metodología**

La metodología del proyecto está graficada en la figura 1.2. La conceptualización del modelo se desarrolla en base a diagramas de

flujo con el fin de tener una perspectiva macro y micro del proceso; donde se observe las actividades, secuencia del producto, todos los recursos que intervienen, espacio de trabajo, estándares etc.

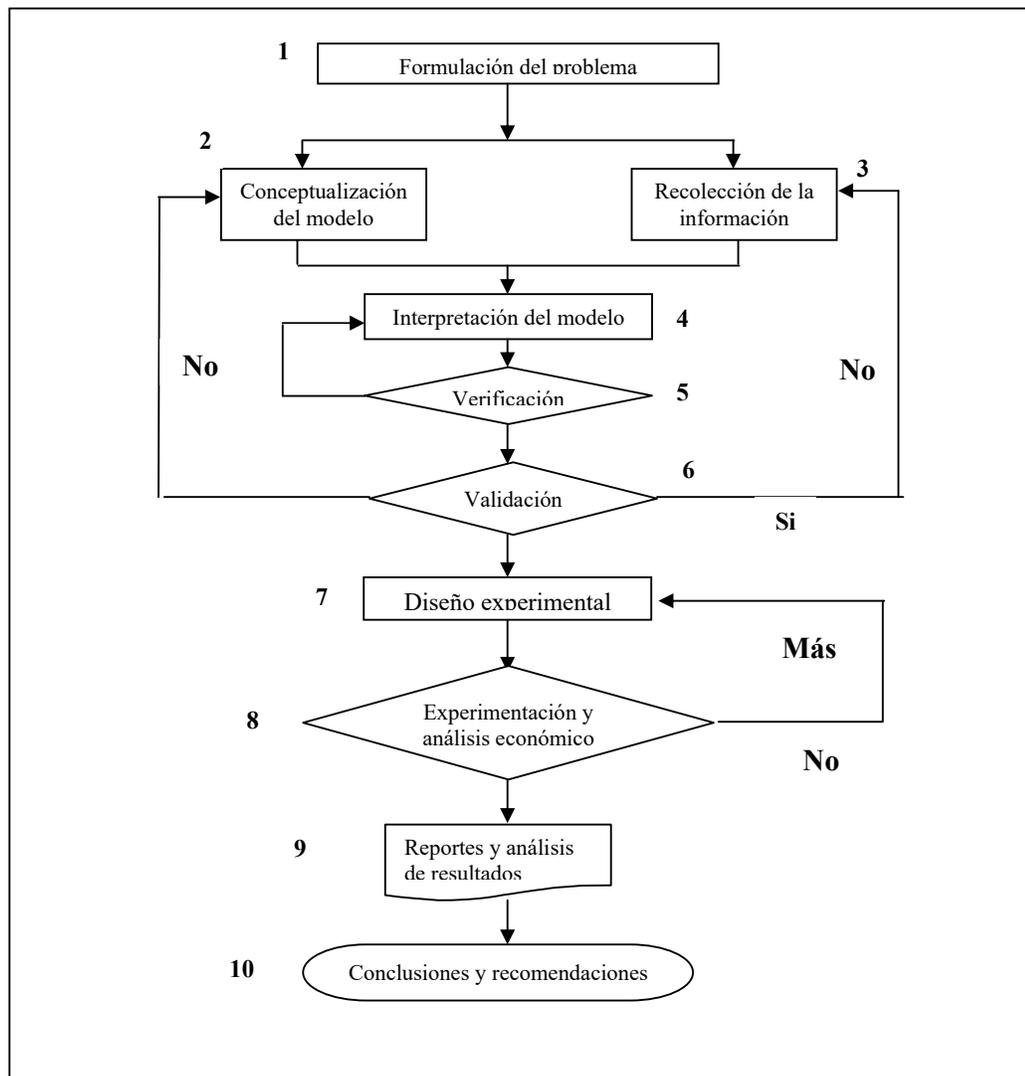


FIGURA 1.2 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Durante la recolección de la información, es necesario saber que se necesita extraer del sistema, para lo cual se cuenta con los problemas ya establecidos y objetivos, también con datos históricos.

La interpretación del modelo se va a llevar a cabo mediante el software de simulación WITNESS PROJECT" tomando nota del modelo que se está formulando, escribiendo todas las asunciones y estrategias usadas así como también los cambios que se realiza en el modelo con el nombre, fecha y razón del cambio.

La verificación del modelo conlleva a confirmar que el modelo opera en la forma que el analista lo formuló, ejecutando el simulador una y otra vez, verificando y comparando cada iteración, utilizando la retroalimentación.

Una vez verificado el modelo, hay que validar el mismo analizando y comparando los resultados que arroja la simulación con los datos recopilados inicialmente, determinando si estos resultados son creíbles (nivel de confianza) al comportamiento del sistema actual.

El diseño de los experimentos se desarrolla en concepción del analista en base al diagnóstico situacional de la planta y de los supuestos preestablecidos. Para esto se documenta como se va a

realizar el experimento y se realizan todos los cambios necesarios al modelo de simulación actual.

En la experimentación se realizan variaciones al modelo actual con el fin de mejorar la capacidad de producción.

Posteriormente se obtiene un reporte de los experimentos conjuntamente con un análisis económico de cada uno, dando como resultado un modelo óptimo que satisfaga las expectativas planteadas. Este modelo es el que estará listo para la implementación.

Finalmente se establecerán conclusiones y recomendaciones a priori a la implementación sujeta a cada objetivo planteado.

# CAPÍTULO 2

## 2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se logrará esquematizar, diagramar el modelo general (medio ambiente) y modelo preliminar del sistema de estudio.

Se debe recopilar la información real o probabilística con cierto grado de confianza.

Se formula el modelo en un lenguaje de simulación apropiado, utilizando el software "WITNESS PROYECT", confirmando que el modelo opera en la forma que el analista lo formuló y determinando si los resultados del modelo son creíbles y representan exactamente el comportamiento del sistema real.

El capítulo culmina con el diseño de dos experimentos acorde a supuestos e hipótesis ya establecidos en un principio.

## 2.1 Conceptualización del Modelo

### 2.1.1 El proceso de Estudio

El proceso de estudio es la línea de producción de tortas “glace”, que se divide en sub-procesos o estaciones; las cuales se presenta en el diagrama de procesos a continuación (ver tabla 2).

TABLA 2  
DIAGRAMA DE PROCESOS

#	ESTACION	OPERA CION	TRANS PORTE	INSPEC CION	ESPERA	ALMACE NAJE
1	BODEGA MP	O	→	□	D	▼
2	BATICION	O	→	□	D	▼
3	HORNEADO	O	→	□	D	▼
4	RELLENO	O	→	□	D	▼
5	GLACE	O	→	□	D	▼
6	ADUANA	O	→	□	D	▼
7	BODEGA PT	O	→	□	D	▼

Se cuenta con siete estaciones, que involucran actividades operativas, de transporte, inspección, espera y almacenamiento.

Muchas de las actividades corresponde a operaciones manuales, existen maquinas como hornos y batidoras en las correspondientes estaciones; el transporte se efectúa con perchas rodantes y el almacenamiento con gavetas ajustadas al producto en proceso.

Existen grandes colas en la estación de horneado y relleno que provocan demoras.

### **Transformación del Producto**

Las tortas “glace” atraviesan las estaciones bajo la siguiente transformación. (Ver figura 2.1)

En batición se tiene la masa cake en estado crudo, para luego hornearse en moldes de aluminio.

En la estación de relleno se añade un jarabe “x” y manjar, luego el producto pasa hacia la estación “glace”, donde se coloca una base de espumafón y es fileteada (cortes transversales), bañada de glace (merengue) y decorada.

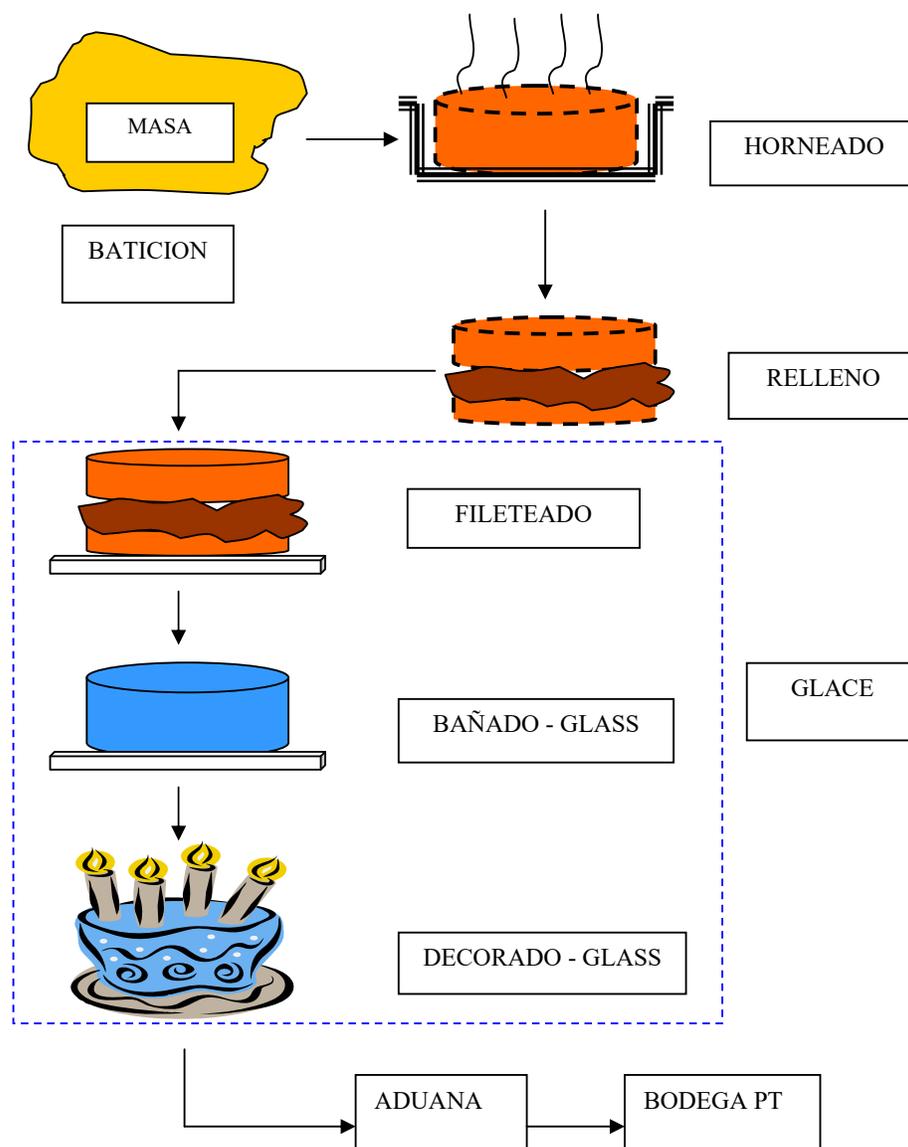


FIGURA 2.1

TRANSFORMACIÓN DEL PRODUCTO: TORTAS "GLACE"

A continuación se presenta un diagrama de recorrido (figura 2.2 y 2.3) del área de pastelería en dos áreas: caliente y fría; donde se aprecia las estaciones de trabajo distribuidas espacialmente y recorridos tanto de los recursos como del producto en sí.

El proceso empieza con la mezcla de ingredientes “x” que da lugar al cake crudo en la estación de batición, para luego ser puesto en moldes, listo para el horneado; para esto existen moldes de diferentes formas según el tamaño de torta, que corresponden a diferentes temperaturas de horneado.

Una vez horneado el cake, pasa a una área de enfriamiento, luego es desmoldado y puesto en gavetas.

Estos tamaños de cake pasan luego a la estación de relleno donde se corta, se baña con jarabe “x” y se rellena de sustancia “y”; estos elementos pasan a inventariarse durante el día, para luego poco a poco ser utilizados tanto para los productos que faltan de entregar en la mañana como para los del día siguiente.

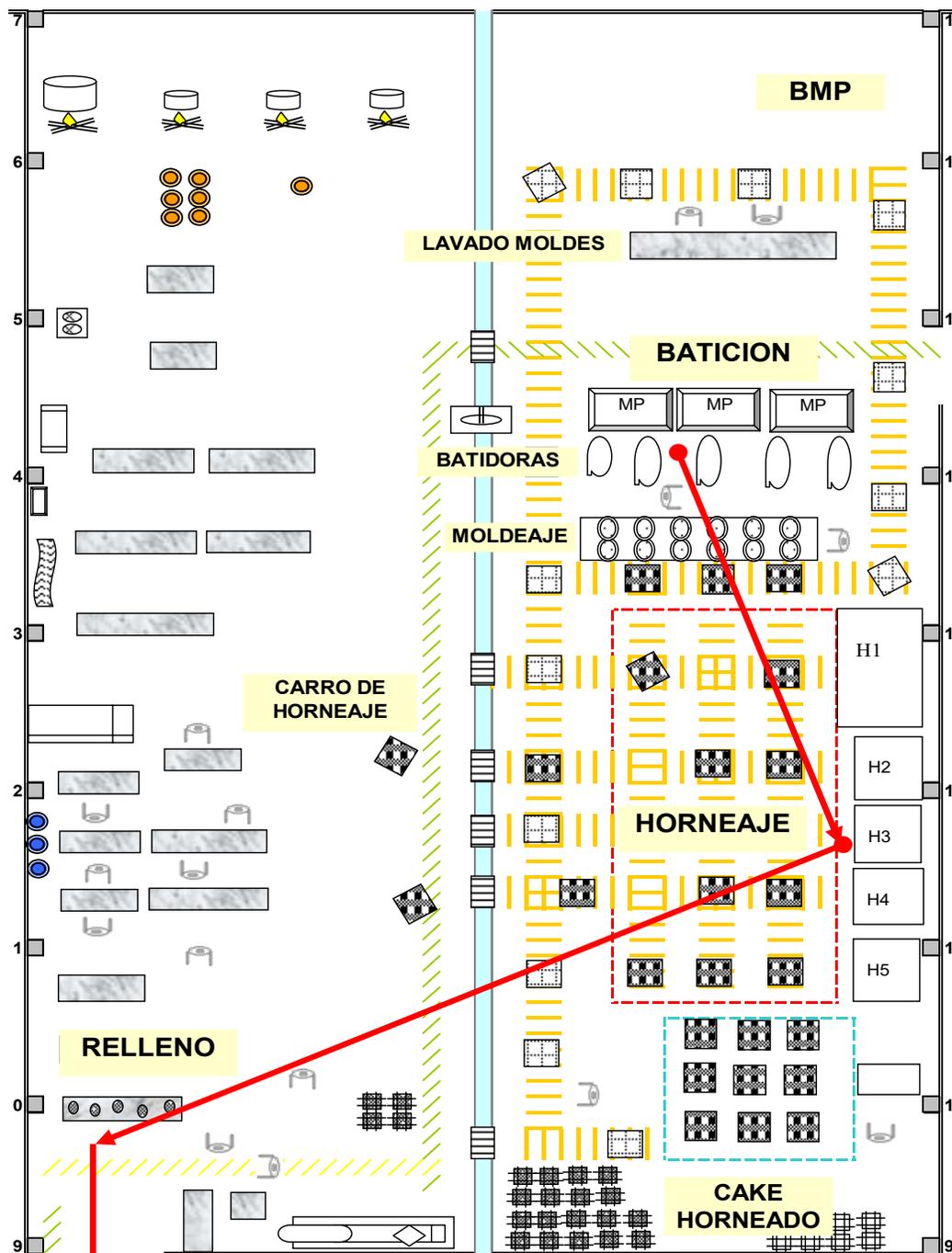


FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE RECORRIDO (ÁREA CALIENTE)

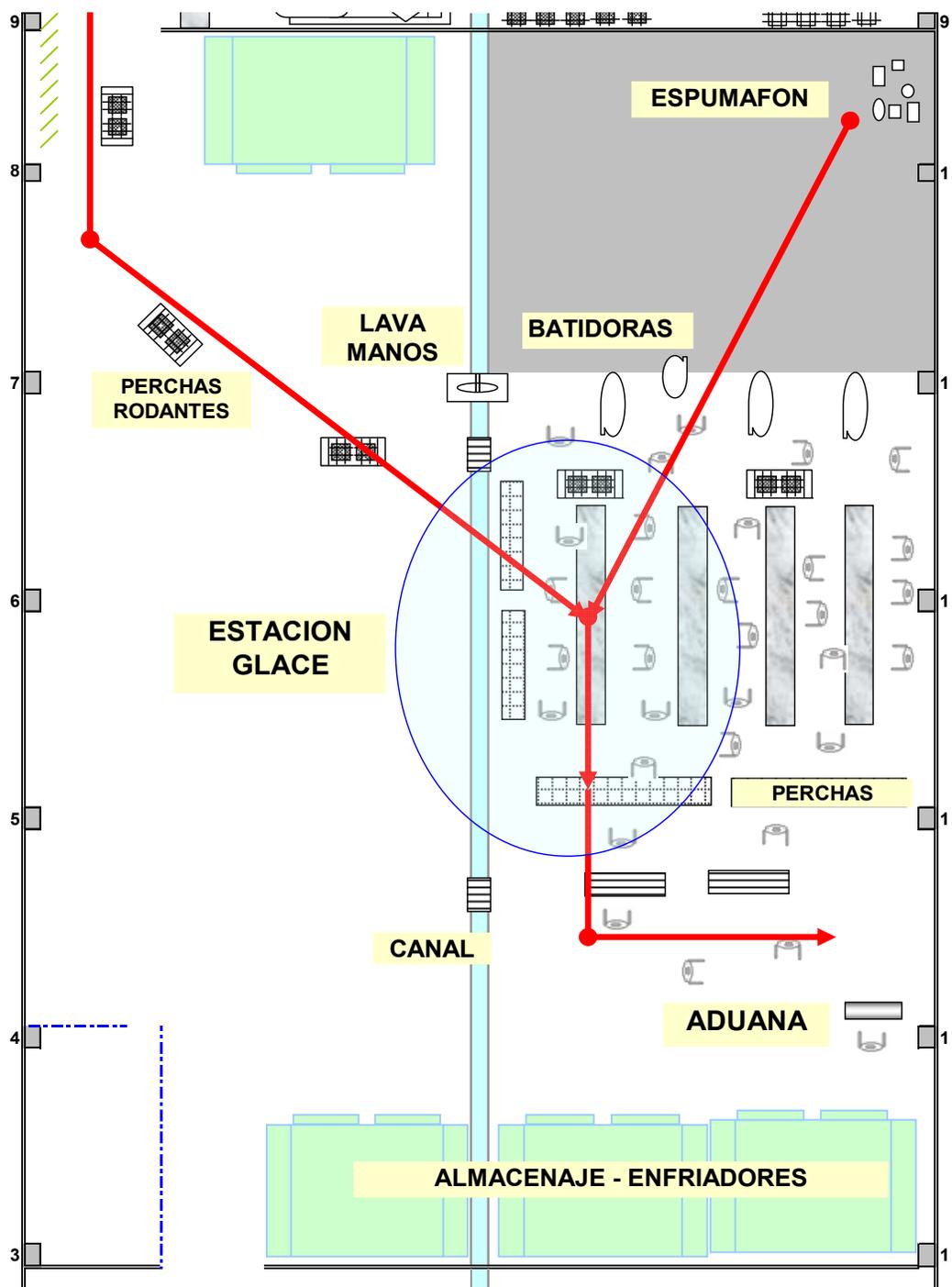


FIGURA 2.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO (ÁREA FRÍA)

Una vez que se tienen tipos de cake, de diferente tamaño, rellenos de manjar en inventario; éstos pasan a la estación de “glace”, donde se colocan en una base de espumafón y pasan a través de tres operaciones que son:

- 1. Fileteado:** Se da forma uniforme a través de cortes
- 2. Bañado:** Se las baña de glace (merengue)
- 3. Decorado:** se las decora según el tipo de pedido; infantil, carita de payaso, glace, diseño. Esta operación se divide en tres actividades ajustadas a cualquier tipo de decoración que son: dibujo o tipiado, globos, fillos, decorado final.

Una vez decorada la torta se las ubica en perchas, para después ser inspeccionadas en la estación “aduana” y finalmente a la bodega de producto terminado; listo para su distribución hacia los puntos de venta.

### **2.1.2 El Sistema a Modelar**

La estación que provoca un cuello de botella a la línea productiva, es la estación “Glace”.

El proceso principal (madre), viene dado desde la estación de batición hasta “relleno” , donde se cuenta con suficiente inventario de diferentes tamaños de torta rellena, la cual satisface a la demanda provocada por la estación glace en cualquier momento.

Dado que el proceso madre cuenta con suficiente producto semielaborado para suplir las siguientes estaciones, se requiere que “glace” sea flexible a la demanda final, por consiguiente el sistema (frontera de estudio) a modelar va a ser la estación de “glace”, incluido “aduana” y bodega de producto terminado.

El sistema de estudio (estación “glace”) se compone del siguiente esquema (figura 2.4):

El sistema a modelar está compuesto por sus entradas de cake relleno de diferente tamaño (5 tipos) y salidas de cake decorado (4 tipos), (ver tabla 3). Los mecanismos que se utilizan en el sistema son los mismos operarios, sus herramientas de pastelería y destrezas. Se ayudan también de moldes decorativos, mesas de trabajo y los equipos de batición de glace (merengue).

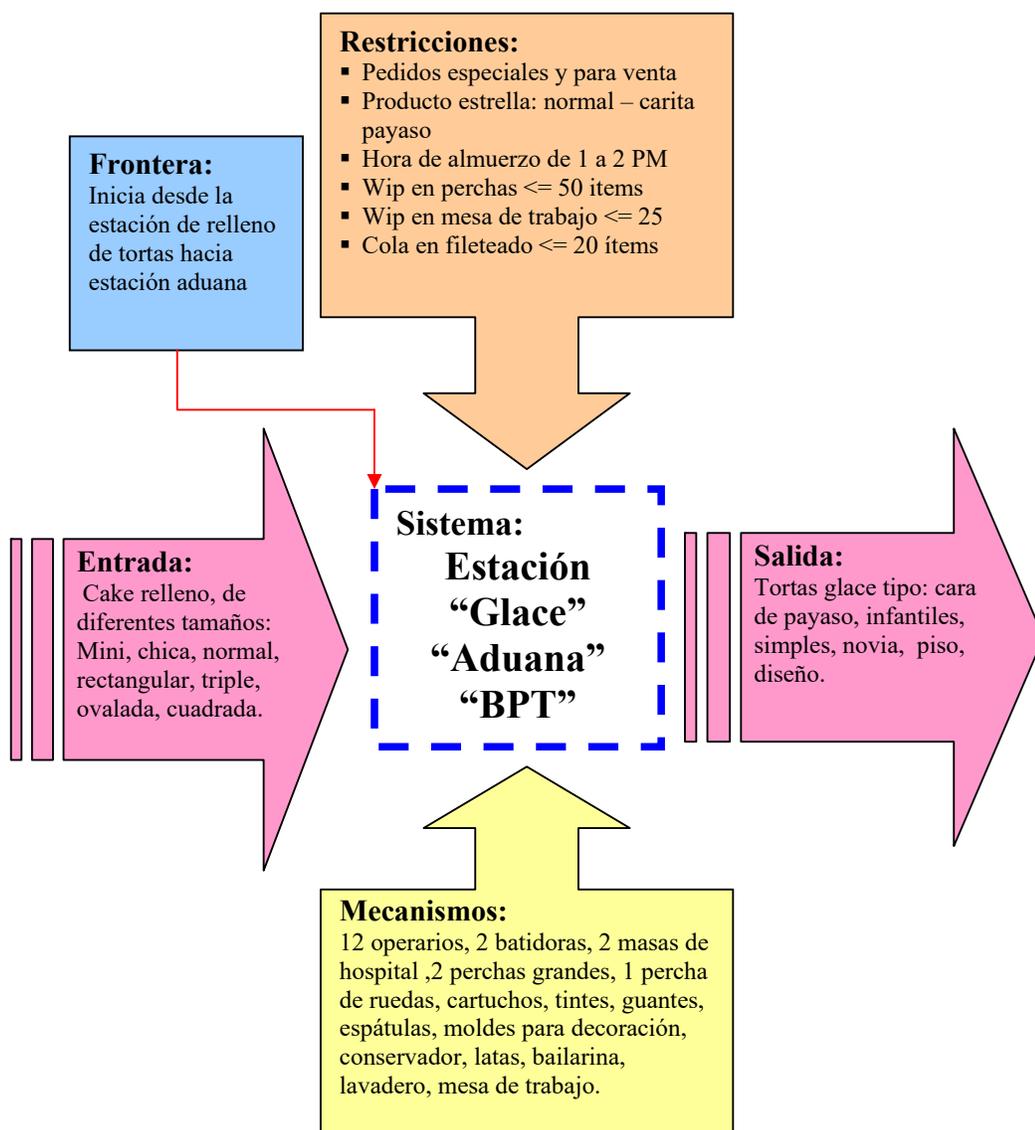


FIGURA 2.4: COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema está sujeto a restricciones como el tipo de pedido, su cantidad y la prioridad que conlleva, las indeterminadas “colas” (producto de proceso en espera) entre operaciones, paros programados y no programados.

Los elementos en el sistema y sus factores se muestran a continuación en la Tabla 3:

TABLA 3  
ELEMENTOS DEL SISTEMA Y SUS FACTORES

SISTEMA	ELEMENTOS + ATRIBUTO					ACTIVIDAD	EVENTO	VAR. DE ESTADO
	Mini	Chica	Norm.	Rect.	Triple			
Proceso de elaboración tortas glace						Filetear	Llegada de pedidos	# de personal al día
	infantil	infantil	infantil	infantil	infantil	Bañar	Pedidos especiales	# de tortas atendidas
	payaso	payaso	payaso	payaso	payaso	Decorar	Salida de tortas	# de tortas esperando
	glace	glace	glace	glace	glace	Carga	Break	tiempos de setup
	diseño	diseño	diseño	diseño	diseño	Descarga	distribución	Paros no programados

La Tabla 3 muestra los tamaños de tortas (elementos) las cuales son: mini, chica, normal, rectangular y triple, obtenidas a partir de la estación de “relleno” con sus atributos o característica del producto las cuales son: infantil, payaso, glace y diseño. Es decir se cuenta con un total de veinte clases de producto que se puede elaborar en la estación glace.

También se muestra las actividades u operaciones que se desarrollan, los eventos que acontecen como llegada de pedidos, salida de los mismos, y paros. Las variables de estado son aquellas que describen al sistema en cualquier momento acorde a los objetivos del estudio, entre éstos se tiene: número de personal al día, pedidos atendidos, tortas en proceso, tiempos de paros, etc.

## **2.2 Recolección de la Información**

### **2.2.1 Tiempo de Producción**

A continuación, en la tabla 4 y 5, se muestra el horario de trabajo diario y nocturno para la estación de estudio “glace” con eventos discretos:

TABLA 4  
TURNO NOCTURNO

TURNO 2 – NOCHE	7:00 PM	7:30 PM	Pre. Glace	Arribos. de pedidos especiales y para la venta	
	7:30 PM	8:00 PM	horas de trabajo		
	8:00 PM	8:30 PM			
	8:30 PM	9:00 PM			
	9:00 PM	9:30 PM			
	9:30 PM	10:00 PM			
	10:00 PM	10:30 PM	MERIENDA		
	10:30 PM	11:00 PM			
	11:00 PM	11:30 PM	horas de trabajo		
	11:30 PM	12:00 AM			
	12:00 AM	12:30 AM			
	12:30 AM	12:30 PM			
	12:30 PM	1:00 AM			
	1:00 AM	1:30 AM			
	1:30 AM	2:00 AM			
	2:00 AM	2:30 AM			
	2:30 AM	3:00 AM			
	3:00 AM	3:30 AM			
	3:30 AM	4:00 AM			
	4:00 AM	4:30 AM			
	4:30 AM	5:00 AM			
	5:00 AM	5:30 AM			distribución externa
	5:30 AM	6:00 AM			
	6:00 AM	6:30 AM			
6:30 AM	7:00 AM	LIMPIEZA			

- Tiempo de Trabajo: 10 ½ Hr
- Tiempo de limpieza: ½ Hr
- Tiempo de merienda: ½ Hr
- Tiempo de preparación glace: ½ Hr
- Tiempo de arribos de pedidos: 2 ½ Hr
- Tiempo de distribución externa: 2 Hr

TABLA 5  
TURNO DIURNO

TURNO 1- DIA	7:00 AM	7:30 AM	Pre. Glace	horas de trabajo	Arribos. de pedidos súper especiales	Distribución local
	7:30 AM	8:00 AM				
	8:00 AM	8:30 AM				
	8:30 AM	9:00 AM				
	9:00 AM	9:30 AM				
	9:30 AM	10:00 AM				
	10:00 AM	10:30 AM				
	10:30 AM	11:00 AM				
	11:00 AM	11:30 AM				
	11:30 AM	12:00 PM				
	12:00 PM	12:30 PM				
	12:30 PM	1:00 PM				
	1:00 PM	1:30 PM	ALMUERZO			
	1:30 PM	2:00 PM				
	2:00 PM	2:30 PM				
	2:30 PM	3:00 PM				
	3:00 PM	3:30 PM				
	3:30 PM	4:00 PM				
	4:00 PM	4:30 PM				
	4:30 PM	5:00 PM				
	5:00 PM	5:30 PM				
	5:30 PM	6:00 PM				
	6:00 PM	6:30 PM				
	6:30 PM	7:00 PM	LIMPIEZA			

- Tiempo de Trabajo: 10 ½ Hr
- Tiempo de limpieza: ½ Hr
- Tiempo de almuerzo: ½ Hr
- Tiempo de preparación glace: ½ Hr
- Tiempo de arribos de pedidos: 6 Hr
- Tiempo de distribución local: 8 ½ Hr



Entre otros tipos de recursos y mecanismos se tienen las gavetas y perchas rodantes, que ayudan al transporte del producto en proceso, cuyos tiempos de maniobra se ven involucrados en los tiempos efectivos de elaboración del producto.

También se cuentan con 2 batidoras de glase que elaboran el merengue para el bañado de las tortas. Este tiempo de preparación de glase se ve involucrado en los set-up programados.

### **2.2.3 Prioridad de Productos**

La cantidad demandada, tiempo de entrega de los productos y tipo de cliente, conlleva a la prioridad con que debe de entregarse las tortas; es decir los recursos y mecanismos de elaboración de productos se deben encontrar alineados a la siguiente prioridad de productos:

**Según el Tipo de Pedido, Estos se Clasifican en:**

- **Pedidos Súper Especiales**

Los pedidos súper especiales son aquellos que el cliente cancela el mismo día de reparto.

Estos pedidos tienen prioridad “1” una vez realizados, y van más allá de los diseños estándares que maneja el área de desarrollo de nuevos productos, pues un ejemplo de éstos sería una torta de una masa personalizada, combinada de algunos tamaños y mezcla de diseños.

Dado que no se tiene registro alguno de su tiempo de elaboración ni de arribo, pues dentro del estudio de simulación estos pedidos van hacer tratados de libre albedrío por el analista y de forma aleatoria en la etapa de interpretación del modelo.

- **Pedidos Especiales**

Los pedidos especiales son aquellos que el cliente paga con anticipación un día antes de la entrega.

Estos tipos de pedido tienen prioridad “2” (respecto a pedidos súper especiales), cuando son para venta externa (afuera de la ciudad), ya que deben estar listos en bodega de producto terminado a las 6 AM. Tienen prioridad “3” cuando son para la venta local (dentro de la ciudad), ya que deben estar listos como objetivo del estudio antes de las 8 AM.

- **Pedidos para la Venta**

Los pedidos para la venta son aquellos pronosticados por los puntos de venta.

Estos tipos de pedido tienen prioridad "4", cuando son para la venta externa ya que deben estar listos a las 6 AM como objetivo del estudio. Tienen prioridad "5" cuando son para la venta local, ya que deben estar listos antes de las 8 AM.

#### **2.2.4 Tiempos de elaboración del producto**

En la tabla 7 se muestra un ejemplo de tiempo efectivo de cada operación (te) que compone la elaboración de un cierto tamaño y tipo de torta; como también el tiempo efectivo total (Te) de la misma.

También se involucra los tiempos de paros programados con su descripción.

La tabla completa que muestra los tiempos de elaboración de todos los productos, se muestra en el apéndice C.

Tamaño	N	Opera c/u	Tiempo set-up programado.	Descripción	Tiempo set-up c/u	infantil		diseño		carita payaso		glace	
						te	Te	te	Te	te	Te	te	Te
MINI	1	fileteado	3 min lote(10u)	traslado	0,3	0,7		0,7		0,7		0,7	
	2	bañado	0,3 min cada (4u)	traslado a batidora	0,08	1,08		1,08		1,08		1,08	
	3	decorado	3 min cada (4u)	mezcla glace	0,75	0,75		0,75		0,75		0,75	
		dibuj o typ				3,4	9,98	7	13,58	1	7,58	1	8,58
		globos				0,4		0,4		0,4		0,4	
		filos				0,4		0,4		0,4		0,4	
		decorado				3		3		3		4	
			1 min cada (4u)	lavado manos		0,25	0,25		0,25		0,25		0,25

TABLA 7  
TIEMPOS DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO

Estos tiempos de elaboración del producto fueron sacados mediante un estudio de tiempos y movimientos bajo un muestreo aleatorio estratificado, donde la población fue el conjunto de tiempos entre los meses de noviembre y diciembre dividido en estratos de días de la semana; es decir un estrato fue el grupo de todos los lunes de dichos meses. Las observaciones (toma de tiempos) fueron seleccionados de forma aleatoria y sistemática a lo largo del día.

Debido a que la diferencia entre tiempos efectivos de ciertos tipos de tortas como: “infantil”, “glace” y “carita de payaso”; es significativamente pequeña, estos tipos de productos se los va a simplificar posteriormente a un sólo tipo; denominándolos por ejemplo: mini – (i-p-g); rectangular – (i-p-g), normal – (i-p-g) etc. (ver tabla 8).

Este artificio se lo hará para facilitar el análisis del estudio de simulación.

#### **2.2.5 Tipos de Productos (Entidades).**

Una entidad es el objeto o componente en el sistema que requiere una representación explícita en el modelo. Dentro del sistema a modelar las entidades son todos los tipos de productos (pedidos) que atraviesan el sistema.

Se ha realizado una clasificación de los productos según el tipo de pedido, la prioridad en despachar, el tamaño de masa y el “decorado”, por ejemplo:

- ❖ **Venta / Externa / Mini / Diseño:** describe un pedido para la venta externa (de prioridad “1” debido a que debe estar lista máximo 6 AM), de tamaño “mini” con un decorado de “diseño”.

❖ **Especial / Local / Normal / i-p-g:** describe un pedido especial (el cliente paga con anticipación), para la venta local, de tamaño normal, con un decorado ya sea infantil, cara de payaso o de glase.

Esta última característica se simplificó como “i-p-g” como artificio en la modelación del sistema.

Una lista completa de todas las entidades aparece en la tabla 8. En esta tabla se muestran 40 tipos de entidades o pedidos, cada uno con su prioridad en el sistema.

Se ha establecido un código de pedido para facilitar el ingreso de datos en la interpretación del modelo.

Como se dijo anteriormente, los pedidos “súper especiales” entran al sistema de forma aleatoria y de libre albedrío por el analista; éstos, arriban al sistema con prioridad “1” y se distribuyen sólo para la localidad. (Ver tabla 9).

Existe suficiente muestra para decir que estos pedidos arriban de forma uniforme y debido a la poca información o datos históricos, algunas se las ha designado distribución tipo triangular.

**TABLA 8**  
**ENTIDADES (PEDIDOS) DEL SISTEMA**

No	ENTIDAD	PRIORIDAD	CÓDIGO
1	especial / externo / mini / i-p-g	2	E-E-M-IPG
2	especial / externo / mini / diseño	2	E-E-M-D
3	especial / externo / chica / i-p-g	2	E-E-CH-IPG
4	especial / externo / chica / diseño	2	E-E-CH-D
5	especial / externo / normal / i-p-g	2	E-E-N-IPG
6	especial / externo / normal / diseño	2	E-E-N-D
7	especial / externo / rectangular / i-p-g	2	E-E-R-IPG
8	especial / externo / rectangular / diseño	2	E-E-R-D
9	especial / externo / triple / i-p-g	2	E-E-T-IPG
10	especial / externo / triple / diseño	2	E-E-T-D
11	especial / local / mini / i-p-g	3	E-L-M-IPG
12	especial / local / mini / diseño	3	E-L-M-D
13	especial / local / chica / i-p-g	3	E-L-CH-IPG
14	especial / local / chica / diseño	3	E-L-CH-D
15	especial / local / normal / i-p-g	3	E-L-N-IPG
16	especial / local / normal / diseño	3	E-L-N-D
17	especial / local / rectangular / i-p-g	3	E-L-R-IPG
18	especial / local / rectangular / diseño	3	E-L-R-D
19	especial / local / triple / i-p-g	3	E-L-T-IPG
20	especial / local / triple / diseño	3	E-L-T-D
21	venta / externo / mini / i-p-g	4	V-E-M-IPG
22	venta / externo / mini / diseño	4	V-E-M-D
23	venta / externo / chica / i-p-g	4	V-E-CH-IPG
24	venta / externo / chica / diseño	4	V-E-CH-D
25	venta / externo / normal / i-p-g	4	V-E-N-IPG
26	venta / externo / normal / diseño	4	V-E-N-D
27	venta / externo / rectangular / i-p-g	4	V-E-R-IPG
28	venta / externo / rectangular / diseño	4	V-E-R-D
29	venta / externo / triple / i-p-g	4	V-E-T-IPG
30	venta / externo / triple / diseño	4	V-E-T-D
31	venta / local / mini / i-p-g	5	V-L-M-IPG
32	venta / local / mini / diseño	5	V-L-M-D
33	venta / local / chica / i-p-g	5	V-L-CH-IPG
34	venta / local / chica / diseño	5	V-L-CH-D
35	venta / local / normal / i-p-g	5	V-L-N-IPG
36	venta / local / normal / diseño	5	V-L-N-D
37	venta / local / rectangular / i-p-g	5	V-L-R-IPG
38	venta / local / rectangular / diseño	5	V-L-R-D
39	venta / local / triple / i-p-g	5	V-L-T-IPG
40	venta / local / triple / diseño	5	V-L-T-D

TABLA 9  
PEDIDOS SUPER ESPECIALES

No	ENTIDAD	PRIORIDAD	CÓDIGO
41	súper especial / local / normal / diseño	1	SE-L-N-D
42	súper especial / local / rectangular / i-p-g	1	SE-L-R-IPG
43	súper especial / local / rectangular / diseño	1	SE-L-R-D
44	súper especial / local / triple / i-p-g	1	SE-L-T-IPG
45	súper especial / local / triple / diseño	1	SE-L-T-D

### 2.2.6 Arribos de Productos

El proceso de arribo de productos se inicia al recibir las llamadas por parte de los puntos de venta entre 8:00 y 10:00 de la noche.

Actualmente no se lleva un registro histórico del comportamiento de productos diario sino a partir de la venta obtenida al año.

La tabla 10 muestra un ejemplo de arribos de productos tipo "Normal", con su respectiva nomenclatura de código, así como el número de arribos en promedio diario, seguido de su desviación estándar.

También muestra el tipo de distribución (triangular) que sigue, la cantidad efectiva semanal por producto y el consolidado.

TABLA 10  
ARRIBOS DE PRODUCTOS NORMALES

DIA	Distribución	Parámetro		CÓDIGO - PRODUCTO							
				E-E-N-D	E-E-N-IPG	E-L-N-D	E-L-N-IPG	V-E-N-D	V-E-N-IPG	V-L-N-D	V-L-N-IPG
LUNES	Δ	media	Lx	1	1	2	2	1	19	1	32
	Δ	desviación	Ls	1	1	0,5	0,5	1	2,87	1	9,03
	Δ	mínimo	La	0	0	1	1	0	15	0	22
	Δ	moda	LM	1	1	2	2	1	19	1	32
	Δ	máximo	Lb.	2	2	2	2	2	21	2	39
MARTES	Δ	media	Mx	1	1	1	1	1	8	1	10
	Δ	desviación	Ms	0,58	0,5	0,58	0,82	0,58	2,99	0,96	3,74
	Δ	mínimo	Ma	0	0	0	0	0	4	0	6
	Δ	moda	MM	1	1	1	1	1	8	1	10
	Δ	máximo	Mb	1	1	1	2	1	11	2	15
MIÉRCOLES	Δ	media	Mlx	1	2	2	3	1	1	5	11
	Δ	desviación	Mls	0,96	0,82	0,5	0,96	0,58	0,82	1,71	4,35
	Δ	mínimo	Mla	0	1	1	1	0	0	3	6
	Δ	moda	MIM	1	2	2	3	1	1	5	11
	Δ	máximo	Mlb	2	3	2	3	1	2	7	16
JUEVES	Δ	media	Jx	2	1	1	2	1	3	7	33
	Δ	desviación	Js	0,5	0,58	0,5	0,96	0,82	2,58	6,27	4,35
	Δ	mínimo	Ja	1	0	0	0	0	0	0	28
	Δ	moda	JM	2	1	1	2	1	3	7	33
	Δ	máximo	Jb	2	1	1	2	2	6	15	38
VIERNES	Δ	media	Vx	5	7	10	5	5	2	16	36
	Δ	desviación	Vs	2,94	3,32	3,83	1,5	2,08	1,26	5,19	7,94
	Δ	mínimo	Va	2	3	7	3	2	0	11	28
	Δ	moda	VM	5	7	10	5	5	2	16	36
	Δ	máximo	Vb	9	11	15	6	7	3	22	45
SABADO	Δ	media	Sx	4	5	4	4	2	12	5	34
	Δ	desviación	Ss	1,26	1,71	1,41	1,41	0,96	4,27	1,91	5,92
	Δ	mínimo	Sa	2	3	2	3	1	9	3	27
	Δ	moda	SM	4	5	4	4	2	12	5	34
	Δ	máximo	Sb	5	7	5	6	3	18	7	39

En el apéndice D, se muestran varias tomas semanales de arribos de pedidos para las cuarenta entidades o tipos de producto que siguen diferentes distribuciones, entre éstas: normal, triangular, uniforme.

Esta recolección de arribos, sirven de input en la diferenciación de entidades en el modelo de simulación.

### **2.2.7 Paradas**

Las paradas se clasifican en:

Programadas:

- Limpiezas al terminar el turno con un tiempo de duración de  $t = 30$  min.
- Hora de almuerzo o merienda con un tiempo de duración de  $t = 60$  min.
- Domingo, es un día libre.
- Fumigaciones que se realiza una vez al mes.

No Programadas:

- Existen fallas de operación, es decir mal embarrado de merengue a las tortas.

- Fallas tipo mecánicas como en el caso de rotura de pernos en las batidoras.
- Fallas tipo eléctrico en los equipos de batición, herramientas, pestañeos o cortes de energía.

La tabla 11 presenta la disponibilidad productiva y real de trabajo, también plantea horas designadas tanto programadas como no programadas y un histórico de fallas, obteniendo así una utilización disponible en línea del 98%.

TABLA 11  
UTILIZACIÓN PLANTA ACTUAL

UTILIZACIÓN PLANTA	
Número trabajadores	8
Ventas semanales	52
Hrs. trabajadas por semana	1,440
Sobret. Hrs. por semana	288
Días disponibles al mes	312
Horas disponibles al mes	7,488
Horas planificadas de fallo	996
Horas no planif. de fallos	144
Horas corriendo	6,492
Horas actuales (real)	6,348
Efectividad Operacional	85%
Efectividad Productiva	87%
Utilización en la línea	98%

Las horas productivas o corridas de la línea (tiempo en que la línea ha producido considerando paradas con anticipación), se calcula restando las horas disponibles al mes de las horas planificadas o programadas.

Las horas reales de producción (actual), se calcula restando las horas productivas o corridas, de las horas no planificadas o de fallo.

La efectividad operacional, se calcula dividiendo las horas reales, para las horas disponibles al mes. La efectividad productiva se calcula dividiendo las horas productivas para las horas disponibles al mes.

Finalmente la utilización en la línea se calcula dividiendo las horas reales o actuales, para las horas productivas.

El apéndice E, muestra la disponibilidad para cada mes del año.

### **2.2.8 WIP (buffers)**

Dentro de la estación “glace”, la distribución espacial de la misma permite un cierto WIP (cantidad de producto en proceso) entre cada operación (ver figura 2.5):

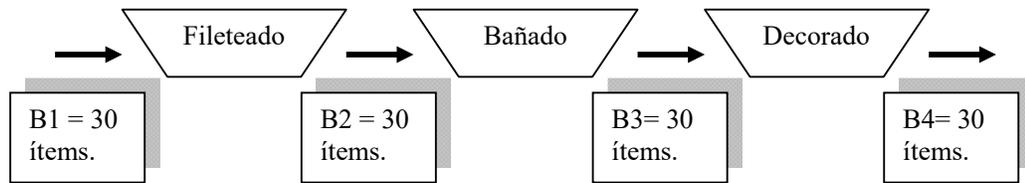


FIGURA 2.5: PRODUCTO EN PROCESO

## 2.3 Interpretación del modelo

### 2.3.1 Entidades

Las entidades se derivan de la siguiente manera:

Una entidad representa un tipo de torta para cada día con un total de 240 sumado (ver apéndice F).

Un tipo de torta V E N D LU quiere decir un pedido para la venta externa, de tamaño normal, de diseño y que llega un lunes. Cada entidad conlleva su etiqueta: una variable que se llama prioridad que conlleva la prioridad de pedido, otras variables que se llaman tipo fileteado, tipo bañado, tipo decorado que llevan el tiempo que se demoran en hacer esa actividad y por último, un atributo que se llama tipo torta que va a reconocer qué tipo de torta se va a producir.

### **2.3.2 Arribos**

Los arribos para cada una de las 240 entidades se modelaron con distribuciones uniforme y triangular y se las etiqueta al momento que ingresan al sistema. Información sobre los arribos para cada uno de los tipos de torta se la puede encontrar en el apéndice G.

### **2.3.3 Recurso Humano**

El recurso humano se lo atribuye a todo el personal de planta y se lo representa en el simulador como equipos con el fin de poder asignar los turnos (ver apéndice H). Al personal de planta se le ha asignado descansos en horas de producción tales como fatiga, ir al baño, distracciones, modelado con distribución Poisson.

### **2.3.4 El Proceso de Manufactura**

El proceso comienza cuando las entidades que tienen su arribo correspondiente con cierta distribución arriban a un buffer llamado “llamadas en espera” (ver figura 2.6).

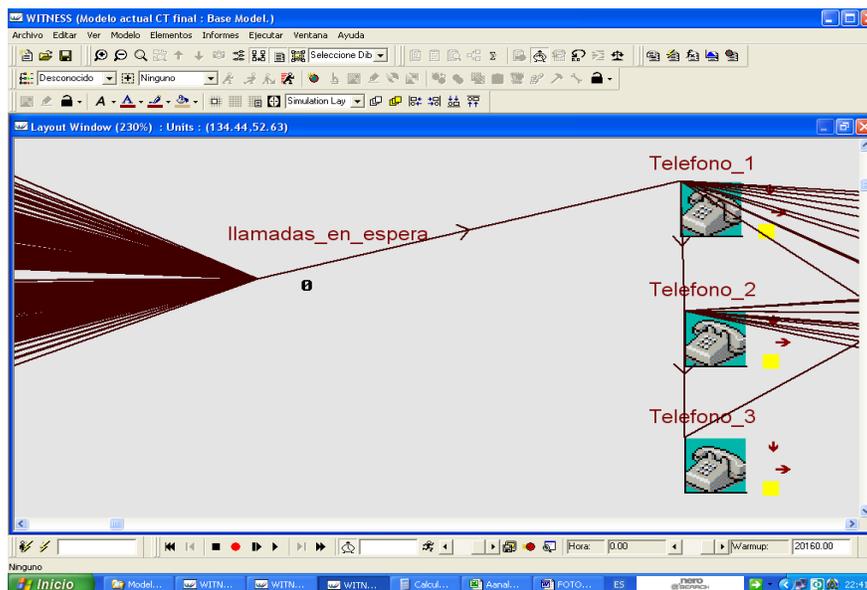


FIGURA 2.6: LLAMADAS EN ESPERA

Luego se envían a tres equipos representados como “teléfonos” que ejercen la función de clasificar cada uno de los pedidos que arriban. Esta clasificación se la representa como buffers para observar cuantos pedidos de cada tipo llegan.

Después, operadores de la estación de fileteado toman los pedidos según la prioridad que éstos lleven, los filetean, y pasan a la siguiente estación que es bañado, para luego dirigirse al decorado y posteriormente a inspección; donde

el supervisor de turno hace la revisión y las clasifica por su tipo. Esta clasificación se la representa por “buffers” para observar cuántas tortas de cada tipo llegan a PT (producto terminado) (ver figura 2.7).

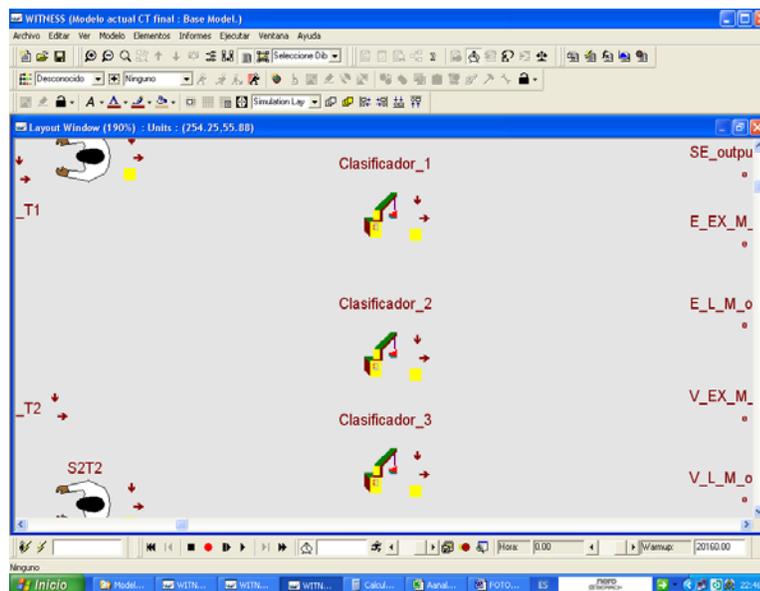


FIGURA 2.7: CLASIFICADORAS

### 2.3.5 Jornadas de trabajo

Las jornadas de trabajo se representan como “turnos” tanto para las entidades como para recurso humano.

Para las entidades se aplica una jornada de trabajo de arribos y para el recurso humano una jornada de trabajo de turnos.

Dentro de la jornada de trabajo de arribos se hace un turno diario de lunes a sábado para las diferentes entidades con el fin de representar los días que arriba ésta. Dentro de la jornada de trabajo, se realiza un turno para cada operador de las estaciones fileteado, bañado y decorado, se incluyen tiempos de comida y de preparación de la línea (ver figura 2.8).

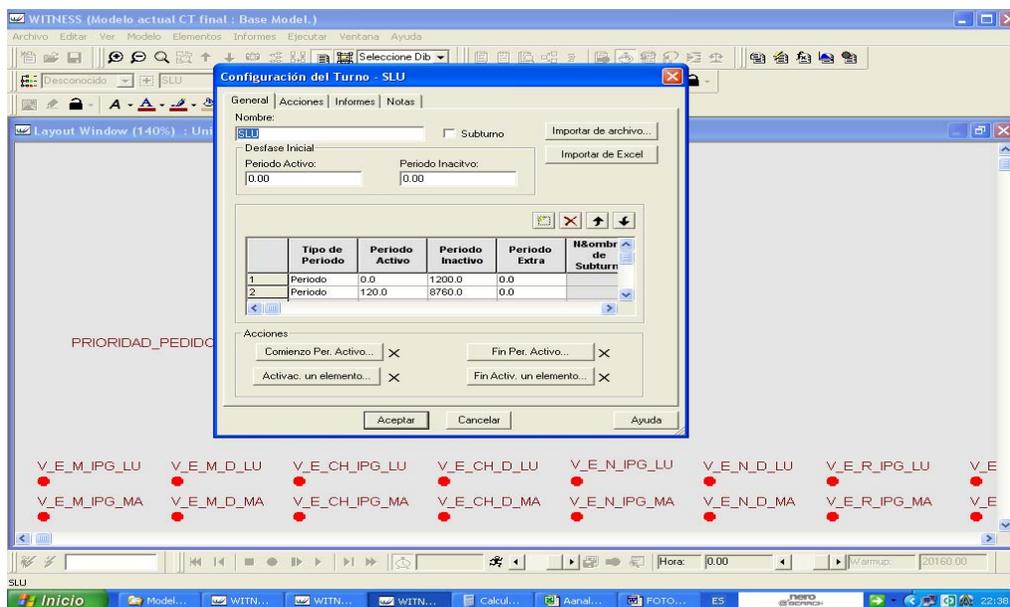


FIGURA 2.8: CREACIÓN DE TURNOS

## **2.4 Verificación y validación del modelo**

El objetivo principal de la verificación y validación es lograr, en lo posible, representar el comportamiento del modelo real en el modelo simulado; así logrando mayor credibilidad al modelo actual.

### **2.4.1 Verificación del Modelo**

El modelo actual, sigue una secuencia lógica semejante a la realidad; es decir la llegada de pedidos, las tomas de decisión frente a las prioridades, ordenamiento de las órdenes de producción, tiempos de espera y secuencia en manufactura (ver figura 2.9).

Los resultados en primera instancia reflejan valores coherentes a la realidad como el de la llegada de pedidos. Denotan valores de arribo de pedidos diarios entre 200 – 107 ya que el 90% de los pedidos arriban con una distribución uniforme de parámetros a y b de longitud corta.

También, en la realidad, el pronóstico de venta a lo largo de la semana se comporta con picos altos los lunes (ver figura 2.10), ya que los puntos de venta deben abastecerse al inicio de semana.

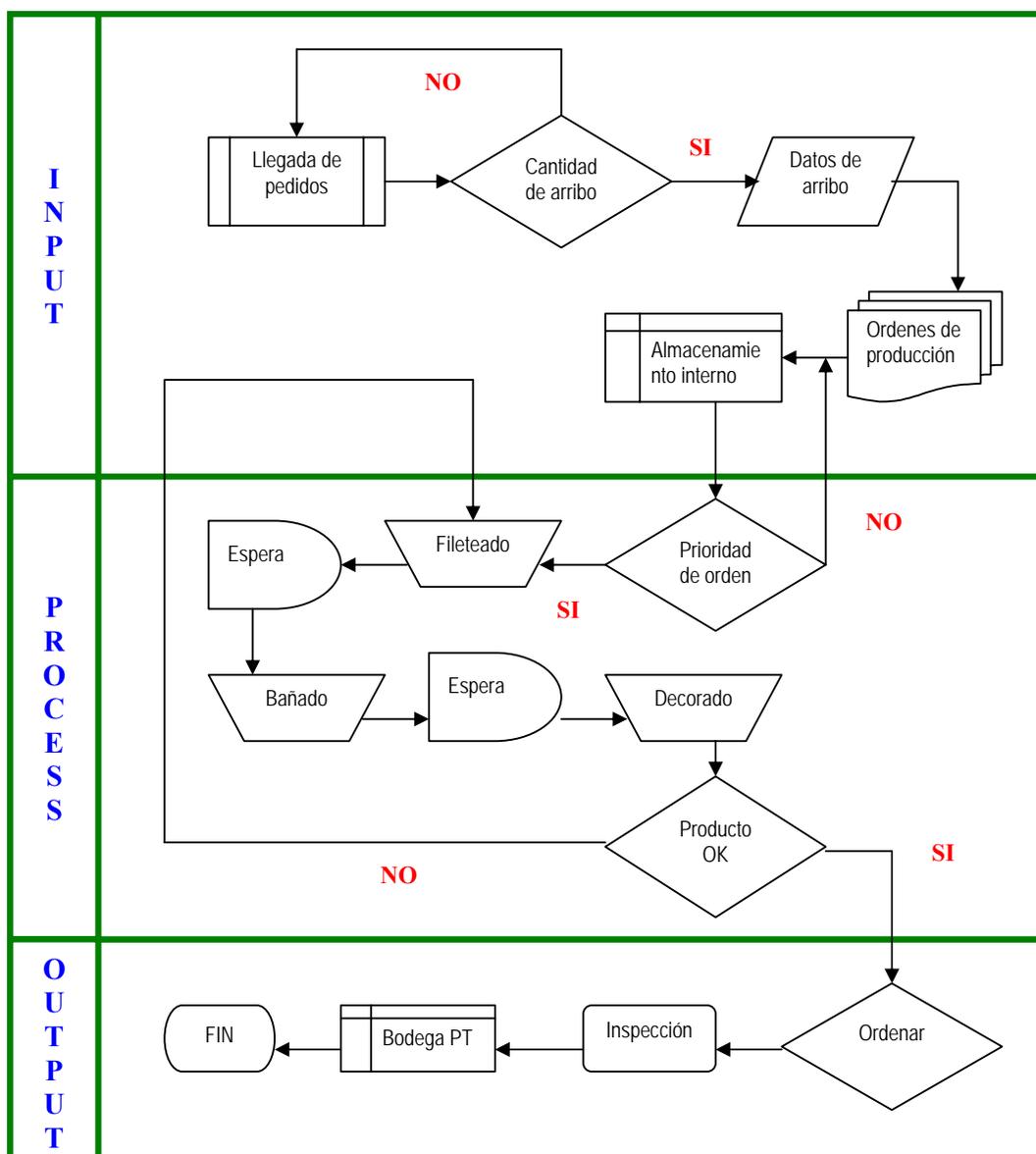


FIGURA 2.9 SECUENCIA LÓGICA DEL MODELO ACTUAL

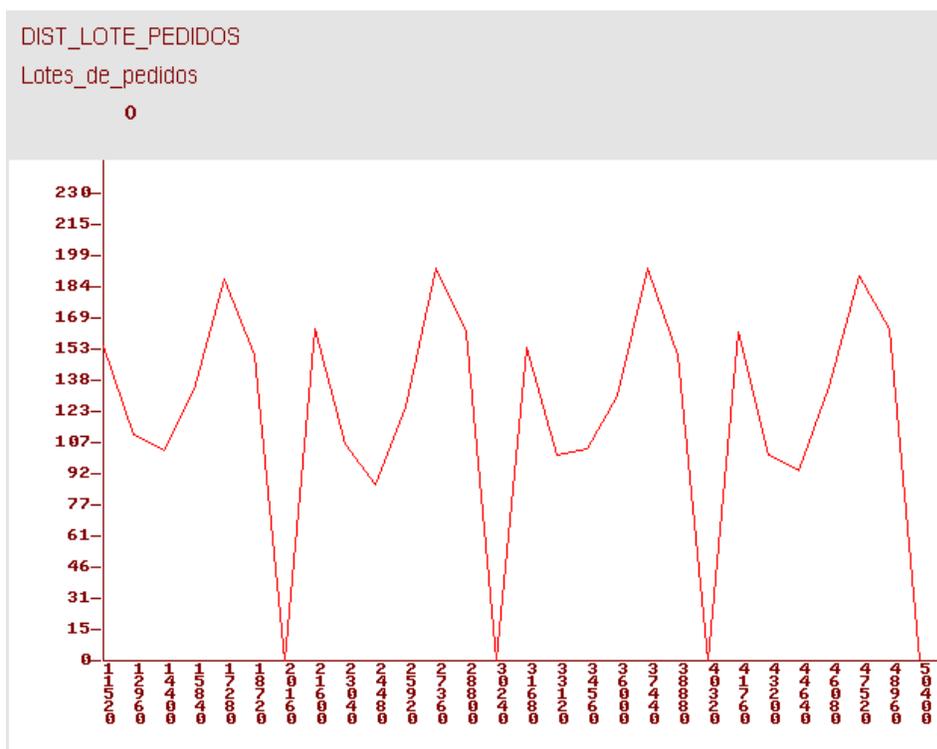


FIGURA 2.10 DISTRIBUCIÓN ARRIBO DE PEDIDOS

En efecto, los días martes y miércoles existe un descenso de pedidos en vista que se vende lo proporcionado el lunes. Después el pedido aumenta a picos entre 180-200 los jueves, viernes y sábados. En la experiencia, este comportamiento es simétrico cada semana.

El output (salida) del modelo, refleja una producción semanal entre 890 – 1200 unidades, la cual concuerda con

la experiencia y siempre es menor al input (pronóstico de venta).

Existe coherencia entre la cantidad producida de cada pedido con la prioridad de los pedidos. Es decir en vista de la poca capacidad para cumplir el pronóstico, el modelo trata de producir en su totalidad los pedidos de prioridad 1 como en el caso de los pedidos especiales. Y aquellos para la venta en vitrina alcanzan una producción mayor en el caso de las de tamaño “Normal” que es la que más se solicita (ver figura 2.11).

SE_output					
11					
E_EX_M_output	E_EX_CH_output	E_EX_N_output	E_EX_R_output	E_EX_T_output	
20	32	46	44	26	
E_L_M_output	E_L_CH_output	E_L_N_output	E_L_R_output	E_L_T_output	
28	38	73	81	21	
V_EX_M_output	V_EX_CH_output	V_EX_N_output	V_EX_R_output	V_EX_T_output	
64	100	146	52	23	
V_L_M_output	V_L_CH_output	V_L_N_output	V_L_R_output	V_L_T_output	
126	45	55	20	6	

FIGURA 2.11 PRODUCCIÓN SEMANAL

En el planteamiento del problema se nombra uno de los problemas como fallas en los tiempos de entrega a causa de falta de capacidad, línea no balanceada, baja utilización, etc.

Este problema hace referencia a pedidos especiales o para la venta en vitrina que son destinados al mercado cantonal. Estos pedidos deben estar listos a las 5 AM por lo que en la realidad terminan de producirse a las 7 AM la cual produce atrasos y fuera de stock. Este problema, se verifica en el modelo tomando como ejemplo el tiempo de ciclo de una torta normal de diseño la cual da un valor medio de 10.5 hrs. Es decir desde que arriba entre 8 PM – 10 PM hasta las 7 AM del día siguiente.

#### **2.4.2 Validación del Modelo**

Para la validación del modelo actual, se ha seleccionado tres variables de estudio definidas de la siguiente manera:

X: Sea “x” una variable aleatoria discreta que indique la producción mensual de tortas glace.

Y: Sea “y” una variable aleatoria continua que indique el cumplimiento mensual (producción vs. pronóstico) en %.

Z: Sea "z" una variable aleatoria continua que indique el tiempo de ciclo de un pedido: especial para la venta externa de diseño (E\_EX\_N\_D\_V), que llega un viernes.

### Método de Validación

Para validar las variables de estudio se plantean Hipótesis que consiste en comparación de medias; el valor esperado de experimento vs valor esperado observado:

$$H_0: E(Y) = E(U_0)$$

$$H_1: E(Y) \neq E(U_0)$$

Para la prueba de las Hipótesis, se utiliza el método "T Student":

$$|T_0| \equiv \left| \frac{E(Y) - U_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \right| > t_{\alpha, n-1} \therefore \text{se rechaza } H_0$$

Siendo:

$E(Y)$  = valor esperado del experimento "Y"

$U_0$  = valor esperado observado

$S$  = desviación estándar "Y"

$n$  = número de réplicas del experimento.

En esta prueba se considera un nivel de confianza de 95%, es decir se trabaja con un  $\alpha = 0.05$

### **Variable “x” (Producción Mensual)**

En el modelo, se realiza un experimento de tipo repetitivo tomando treinta réplicas donde cada una tiene duración de un mes.

Eso equivale a la producción de tortas de treinta meses (ver tabla 12).

La tabla 13, muestra el pronóstico de ventas (forecast) vs. la producción mensual que obtuvo la compañía en el período 2007-2009.

Estos datos históricos van a servir para la validación de las variables “X” y “Y”.

La tabla 14 muestra el planteamiento de las hipótesis y se realiza la prueba estadística “T student” dando como resultado que el comportamiento de la producción del modelo se asemeja o es congruente a la situación real.

TABLA 12  
DATOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL

Mes	Producción
1	3961
2	3851
3	4297
4	3825
5	3969
6	3554
7	3844
8	4215
9	4031
10	3850
11	3808
12	3751
13	4109
14	3989
15	3880
16	4173
17	3706
18	3429
19	3777
20	3960
21	3809
22	3971
23	3989
24	4255
25	4171
26	3924
27	3910
28	3927
29	3786
30	3839

TABLA 13  
PRONÓSTICO DE VENTAS Y PRODUCCIÓN REAL 2007-2009

MES	AÑO	Forecast ventas	Produccion Real	Cump %
AGOSTO	2007	4600	3840	83.5%
SEPTIEMBRE	2007	4600	3900	84.8%
OCTUBRE	2007	5100	3892	76.3%
NOVIEMBRE	2007	5340	3837	71.9%
DICIEMBRE	2007	4000	3902	97.6%
ENERO	2008	4700	3933	83.7%
FEBRERO	2008	3901	3860	98.9%
MARZO	2008	5100	3830	75.1%
ABRIL	2008	4989	3826	76.7%
MAYO	2008	3840	3822	99.5%
JUNIO	2008	5150	3852	74.8%
JULIO	2008	5290	3822	72.2%
AGOSTO	2008	4900	3700	75.5%
SEPTIEMBRE	2008	4940	3700	74.9%
OCTUBRE	2008	5400	4010	74.3%
NOVIEMBRE	2008	5300	3795	71.6%
DICIEMBRE	2008	5100	3995	78.3%
ENERO	2009	4505	4000	88.8%

Suma	86755	69516	80.1%
Media (mes)	4819.72	3862.00	81.0%
Media (semana)	1204.93	965.50	
Desviación	493.45	87.89	

TABLA 14  
VALIDACIÓN VARIABLE "X"

Ho: Producción Media Mensual del modelo = Producción Media Observada  
H1: Producción Media Mensual del modelo ≠ Producción Media Observada

	Valor
<b>Producción Real</b>	
Tamaño	18
Media (mes)	3,862
<b>Producción teórica</b>	
Tamaño	30
Media (mes)	3,919
Desviación	155.7
Alfa	0.05

**Prueba estadística ( T Student )**

$$|T_o| \equiv \frac{Y_2 - U_2}{S / \sqrt{n}} \equiv \frac{3862 - 3919}{155.7 / \sqrt{30}} \equiv 1.99 > t_{0.05, 30-1} \equiv 2.05$$

**Conclusión**

Se acepta Ho, hay muestra suficiente para concluir que el modelo se asemeja a la realidad

**Variable “y” (Cumplimiento Mensual)**

El cumplimiento mensual es la relación entre el pronóstico de venta y la producción mensual.

Se realiza un experimento tomando treinta réplicas donde cada una tiene duración de un mes dando así un total de treinta meses. Obteniendo los valores de la producción y la venta mensual (forecast venta), se saca la relación de cumplimiento mensual en porcentaje que es la división entre producción y forecast venta (ver tabla 15).

La tabla 16 muestra el planteamiento de las hipótesis y se realiza la prueba estadística “T student” dando como resultado que el comportamiento de el cumplimiento del modelo se asemeja a la situación real.

**Variable “z” (Tiempo de ciclo)**

En el modelo, se realiza un experimento de tipo repetitivo tomando treinta réplicas donde cada réplica tiene una duración de una semana ya que se requiere

analizar para una torta E E N D que llega pasando un viernes (Ver tabla 17).

TABLA 15  
DATOS DE CUMPLIMIENTO MENSUAL DE TORTAS

Mes	Forecast Venta	Producción	Diferencia	Cumpl %
1	4777	3961	816	82.9%
2	4750	3851	899	81.1%
3	4309	4297	12	99.7%
4	4728	3825	903	80.9%
5	4805	3969	836	82.6%
6	4708	3554	1154	75.5%
7	4744	3844	900	81.0%
8	4791	4215	576	88.0%
9	4734	4031	703	85.1%
10	4783	3850	933	80.5%
11	4802	3808	994	79.3%
12	4787	3751	1036	78.4%
13	4803	4109	694	85.6%
14	4770	3989	781	83.6%
15	4757	3880	877	81.6%
16	4825	4173	652	86.5%
17	4783	3706	1077	77.5%
18	4750	3429	1321	72.2%
19	4793	3777	1016	78.8%
20	4810	3960	850	82.3%
21	4774	3809	965	79.8%
22	4724	3971	753	84.1%
23	4814	3989	825	82.9%
24	4763	4255	508	89.3%
25	4831	4171	660	86.3%
26	4793	3924	869	81.9%
27	4787	3910	877	81.7%
28	4775	3927	848	82.2%
29	4794	3786	1008	79.0%
30	4715	3839	876	81.4%

TABLA 16  
VALIDACIÓN VARIABLE "Y"

Ho: Comportamiento medio mensual del modelo = Comportamiento medio observado  
H1: Comportamiento medio mensual del modelo  $\neq$  Comportamiento medio observado

	Parametro	Valor
<b>Cumplimiento Real</b>		
Tamaño	n1	18
Media (mes)	m1	81.0%
<b>Cumplimiento Teórico</b>		
Tamaño	n2	30
Media (mes)	m2	82.4%
Desviacion	d2	4.8%
Alfa	a2	0.05

**Prueba estadística (T Student)**

$$|T_o| \equiv \frac{Y_2 - U_2}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \equiv \frac{0.824 - 0.81}{\frac{0.05}{\sqrt{30}}} \equiv 1.55 > t_{0.05, 30-1} \equiv 2.05$$

**Conclusión**

Se acepta Ho, hay muestra suficiente para concluir que el modelo se asemeja a la realidad

TABLA 17  
 DATOS DE TIEMPO DE CICLO DE UNA TORTA E\_E\_N\_D QUE  
 LLEGA UN VIERNES

No replica	Descripción	Valor(minutos)
1	CT_E_E_N_D_VI	913
2	CT_E_E_N_D_VI	901
3	CT_E_E_N_D_VI	877
4	CT_E_E_N_D_VI	901
5	CT_E_E_N_D_VI	915
6	CT_E_E_N_D_VI	859
7	CT_E_E_N_D_VI	901
8	CT_E_E_N_D_VI	873
9	CT_E_E_N_D_VI	893
10	CT_E_E_N_D_VI	860
11	CT_E_E_N_D_VI	901
12	CT_E_E_N_D_VI	918
13	CT_E_E_N_D_VI	912
14	CT_E_E_N_D_VI	901
15	CT_E_E_N_D_VI	774
16	CT_E_E_N_D_VI	923
17	CT_E_E_N_D_VI	866
18	CT_E_E_N_D_VI	836
19	CT_E_E_N_D_VI	887
20	CT_E_E_N_D_VI	869
21	CT_E_E_N_D_VI	868
22	CT_E_E_N_D_VI	893
23	CT_E_E_N_D_VI	841
24	CT_E_E_N_D_VI	901
25	CT_E_E_N_D_VI	850
26	CT_E_E_N_D_VI	830
27	CT_E_E_N_D_VI	863
28	CT_E_E_N_D_VI	881
29	CT_E_E_N_D_VI	861
30	CT_E_E_N_D_VI	837

En el apéndice I, se muestra una tabla donde se puede ver con claridad las fechas en las que se procedió a tomar el tiempo de ciclo para la torta Especial Externa Normal de Diseño la cual estuvo a cargo del supervisor de área.

La tabla 18 muestra el planteamiento de las hipótesis y se realiza la prueba estadística "T student" dando como resultado que el comportamiento del tiempo de ciclo del modelo se asemeja a la situación real.

## **2.5 Diseño experimental final**

El diseño experimental conduce al planteamiento de mejoras en el sistema que finalmente van a ayudar a resolver los problemas estipulados al inicio del proyecto (ver capítulo 1).

En el capítulo 1.1.2 se plantea el problema indicando que el origen de la situación es el incremento anual de la demanda de un 7 % a un 9% sostenido, en base a un estudio de mercado con una proyección de cinco años.

### **2.5.1 Análisis de Capacidad**

La capacidad de la planta, se deriva en la tabla 19.

TABLA 18  
VALIDACIÓN VARIABLE "Z"

Ho: Tiempo de ciclo medio semanal del modelo = Tiempo de ciclo medio semanal observado  
H1: Tiempo de ciclo medio semanal del modelo ≠ Tiempo de ciclo medio semanal observado

	Parametro	Valor
<b>CT Real</b>		
Tamaño	n1	17
Media (semana)	m1	866
<b>CT Teórico</b>		
Tamaño	n2	30
Media (semana)	m2	877
Desviacion	d2	32.79
Alfa	a2	0.05

Prueba estadística( T student)

$$|T_o| \equiv \frac{Y_2 - U_2}{S / \sqrt{n}} \equiv \frac{877 - 866}{32.79 / \sqrt{30}} \equiv 1.8 > t_{0.05, 30-1} \equiv 2.05 \therefore$$

**Conclusión**

Se acepta Ho, es decir que existe información estadística suficiente para asemejar el modelo a la realidad.

Para cada sku se tiene una capacidad instalada y real con una utilización del 98%. La capacidad real de la línea es de 7.2 unid/hora.

TABLA 19  
CAPACIDAD ACTUAL

Producto	%	Diseño	Capacidad Instalada	Capacidad Real	TOTAL ANUAL 2009				
					unid / hr	unid /hr	unid Fore.	hr Req.	dias Req.
					98%				
MINI	2.0%	IPG	28	28	1,126	41	2		
MINI	4.0%	D	15	15	2,253	154	6		
CHICA	10.0%	IPG	20	20	5,632	286	12		
CHICA	22.0%	D	9	9	12,391	1,448	60		
NORMAL	15.0%	IPG	16	16	8,448	527	22		
NORMAL	20.0%	D	6	6	11,265	1,933	81		
RECTANGULAR	6.0%	IPG	13	12	3,379	275	11		
RECTANGULAR	11.0%	D	4	4	6,196	1,695	71		
TRIPLE	2.0%	IPG	11	11	1,126	103	4		
TRIPLE	8.0%	D	3	3	4,506	1,404	59		
<b>Total %</b>	<b>100.0%</b>								
<b>Demanda (unid.)</b>					<b>56,323</b>				
<b>Total Hrs Req</b>						<b>7,867</b>	<b>328</b>		
<b>Total Hrs Presupuest.</b>						<b>6,348</b>	<b>265</b>		
<b>% Cumplimiento</b>							<b>81%</b>		
<b>TH actual (unid/hr)</b>					<b>7.2</b>				
<b>TH Presupuest. (unid/hr)</b>					<b>8.9</b>				
<b>Var TH</b>					<b>(1.7)</b>				

Actualmente la demanda es de 56,323 unidades; se requiere trabajar un total de 7,867 hrs. equivalente a 328 días; sin embargo, el presupuesto es de 6,348 hrs. de trabajo lo que equivale a 265 días dando un cumplimiento del 81% y variación negativa de Throughput de - 1.7 unid/hr.

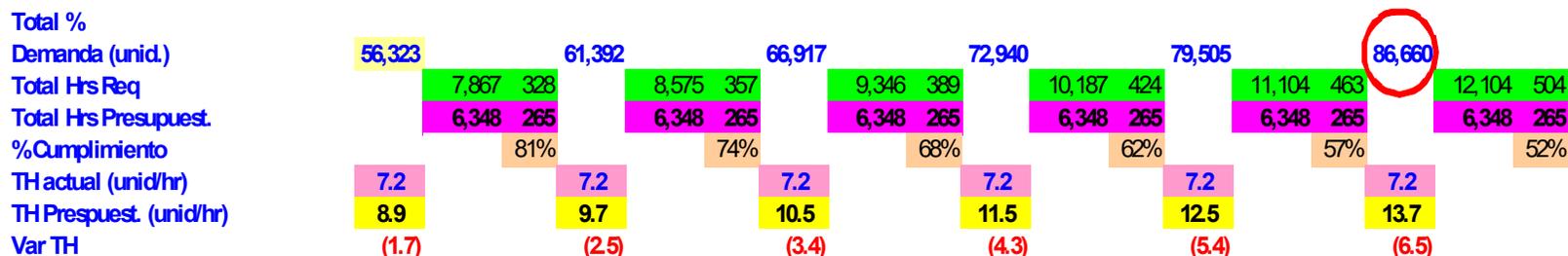
La proyección apunta a una demanda para el 2014 de 86,660 unidades; la cual, acorde a la capacidad actual, se requeriría de 504 días vs. 265 días presupuestados que se seguirán manteniendo a lo largo del tiempo; por lo que indica una respuesta del 52% frente al mercado (ver tabla 20).

Con el objetivo de mejorar la productividad de la planta; incrementando la capacidad instalada, reduciendo tiempo de ciclo, producto en proceso, problemas de calidad, se necesita de experimentos capaces de cumplir con la meta que es producir 86,660 unidades, lo que equivale a alcanzar un TH presupuestado de 13,7.

El apéndice J ilustra el balance actual de la línea de producción. Esta se encuentra desbalanceada para cada uno de los tipos de tortas definiendo producto crítico en proceso (Wo), velocidad de producción (TH), y tiempo de

TABLA 20  
CAPACIDAD PROYECTADA

Producto	Diseño	TOTAL ANUAL 2009		Increm =>		9%		Increm =>		9%		Increm =>		9%		Increm =>		9%	
				Capacity			Capacity			Capacity			Capacity			Capacity			
				2010			2011			2012			2013			2014			
unid Fore.	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	hr Req.	dias Req.		
MIN	IPG	1,126	41	2	1,228	45	2	1,338	49	2	1,459	53	2	1,590	58	2	1,733	63	3
MIN	D	2,253	154	6	2,456	168	7	2,677	184	8	2,918	200	8	3,180	218	9	3,466	238	10
CHICA	IPG	5,632	286	12	6,139	312	13	6,692	340	14	7,294	370	15	7,950	404	17	8,666	440	18
CHICA	D	12,391	1,448	60	13,506	1,578	66	14,722	1,720	72	16,047	1,875	78	17,491	2,043	85	19,065	2,227	93
NORMAL	IPG	8,448	527	22	9,209	575	24	10,038	626	26	10,941	683	28	11,926	744	31	12,999	811	34
NORMAL	D	11,265	1,933	81	12,278	2,107	88	13,383	2,297	96	14,588	2,503	104	15,901	2,729	114	17,332	2,974	124
RECTANGULAR	IPG	3,379	275	11	3,684	299	12	4,015	326	14	4,376	356	15	4,770	388	16	5,200	423	18
RECTANGULAR	D	6,196	1,695	71	6,753	1,847	77	7,361	2,014	84	8,023	2,195	91	8,745	2,392	100	9,533	2,608	109
TRIPLE	IPG	1,126	103	4	1,228	113	5	1,338	123	5	1,459	134	6	1,590	146	6	1,733	159	7
TRIPLE	D	4,506	1,404	59	4,911	1,531	64	5,353	1,668	70	5,835	1,819	76	6,360	1,982	83	6,933	2,161	90



Elaboración (Te), así como la cantidad de mano de obra (recurso).

Se van a establecer dos experimentos: El primero consiste en hacer un balance de línea redistribuyendo el personal de planta y combinando las operaciones de fileteado y bañado, y el segundo automatizar la línea a través de la compra de un equipo que reemplazaría la estación manual de decorado.

### **2.5.2 Experimento 1.- Redistribución y capacitación de personal.**

Se identifica la estación que origina cuellos de botella. En este caso es la estación de decorado.

Se establecen cambios en lo que respecta a la ubicación y movimiento de los operadores, el flujo del producto semielaborado y su stock dentro del proceso (WIP); para así balancear la línea aumentando la capacidad en cada estación y reduciendo tiempos de ocio; en otras palabras evitar que cada estación trabaje a un ritmo más rápido que otro.

Los beneficios que conlleva el balanceo son:

Mayor flexibilidad para combinar productos, reducción del inventario, tiempos de producción más cortos, y el mejoramiento de la calidad. Para lograr mejores resultados, se debe dedicar a formar al personal a su cuidado, se debe invertir una buena parte de la energía en desarrollar personas competentes. Por ello, se plantea que se va a aumentar la velocidad de los operadores al hacer el diseño de las tortas realizando cursos de capacitación intensiva por expertos.

El programa propone reducir el tiempo efectivo de cada operación en un 10 %, al mismo tiempo que fomenta el mejoramiento continuo que hace necesario la participación del personal y la creación de muchos grupos de empleados en los diversos niveles de la organización para que trabajen en la solución de problemas.

### **2.5.3 Experimento 2.- Automatización de línea**

En vista de la necesidad urgente de mejorar la capacidad de producción de la planta, la gerencia ha visto la posibilidad de la compra de un equipo alemán que realiza la operación

de decorado; es decir reemplazaría dicha estación, originalmente realizada por mano de obra, y se reduciría mano de obra a un operador del equipo por turno. De esta manera se evita gran cantidad de mano de obra y reduce el flujo de producto.

La figura 2.12 muestra el equipo de decorado. El tipo de equipo es estático y es un brazo robótico. El problema radica en que los problemas a menudo son invisibles hasta la aparición de la avería. Esto desemboca en la necesidad de aplicar un programa de mantenimiento preventivo a fin de elevar la operatividad, mantenimiento y seguridad del equipo de modo que los operarios puedan utilizar el equipo con confianza.

Incluye también la capacitación para los operadores del área de diseño por expertos reduciendo el tiempo efectivo en un 10%.

Esto conlleva a realizar un nuevo balanceo de línea ya que al estar acompañada por una máquina o equipo, requiere cambios mecánicos y de ingeniería y por ser un equipo nuevo los operarios se encuentran trabajando a mitad de

marcha mientras que otros en operaciones subsecuentes trabajan más rápido.

En el apéndice K se pueden apreciar los cambios que se han realizado en el modelo actual como experimentos 1 y 2 a través del Witness.



FIGURA 2.12 ROBOT DE DECORADO

# CAPÍTULO 3

## 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se hace énfasis en el análisis de capacidades para las mejoras 1 y 2. Se demuestra el volumen máximo alcanzado en el modelo de simulación y se realiza un análisis costo-beneficio en el cual da visibilidad hacia un escenario más atractivo. Finalmente se acepta el proyecto más rentable con la metodología VAN y TIR.

### 3.1 Experimentación

#### 3.1.1 Análisis de Capacidad Experimento 1

El modelo de simulación arroja una capacidad máxima promedio anual de 75,419 unidades la cual cumple con la demanda esperada en los 3 primeros años (ver tabla 21).

En la tabla 21 se muestra la participación de cada producto dando lugar a la de mayor demanda como las tortas “Chica y Normal” de diseño, que se demuestra en el modelo de simulación.

Se muestra la capacidad real en unids / hr por cada producto, con un TH de línea y su variación respecto a lo presupuestado en el transcurso del tiempo. Este último termina en el tercer año con una variación de -0.8 unids / hr la cual indica bajo desempeño de línea.

En el apéndice L se puede apreciar el análisis de capacidad incluyendo los años 2011 y 2012.

Las horas requeridas están en función de la capacidad de línea la cual muestra una diferencia de 949 hrs vs presupuesto (5,100 hrs que incluye setups y breakdowns), en el primer año.

En el apéndice M se puede apreciar las hrs presupuestadas para cada año.

Las réplicas que arrojó el modelo Witness se pueden apreciar en la tabla 22 para dos réplicas, donde cada réplica dura un año la cual da en promedio una capacidad de 75,419 tortas para los próximos 20 años que coincide con la del análisis de capacidad y afirma que ese valor es la capacidad promedio máxima anual de la línea de tortas "glace". Los datos de las réplicas son los valores de producción real de la simulación. En el apéndice V se puede ver las réplicas para el experimento 1 desde la tercera réplica hasta la vigésima réplica.

A partir del cuarto año refleja falta de capacidad en un 95% de cumplimiento en base a la demanda proyectada con un 9% de incremento.

### **3.1.2 Análisis de Capacidad Experimento 2**

En el experimento 2, al involucrar el equipo BAUMEISTER, supera las expectativas de capacidad en comparación al experimento 1 con una cifra de 143,525 en promedio anual provocando un cumplimiento de 241% en el primer año, así llegando al 108% en el año 2019 indicando que para el 2020 ya se obtendrá un déficit de capacidad al 1% como se indica en la tabla 23. Al igual que el análisis del experimento 1 la simulación muestra mayor participación del producto “chica” y “normal” de diseño con 32% y 35% respectivamente.

También, se muestra una reducción de horas requeridas para cumplir la demanda en los primeros años respecto a las presupuestadas (4,760 hrs) dando oportunidad a reducir aún más el recurso.

TABLA 21  
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EX 1

Producto	%	Diseño	Capacidad Instalada	Capacidad Real	98%				9%			
					Increme ==>				Increme ==>			
					Capacidad				Capacidad			
					2 0 1 0				2 0 1 3			
und / hr	und /hr	unid Fore.	Produ max	hr Req.	días Req.	unid Fore.	Produ max	hr Req.	días Req.			
MINI	2.0%	IPG	40	39	1,228	1,508	31	1	1,590	1,508	41	2
MINI	4.0%	D	32	31	2,456	3,017	79	3	3,180	3,017	102	4
CHICA	10.0%	IPG	36	35	6,139	7,542	175	7	7,950	7,542	227	9
CHICA	22.0%	D	19	18	13,506	16,592	740	31	17,491	16,592	958	40
NORMAL	15.0%	IPG	29	28	9,209	11,313	323	13	11,926	11,313	419	17
NORMAL	20.0%	D	13	12	12,278	15,084	988	41	15,901	15,084	1,279	53
RECTANGULAR	6.0%	IPG	22	22	3,684	4,525	168	7	4,770	4,525	218	9
RECTANGULAR	11.0%	D	8	8	6,753	8,296	866	36	8,745	8,296	1,121	47
TRIPLE	2.0%	IPG	20	19	1,228	1,508	63	3	1,590	1,508	82	3
TRIPLE	8.0%	D	7	6.8	4,911	6,033	717	30	6,360	6,033	929	39

<b>Total %</b>	<b>100%</b>		
<b>Demanda (unid.)</b>		61,392	75,419
<b>Total Hrs Req</b>		4,151	173
<b>Total Hrs Presupuest.</b>		5,100	213
Numero trabajadores		8	0
Ventas semanales		52	0
Hrs. Trabajadas por semana		1,440	60
Sobret. Hrs por semana		0	0
Días disponibles al mes		260	260
Horas disponibles al mes		6,240	260
Horas planificadas de fallo		996	42
Horas no planif. de fallos		144	6
Horas corriendo		5,244	219
Horas actuales (real)		5,100	213
<b>% Cumplimiento</b>		123%	95%
<b>TH actual (unid/hr)</b>		14.8	14.8
<b>TH Presupuest. (unid/hr)</b>		12.0	15.6
<b>Var TH</b>		2.8	(0.8)

TABLA 22  
RÉPLICAS EXPERIMENTO 1

Réplica	Buffer output	Producción	Total
1	E EX M output	1012	75614
1	E L M output	1147	
1	V EX M output	815	
1	V L M output	628	
1	E EX CH output	6758	
1	E L CH output	8512	
1	V EX CH output	8353	
1	V L CH output	1971	
1	E EX N output	8467	
1	E L N output	8491	
1	V EX N output	9087	
1	V L N output	2089	
1	E EX R output	3892	
1	E L R output	5108	
1	V EX R output	926	
1	V L R output	1451	
1	E EX T output	2554	
1	E L T output	2972	
1	V EX T output	690	
1	V L T output	691	
2	E EX M output	1023	72315
2	E L M output	1150	
2	V EX M output	374	
2	V L M output	626	
2	E EX CH output	6910	
2	E L CH output	8633	
2	V EX CH output	4223	
2	V L CH output	1966	
2	E EX N output	8621	
2	E L N output	8656	
2	V EX N output	9330	
2	V L N output	2077	
2	E EX R output	3951	
2	E L R output	5174	
2	V EX R output	926	
2	V L R output	1476	
2	E EX T output	2641	
2	E L T output	3004	
2	V EX T output	694	
2	V L T output	680	
		Media	75419

TABLA 23  
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EX 2

Producto	%	Diseño	Capacidad Instalada	Capacidad Real	98%				9%			
					Increme ==>				Increme ==>			
					Capacidad				Capacidad			
2 0 1 0				2 0 2 0								
und / hr	und / hr	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.			
MINI	2.0%	IPG	120	118	1,228	2,957	10	0	2,907	2,870	25	1
MINI	4.0%	D	63	62	2,456	5,915	39	2	5,813	5,741	93	4
CHICA	10.0%	IPG	86	84	6,139	14,787	73	3	14,534	14,352	173	7
CHICA	22.0%	D	37	37	13,506	32,531	370	15	31,974	31,575	875	36
NORMAL	15.0%	IPG	70	68	9,209	22,180	135	6	21,801	21,529	319	13
NORMAL	20.0%	D	25	25	12,278	29,573	494	21	29,067	28,705	1,169	49
RECTANGULAR	6.0%	IPG	54	53	3,684	8,872	70	3	8,720	8,611	166	7
RECTANGULAR	11.0%	D	16	16	6,753	16,265	433	18	15,987	15,788	1,025	43
TRIPLE	2.0%	IPG	24	23	1,228	2,957	53	2	2,907	2,870	125	5
TRIPLE	8.0%	D	14	13.7	4,911	11,829	359	15	11,627	11,482	849	35

Total %	100%								
Demanda (unid.)		61,392	147,867	145,337	143,525				
Total Hrs Req		2,036	85	4,820	201				
Total Hrs Presupuest.		4,904	204	4,760	198				
Numero trabajadores		8	0	8	0				
Ventas semanales		52	0	52	0				
Hrs. Trabajadas por semana		1,440	60	1,440	60				
Sobret. Hrs por semana		0	0	0	0				
Días disponibles al mes		260	260	260	260				
Horas disponibles al mes		6,240	260	6,240	260				
Horas planificadas de fallo		1,126	47	1,270	53				
Horas no planif. de fallos		210	9	210	9				
Horas corriendo		5,114	213	4,970	207				
Horas actuales (real)		4,904	204	4,760	198				
% Cumplimiento			241%		0%				99%
TH actual (unid/hr)		30.2		30.2					
TH Presupuest. (unid/hr)		12.5		30.5					
Var TH		17.6		(0.4)					

El apéndice N muestra las horas presupuestadas del experimento 2 para cada año.

La velocidad de línea (TH) empieza el primer año con una variación de 17.6 unid/hr respecto al presupuesto, decreciendo al año 2020 con una variación de -0.4 unid/hr lo que indica sobrecapacidad en 10 años.

El resto de la tabla del análisis de capacidad del experimento 2 se puede apreciar en el apéndice O para cada año.

En la tabla 24, al igual que con el experimento 1, se muestran dos réplicas del experimento 2 donde cada réplica tiene una duración de un año la cual arroja una capacidad promedio de 143,525 tortas para los próximos 20 años y, al coincidir con el análisis de capacidad, se afirma que ese valor es la capacidad promedio máxima anual de la línea de tortas "glace".

En el apéndice P, se puede ver las réplicas para el experimento 2 desde la tercera réplica hasta la vigésima réplica

### **3.2 Análisis Económico**

Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto.

TABLA 24  
RÉPLICAS EXPERIMENTO 2

Réplica	Buffer output	Producción	Total
1	E EX M output	2170	261434
1	E L M output	2475	
1	V EX M output	508	
1	V L M output	624	
1	E EX CH output	14714	
1	E L CH output	18566	
1	V EX CH output	9741	
1	V L CH output	1993	
1	E EX N output	18370	
1	E L N output	18693	
1	V EX N output	19858	
1	V L N output	2231	
1	E EX R output	8435	
1	E L R output	11096	
1	V EX R output	1229	
1	V L R output	1381	
1	E EX T output	5667	
1	E L T output	6486	
1	V EX T output	710	
1	V L T output	603	
2	E EX M output	2140	143192
2	E L M output	2462	
2	V EX M output	386	
2	V L M output	696	
2	E EX CH output	14623	
2	E L CH output	18407	
2	V EX CH output	7719	
2	V L CH output	2245	
2	E EX N output	18138	
2	E L N output	18514	
2	V EX N output	19584	
2	V L N output	2599	
2	E EX R output	8371	
2	E L R output	11021	
2	V EX R output	1146	
2	V L R output	1597	
2	E EX T output	5595	
2	E L T output	6383	
2	V EX T output	841	
2	V L T output	725	
		Media	143.525

La comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiere sucedido sin proyecto, define la rentabilidad del mismo.

A nivel de manufactura, las variables claves a costear y de análisis son:

- Costos de fabricación (materia prima, material de empaque, mano de obra, insumos, servicios industriales).
- Gastos en logística.
- Inversión (propuesta en las mejoras).

Existen otros costos como el costo por incumplimiento de la demanda, o el costo por sobreproducción que no se incluyen en el análisis económico, sin embargo se da las recomendaciones necesarias al final del proyecto de grado.

### **3.2.1 Análisis de Costo (Modelo Actual)**

En la situación actual se refleja incrementos en los ingresos por venta respecto a la capacidad máxima de producción anual, no cumpliendo con la demanda a partir del 2009; la cual indica un ingreso total de \$8.224.290 del año 2010 hasta el año 2020 con una utilidad total de -\$485.559.

En la tabla 25 se muestra la variación de costos de fabricación en relación al crecimiento salarial pronosticado en un 9% firme en el

2010 lo cual impacta en la mano de obra de ocho unidades de fuerza laboral actual y afectada en un incremento del 0.5% por inflación.

Es evidente una pérdida más allá del beneficio mostrado, ya que en el transcurso de los años no se cumple la venta esperada por lo que se incurre en elevación de costos por fuera de stock.

El apéndice Q muestra la variación de costos e ingresos para cada año.

### **3.2.2 Análisis Costo-Beneficio (Experimento 1)**

El escenario 1 muestra una reducción de una unidad de fuerza laboral la cual implica una reducción en los costos de fabricación, y un cumplimiento en la demanda hasta el 2013 que genera ingresos por venta mayores en estos años.

A partir del 2014 los ingresos por venta se ven afectados ya que no cumple las expectativas de demanda.

Ésto da lugar a producir menos de lo esperado lo cual impacta a los ingresos con un beneficio total de \$1.926.935 respecto a la situación actual dando lugar a interrogantes por no cumplimiento (ver tabla 26).

TABLA 25

ANÁLISIS COSTO (MODELO ACTUAL)

ESTIMACION DE COSTOS ECENARIO ACTUAL					Increme ==>	9%			7%				
Producto	Diseño	cant recurso	PV P \$	costo fabricacion x unidad	Cumplimiento 31% del forecast								
					2 0 2 0								
					costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
MINI	IPG	8	11	7.7	2,612	105	3.1	2,907	909	7,489	10,102	9,999	-103
MINI	D	8	13	9.1	9,875	399	3.1	5,813	1,818	17,702	27,577	23,634	-3,943
CHICA	IPG	8	14	9.8	18,287	738	3.1	14,534	4,545	47,660	65,947	63,631	-2,316
CHICA	D	8	15	10.5	92,534	3,735	3.1	31,974	9,999	112,340	204,874	149,987	-54,887
NORMAL	IPG	8	16	11.2	33,701	1,360	3.1	21,801	6,818	81,702	115,403	109,082	-6,321
NORMAL	D	8	17	11.9	123,570	4,988	3.1	29,067	9,090	115,745	239,314	154,532	-84,782
RECTANGULAR	IPG	8	18	12.6	17,556	709	3.1	8,720	2,727	36,766	54,322	49,087	-5,235
RECTANGULAR	D	8	19	13.3	108,339	4,373	3.1	15,987	5,000	71,149	179,488	94,992	-84,496
TRIPLE	IPG	8	20	14.0	6,610	267	3.1	2,907	909	13,617	20,227	18,180	-2,046
TRIPLE	D	8	21	14.7	89,764	3,624	3.1	11,627	3,636	57,191	146,956	76,357	-70,599
<b>TOTAL</b>					502,848	20,299	31	145,337	45,451	561,361	1,064,209	749,481	-314,729

Total costo de fabricación	8,729,849
Total ingreso por ventas	8,244,290
Total utilidad	-485,559

TABLA 26

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO (EX 1)

ESTIMACION DE COSTOS EX1					Increme ==>	9%			7%							
Producto	Diseño	cant recurso	PV P \$	costo fabricacion x unidad	Cumplimiento			52% del forecast								
					2 0 2 0											
					costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad			
MINI	IPG	7	11	7.7	1,607	74	3.1	2,907	1,508	12,428	14,035	16,592	2,557			
MINI	D	7	13	9.1	4,050	187	3.1	5,813	3,017	29,374	33,424	39,218	5,793			
CHICA	IPG	7	14	9.8	9,001	415	3.1	14,534	7,542	79,084	88,085	105,586	17,501			
CHICA	D	7	15	10.5	37,953	1,751	3.1	31,974	16,592	186,413	224,366	248,882	24,516			
NORMAL	IPG	7	16	11.2	16,587	765	3.1	21,801	11,313	135,573	152,160	181,005	28,845			
NORMAL	D	7	17	11.9	50,683	2,338	3.1	29,067	15,084	192,061	242,744	256,424	13,679			
RECTANGULAR	IPG	7	18	12.6	8,641	399	3.1	8,720	4,525	61,008	69,648	81,452	11,804			
RECTANGULAR	D	7	19	13.3	44,436	2,050	3.1	15,987	8,296	118,061	162,497	157,625	-4,872			
TRIPLE	IPG	7	20	14.0	3,253	150	3.1	2,907	1,508	22,595	25,849	30,167	4,319			
TRIPLE	D	7	21	14.7	36,817	1,699	3.1	11,627	6,033	94,901	131,718	126,703	-5,015			
<b>TOTAL</b>			70		213,029	9,828	31	145,337	75,419	931,498	1,144,527	1,243,655	99,128			

Total costo de fabricación	10,855,348
Total ingreso por ventas	13,267,842
Total utilidad	2,412,494
Beneficio vs Actual	1,926,935

El apéndice R muestra la variación de los costos para cada año del experimento 1.

### **3.2.3 Análisis Costo-Beneficio (Experimento 2)**

Tras la incorporación del equipo "BAUMEISTER", llena las expectativas de venta en el horizonte de estudio de 10 años lo cual hace un ingreso tope de \$17.777.255, obteniendo un beneficio neto de \$3.440.460 en relación a la situación actual.(Ver tabla 27).

En la tabla 27 también se muestra que los costos de fabricación se reducen favorablemente ya que se reduce la mano de obra en un 54% que compensa el alza de un 3% por consumo de energía en el equipo. En el apéndice S se puede observar la tendencia de los costos e ingresos para el experimento 2, a partir del año 2010 hasta el 2019.

### **3.2.4 Análisis TIR Y VAN.**

En el análisis TIR y VAN se compara los flujos incrementales en base a los dos proyectos (experimento 1 y experimento 2) y se los lleva a valor presente.

TABLA 27

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO (EX 2)

ESTIMACION DE COSTOS MAQUINA BAUMEISTER					Increme ==>	9%			7%				
Producto	Diseño	cant recurso	PV P \$	costo fabricaci on x unidad	Cumplimiento 99% del forecast 2 0 2 0								
					costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
MINI	IPG	5	11	8.0	383	25	3.1	2,907	2,870	24,975	25,358	31,974	6,616
MINI	D	3	13	9.5	868	93	3.1	5,813	5,741	59,032	59,900	75,575	15,676
CHICA	IPG	6	14	10.2	3,215	173	3.1	14,534	14,352	158,932	162,147	203,472	41,326
CHICA	D	3	15	11.0	8,133	875	3.1	31,974	31,575	374,626	382,759	479,613	96,855
NORMAL	IPG	5	16	11.7	4,937	319	3.1	21,801	21,529	272,455	277,392	348,810	71,418
NORMAL	D	3	17	12.4	10,861	1,169	3.1	29,067	28,705	385,978	396,839	494,147	97,308
RECTANGULAR	IPG	5	18	13.1	2,572	166	3.1	8,720	8,611	122,605	125,177	156,964	31,788
RECTANGULAR	D	2	19	13.9	6,348	1,025	3.1	15,987	15,788	237,263	243,611	303,755	60,144
TRIPLE	IPG	3	20	14.6	1,162	125	3.1	2,907	2,870	45,409	46,571	58,135	11,564
TRIPLE	D	2	21	15.3	5,260	849	3.1	11,627	11,482	190,719	195,978	244,167	48,188
<b>TOTAL</b>					43,736	4,820	31	145,337	143,525	1,871,994	1,915,731	2,396,613	480,882

Total costo de fabricación	13,851,235
Total ingreso por ventas	17,777,255
Total utilidad	3,926,020
Beneficio vs Actual	3,440,460

Se incorporan los costos de logística y distribución más capacitación del recurso e inversión del equipo.

En la tabla 28, en el flujo de caja del proyecto 1 (experimento 1), se denota egresos de \$780.232.61 en el primer año ya que se incurre en capacitación y en alquiler de 2 camiones para la efectividad a la hora de la entrega del producto. En el año 2020 se espera un flujo neto de \$49.424.31.

En la tabla 29, en el flujo de caja del proyecto 2 (experimento 2), se denota egresos de \$791.503.64 en el primer año que incluye inversión en capacitación, alquiler de 3 camiones para la efectividad a la hora de entrega del producto y la inversión en el equipo BAUMEISTER, la cual da lugar para el año 2020 un flujo neto de \$292.008.63 que es superior al flujo neto del experimento 1.

En la tabla 30 se muestra los resultados del VAN y TIR en conjunto al experimento 1 y 2. El resultado TIR (Tasa Interna de Retorno) da una cifra de 30.29% la cual llena las expectativas de los inversionistas en base al 25% de rentabilidad; es decir se obtiene una ganancia atractiva al elegir el proyecto 2 (compra de la máquina BAUMEISTER).



TABLA 29

FLUJO DE CAJA EXPERIMENTO 2

No. Camiones 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4  
 INVERSION EQUIPO 105,000

**FLUJO DE CAJA ESCENARIO 2 (MAQUINA BAUMEISTER)**

CONCEPTO / AÑOS	0	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>INGRESOS</b>		1,012,355.23	1,103,467.21	1,202,779.25	1,311,029.39	1,429,022.03	1,557,634.01	1,697,821.08	1,850,624.97	2,017,181.22	2,198,727.53	2,396,613.01
<b>EGRESOS</b>												
Depreciación		10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00
Costos Operacionales		761,603.64	834,941.18	915,385.60	1,003,636.22	1,100,463.34	1,206,715.85	1,323,329.69	1,451,337.42	1,591,878.81	1,746,212.79	1,915,730.85
capacitacion		5,000.00										
Gastos Administrativos												
Gastos de Logística y Contratacion		14,400.00	14,400.00	14,400.00	21,600.00	21,600.00	21,600.00	21,600.00	28,800.00	28,800.00	28,800.00	28,800.00
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>791,503.64</b>	<b>859,841.18</b>	<b>940,285.60</b>	<b>1,035,736.22</b>	<b>1,132,563.34</b>	<b>1,238,815.85</b>	<b>1,355,429.69</b>	<b>1,490,637.42</b>	<b>1,631,178.81</b>	<b>1,785,512.79</b>	<b>1,955,030.85</b>
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>		<b>220,851.60</b>	<b>243,626.02</b>	<b>262,493.65</b>	<b>275,293.16</b>	<b>296,458.69</b>	<b>318,818.17</b>	<b>342,391.38</b>	<b>359,987.55</b>	<b>386,002.41</b>	<b>413,214.74</b>	<b>441,582.16</b>
INVERSION	105,000.00											
15% PARTICIPACION		33,127.74	36,543.90	39,374.05	41,293.97	44,468.80	47,822.73	51,358.71	53,998.13	57,900.36	61,982.21	66,237.32
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>		<b>187,723.86</b>	<b>207,082.12</b>	<b>223,119.60</b>	<b>233,999.19</b>	<b>251,989.88</b>	<b>270,995.44</b>	<b>291,032.68</b>	<b>305,989.42</b>	<b>328,102.04</b>	<b>351,232.53</b>	<b>375,344.84</b>
25% IMP. A LA RENTA		46,930.96	51,770.53	55,779.90	58,499.80	62,997.47	67,748.86	72,758.17	76,497.35	82,025.51	87,808.13	93,836.21
<b>FLUJO OPERACIONAL</b>	<b>(105,000.00)</b>	<b>140,792.89</b>	<b>155,311.59</b>	<b>167,339.70</b>	<b>175,499.39</b>	<b>188,992.41</b>	<b>203,246.58</b>	<b>218,274.51</b>	<b>229,492.06</b>	<b>246,076.53</b>	<b>263,424.39</b>	<b>281,508.63</b>
DEPRECIACION		10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00
<b>FLUJO NETO</b>		<b>151,292.89</b>	<b>165,811.59</b>	<b>177,839.70</b>	<b>185,999.39</b>	<b>199,492.41</b>	<b>213,746.58</b>	<b>228,774.51</b>	<b>239,992.06</b>	<b>256,576.53</b>	<b>273,924.39</b>	<b>292,008.63</b>
<b>SALDO INICIAL DE CAJA</b>		<b>(105,000.00)</b>	<b>46,292.89</b>	<b>212,104.48</b>	<b>389,944.18</b>	<b>575,943.57</b>	<b>775,435.99</b>	<b>989,182.57</b>	<b>1,217,957.08</b>	<b>1,457,949.14</b>	<b>1,714,525.67</b>	<b>1,988,450.07</b>
<b>SALDO FINAL DE CAJA</b>	<b>(105,000.00)</b>	<b>46,292.89</b>	<b>212,104.48</b>	<b>389,944.18</b>	<b>575,943.57</b>	<b>775,435.99</b>	<b>989,182.57</b>	<b>1,217,957.08</b>	<b>1,457,949.14</b>	<b>1,714,525.67</b>	<b>1,988,450.07</b>	<b>2,280,458.69</b>

TABLA 30  
FLUJO DE CAJA INCREMENTAL

FLUJO DE CAJA INCREMENTAL												
CONCEPTO/ AÑOS	0	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>INGRESOS</b>		-	-	-	67,374.34	185,366.98	313,978.97	454,166.03	606,969.92	773,526.17	955,072.48	1,152,957.96
<b>EGRESOS OPERACIONALES</b>												
Costos Operacionales		771.03	(1,957.37)	(5,473.82)	38,859.94	119,343.23	206,996.39	302,331.11	405,875.88	518,171.59	639,765.63	771,204.12
capacitacion		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos Administrativos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos de Logística y Contratacion		-	-	-	-	-	-	-	7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,200.00
<b>FLUJO OPERACIONAL</b>		<b>(771.03)</b>	<b>1,957.37</b>	<b>5,473.82</b>	<b>28,514.40</b>	<b>66,023.75</b>	<b>106,982.58</b>	<b>151,834.91</b>	<b>193,894.04</b>	<b>248,154.58</b>	<b>308,106.85</b>	<b>374,553.84</b>
<b>INVERSION</b>	105,000.00											
15% PARTIOPACION		(115.65)	293.61	821.07	4,277.16	9,903.56	16,047.39	22,775.24	29,084.11	37,223.19	46,216.03	56,183.08
		(655.37)	1,663.76	4,652.75	24,237.24	56,120.19	90,935.19	129,059.68	164,809.93	210,931.39	261,890.82	318,370.76
25% IMP. A LA RENTA		(163.84)	415.94	1,163.19	6,059.31	14,030.05	22,733.80	32,264.92	41,202.48	52,732.85	65,472.71	79,592.69
<b>TOTAL EGRESOS NO OPERACIONALES</b>	<b>(105,000.00)</b>	<b>(279.50)</b>	<b>709.55</b>	<b>1,984.26</b>	<b>10,336.47</b>	<b>23,933.61</b>	<b>38,781.18</b>	<b>55,040.16</b>	<b>70,286.59</b>	<b>89,956.04</b>	<b>111,688.73</b>	<b>135,775.77</b>
<b>FLUJO NETO INCREMENTAL</b>	<b>(105,000.00)</b>	<b>(491.53)</b>	<b>1,247.82</b>	<b>3,489.56</b>	<b>18,177.93</b>	<b>42,090.14</b>	<b>68,201.39</b>	<b>96,794.76</b>	<b>123,607.45</b>	<b>158,198.55</b>	<b>196,418.12</b>	<b>238,778.07</b>
<b>SALDO INICIAL DE CAJA</b>	-	<b>(105,000.00)</b>	<b>(105,491.53)</b>	<b>(104,243.71)</b>	<b>(100,754.15)</b>	<b>(82,576.22)</b>	<b>(40,486.07)</b>	<b>27,715.32</b>	<b>124,510.08</b>	<b>248,117.53</b>	<b>406,316.07</b>	<b>602,734.19</b>
<b>SALDO FINAL DE CAJA</b>	<b>(105,000.00)</b>	<b>(105,491.53)</b>	<b>(104,243.71)</b>	<b>(100,754.15)</b>	<b>(82,576.22)</b>	<b>(40,486.07)</b>	<b>27,715.32</b>	<b>124,510.08</b>	<b>248,117.53</b>	<b>406,316.07</b>	<b>602,734.19</b>	<b>841,512.26</b>

El VAN (valor actual neto) indica los flujos de caja del proyecto 2 llevados a valor presente dando \$40.179.79, lo cual concluye una aceptación definitiva a la compra del equipo y mejora de la línea (ver tabla 31).

TABLA 31

TIR Y VAN

<b>TIR</b>		<b>30.29%</b>
<b>TMAR</b>		<b>25.00%</b>
<b>VAN</b>		<b>40,179.79</b>
<b>ANALISIS</b>		<b>SE ACEPTA</b>

# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se revelan los resultados esperados de las mejoras o experimentos I y II. Gracias a la ejecución de la simulación se puede constatar los resultados logrados en los experimentos; comparando estos valores con los arrojados en el análisis de capacidad.

### 4.1 Reportes

A continuación se presentan los reportes de resultados obtenidos en el experimento I y II (ver tabla 32 y 33).

La tabla 32 representa un reporte de los resultados esperados del experimento 1 como capacidad máxima anual de 75,419 unidades y velocidad actual de la línea (TH) de 14.8 unids/hr.

También detallan los factores claves que definen la mejora; tales como balance de línea, recurso disponible, gastos en logística y transporte

(alquiler de camiones). El porcentaje de cumplimiento es obtenido a través de la relación entre la producción real vs. la demanda esperada.

La tabla 32 y 33, también reporta indicadores de eficiencia en el transcurso del tiempo tales como variación de TH respecto al presupuesto y la utilización de línea. Este último establece la relación entre las horas reales a producir vs. horas disponibles. Los costos de fabricación se incrementan en función de la inflación y la fuerza laboral impuesta en el experimento.

## **4.2 Análisis de Resultados**

### **Experimento 1**

A pesar de que en los 3 primeros años se cuenta con sobre capacidad, sólo se producirá lo que indica la demanda en un cumplimiento al 100%.

La utilización es baja en los primeros años incrementándose en función de la demanda.

Los ingresos por ventas muestran un incremento en los primeros 3 años en función del cumplimiento del pronóstico de ventas. Luego del tercer año, en vista de falta de capacidad para suplir la demanda; se muestra un valor constante de \$1, 243,655 ya que solo responde a la capacidad máxima de producción.

La utilidad operativa total que se genera es de \$ 2, 412,494; la cual en comparación a la situación actual; se obtiene un beneficio de \$ 1, 926,935 (ver tabla 32).

### **Experimento 2**

La capacidad máxima anual alcanzada es de 143,525 unidades y la velocidad actual de la línea (TH) de 30.2 unids /hr.

A diferencia del reporte 1, se incluye la inversión de \$ 105,000 en el equipo BAUMEISTER y un gasto en alquiler de 4 camiones.

El porcentaje de cumplimiento hacia la demanda es del 100%; cayendo en un punto en el año 2020.

Los indicadores de eficiencia, entre estos, la utilización inicia en un 42% el primer año con la introducción del equipo; para luego ir incrementándose ligeramente hasta llegar a 101% en el año 2020; dando lugar a oportunidades de mejora respecto a la disminución de horas trabajadas.

La variación de TH respecto a la presupuestada indica la alta velocidad de la línea, obteniendo una potencia de 9.6 unids/hr.

Los costos de fabricación se ven suavizados por la disminución del recurso en la línea. Los ingresos por ventas muestran un incremento en función de la demanda proyectada.

La utilidad operativa total que se genera es de \$ 3, 926,020; la cual en comparación a la situación actual; se obtiene un beneficio de \$ 3, 440,461 (ver tabla 33).

Los resultados obtenidos, apuntan a la elección del proyecto 2 (experimento 2, compra del equipo); ya que satisface la demanda en un 100% en 10 años.

El costo beneficio del proyecto 2 está por encima del beneficio que ofrece el proyecto 1 en un 78% logrando un escenario atractivo para el inversionista. Ésto es debido a la disminución de fuerza laboral que logra la introducción del equipo.

En el análisis financiero (CAPÍTULO 3), resulta más rentable (TIR = 30,29%); teniendo de base un 25% (TMAR), la compra del equipo BAUMEISTER dando valor actual neto al proyecto 2 de \$40,179 (VAN).







# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El trabajo que se recoge en el presente proyecto constituye el resultado de la implementación de un nuevo equipo para el mejoramiento del proceso productivo y aumento en la capacidad de producción de la línea de tortas “glace” en el horizonte de 10 años.

Entre las cosas que se destacan se tienen:

- Realizar el experimento 1 (capacitación y redistribución de personal), la cual es una opción posible por dos razones: reducción de tiempos de entrega y satisfacción del 100% de la demanda (ver tabla 21 página 74).
- Al no existir horas de sobretiempo, los resultados se ven reflejados en la seguridad y salud ocupacional dado a que se reduce la fatiga y

el fuerte estrés del empleado; inclusive, van a ser más cumplidos y proactivos, logrando efectividad en la operación.

- El nivel de confianza que se utilizó para la validación de los resultados de las variables fue del 95 %, utilizado este valor como referencia en todos los estadísticos para la realización de pruebas de hipótesis. La prueba estadística realizada fue la “T student” para comparar dos poblaciones. Los datos históricos se utilizaron como objeto de comparación con los datos del experimento.
- La implementación del experimento 2 incluye la automatización de la estación de decorado de tortas glase la cual rompe el cuello de botella, se reduce el margen de error operacional a través de la inclusión del equipo nuevo (BAUMEISTER). De esta forma se gana rapidez, se mejora la precisión de decorado, aumento de producción, se disminuye recursos y la utilización total de línea baja considerablemente para los próximos años.
- El experimento 2 se escoge como opción de implementación debido a que el nivel de cumplimiento es mayor, las ganancias y utilidades son mayores y llena las expectativas de los inversionistas en base al 25 % de rentabilidad (ver tabla 31 página 89).

## 5.2 Recomendaciones

Es evidente que la simulación ha ayudado a atacar algunas deficiencias que tiene la línea de producción de tortas “glace”. Sin embargo no todos los problemas han podido ser solucionados por lo que se recomienda, para su efectividad, enfocar los esfuerzos en los siguientes aspectos:

- **Sobreproducción:** Debido a la alta capacidad de línea en los primeros años, es posible la sobreproducción en el caso de poca demanda o error en el pronóstico; lo que conlleva a generar elevado inventario y costos altos. Se recomienda ejecutar una estrategia de maquila para la línea productiva en los primeros años.
- **Situación Laboral:** En la incorporación del equipo nuevo, al reducir sobretiempo y personal, la compañía se verá impactada por descontento laboral dado a que los ingresos del personal se verán impactados, por lo que es recomendable dar a notar el gran beneficio a futuro sobre el riesgo laboral con la reducción del sobre esfuerzo humano y en el incremento en utilidades en el mediano plazo. También se recomienda un estudio de reubicación de personal.

- Desarrollo de nuevos productos: Debe considerarse el limitado cambio de formato del nuevo equipo; es decir, éste obedece a ciertas presentaciones de producto por lo que es recomendable que el equipo de ingenieros desarrollen una estructura de rediseño y automatización de soporte a cualquier innovación.
- Mantenimiento Correctivo: En el análisis financiero para la implementación del equipo se considera horas dedicadas al mantenimiento preventivo, pero no considera impactos por fallas de tipo automatización o eléctrica. Ésto implicaría contar con un stock de repuestos que no se ha tomado en cuenta en el estudio y fortalecer el mantenimiento autónomo.
- Mal manejo de tortas: La aplicación de “5 S” ayudaría en un 100% en el manejo del producto; es recomendable que se utilice una plantilla fija experimentada en la línea de producción ya que operarios nuevos, inexpertos, o sin mucha experiencia, podrían cometer errores en el manejo de las tortas. El orden, limpieza, control visual y disciplina hacen que cada trabajador obedezca a un solo ritmo de trabajo y el volumen de producción sea el equivalente al estándar día a día.

- Falta de higiene y aseo del personal: Dotar al personal de producción con la indumentaria adecuada para la realización de sus labores y obedecer a buenas prácticas de manufactura (BPM) tales como: Cuerpo Aseado (Damas y Caballeros), cabello recortado y bien afeitado (varones), cabello recogido (damas), aretes lo adecuado (damas), maquillaje moderado (damas), uñas recortadas y limpias (damas y varones) y aseo bucal (damas y varones).

# APÉNDICE

## APÉNDICE A

### ANÁLISIS MODAL DE FALLO (AMFE), DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TORTAS "GLACE"

Nombre/ref. de la pieza de proceso: Tortas Glace

Proveedores y plantas afectados: Todos

Responsabilidad de diseño/fabricación: Fabricio Ullauri

Año del modelo: 2008-2009

Otros departamentos involucrados: Todos

Fecha de lanzamiento de ingeniería: 05/12/2008

Estacion y sus actividades	Tipo de fallo	Efecto del fallo	Grave.	Causas de fallo	Frec. AMFE	Controles actuales	Detec.	N P R	Acciones recomendadas
BATICION									
preparacion de MP	ausencia de MP	producto de baja calidad, cliente no satisfecho	2	desenlace de proveedores, tiempos de entrega, falta de politica de avastecimiento	2	por inspeccion	3	12	establecer politica de inventario, alianza con proveedor
	MP en mal estado	producto de baja calidad, cliente no satisfecho	3	condiciones de almacenaje, limpieza y aseo	1	por inspeccion	3	9	ergonomía, ingeniería de métodos
baticion	masa sin el sabor , color apropiado	producto de baja calidad, cliente no satisfecho	2	falta de estandarizacion, indiferencia entre maestros	1	por ensayo	2	4	estandarizacion, programa de gustacion

preparacion moldes	molde defectuoso	alteracion del volumen de cake horneado, aumento de costos de producion, mas desperdicio	2	mal trato de operarios con moldes, producto de la dilatacion termica en el horneaje	5	por inspeccion	3	30	rediseño de moldes
moldeaje masa cake	presencia de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	4	falta de higiene y aseo del operario, residuos de metal en el lavado de moldes.	1	por inspeccion	3	12	establecer programa de seguridad e higiene
	paro no programado	producto en espera, tiempo de espera	4	actividad no balanceada, falta de recurso (molde).	1	por inspeccion	3	12	en plan de accion (simulacion)
cargar moldes en modulares	presencia de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	4	falta de higiene y aseo del operario, residuos de metal en el lavado de moldes.	1	por inspeccion	3	12	establecer programa de seguridad e higiene
	paro no programado	producto en espera, tiempo de espera	3	actividad no balanceada, falta de recurso (molde).	2	por inspeccion	3	18	en plan de accion (simulacion)

HORNEADO									
cargar modulares en hornos	elevado producto en proceso	producto en espera, tiempo de espera	4	actividad no balanceada, falta de recurso (molde).	3	por inspeccion	3	36	en plan de accion (simulacion)
horneado	horno no trabaja con la temperatura deseada	producto defectuoso o producto en espera, mas desperdicio o tiempo de entrega	3	ausencia de mantenimiento preventivo	2	mantenimiento correctivo	4	24	en plan de accion (simulacion)
	paro no programado	producto en espera, tiempo de espera	3	ausencia de mantenimiento	2	mantenimiento correctivo	4	24	en plan de accion (simulacion)
descarga de modulares de los hornos	presencia de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	4	falta de higiene y aseo del operario, residuos de metal en el lavado de moldes.	1	por inspeccion	3	12	establecer programa de seguridad e higiene
	molde defectuoso	alteracion del volumen de cake horneado, aumento de costos de produccion, mas desperdicio	4	mal trato de operarios con moldes, producto de la dilatacion termica en el horneaje	5	por inspeccion	3	60	rediseño de moldes
	paro no programado	tiempo de entrega	4	actividad no balanceada, falta de recurso	2	por inspeccion	3	24	en plan de accion (simulacion)
enfriamiento de modulares	paro no programado	tiempo de entrega, posible daño del producto	3	desconocimiento y falta de estandarizacion del tiempo de enfriamiento	3	no hay	5	45	investigacion del producto
descarga de moldes de los modulares y desmoldaje de cake horneado	paro no programado	tiempo de entrega	3	actividad no balanceada, falta de recurso	2	no hay	5	30	en plan de accion (simulacion)
lavado de moldes	paro no programado	tiempo de entrega	3	actividad no balanceada, falta de recurso	3	no hay	5	45	en plan de accion (simulacion)

RELLENO									
preparación de cake en filas	adición de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	5	falta de higiene y aseo del operario	1	por inspeccion	3	15	en plan de accion (simulacion)
corte del cake	cortes irregulares en el cake	producto de baja calidad, posible rechazo del cliente	3	falta de estandarizacion	4	por inspeccion	3	36	en plan de accion (simulacion)
embarrado de jarabe	cantidades irregulares en el cake	producto de baja calidad, posible rechazo del cliente	4	falta de estandarizacion	3	por inspeccion	3	36	en plan de accion (simulacion)
rellenado de manjar	cantidades irregulares en el cake	producto de baja calidad, posible rechazo del cliente	4	falta de estandarizacion	5	por inspeccion	3	60	en plan de accion (simulacion)
cargar cake relleno en gavetas	adición de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	5	falta de higiene y aseo del operario	1	por inspeccion	3	15	en plan de accion (simulacion)

GLACE									
descarga de cake	adicion de cuerpos extraños	producto de baja calidad, rechazo del cliente	5	falta de higiene y aseo del operario	1	por inspeccion	3	15	establecer programa de seguridad e higiene
	mucho esfuerzo y recorrido	tiempo de entrega, daño fisico del operario	4	condiciones espaciales de la planta, no simplificacion ni automatizacion	5	no hay	5	100	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico
fileteado de cake	cantidad excesiva de vestigios de torta	baja productividad	2	moldes de horneado defectuosos	5	por inspeccion	3	30	en plan de accion (simulacion)
	elevado producto en proceso	baja productividad	2	no balanceo de la actividad y simplificacion	4	por inspeccion	3	24	en plan de accion (simulacion)
bañado de cake	cantidades irregulares de glace en el cake (desperdicio de glace)	baja productividad	3	no estandarizacion	3	por inspeccion	3	27	en plan de accion (simulacion)
	elevado producto en proceso	baja productividad	2	no balanceo de la actividad y simplificacion	4	por inspeccion	3	24	en plan de accion (simulacion)
decorado de torta	cantidades irregulares de glace en el cake (desperdicio de glace)	baja productividad	3	no estandarizacion	3	por inspeccion	3	27	en plan de accion (simulacion)
	elevado producto en proceso	baja productividad	2	no balanceo de la actividad y simplificacion	5	por inspeccion	3	30	en plan de accion (simulacion)
	paro no programado	tiempo de entrega	4	falta de habilidad y destreza en decorar	4	por inspeccion	3	48	en plan de accion (simulacion)
perchado de torta	mucho esfuerzo y recorrido	daño fisico del operario	3	condiciones espaciales de la planta, no simplificacion ni automatizacion	5	no hay	5	75	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico

ADUANA									
poner tortas en modulares	golpes caidas que sufre el producto	reproceso	3	mal manejo de tortas	2	no hay	5	30	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico
inspeccion	falla en la inspeccion	torta llega al punto de venta en mal estado, cliente insatisfecho	4	error humano, ineficiencia en el proceso de tortas	2	no hay	5	40	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico
registro de salida	falla de registro	atrazo	4	error humano, caida del sistema	2	no hay	5	40	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico
	falla del destino de torta	reenvios entre punto de ventas	4	error humano	1	no hay	5	20	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico
almacenaje para salida	golpes caidas que sufre el producto	reproceso	4	mal manejo de tortas	2	no hay	5	40	en plan de accion (simulacion), estudio ergonómico

## APÉNDICE B

### ESCALAS UTILIZADAS EN EL AMFE

<b>SEVERIDAD</b>	
No afecta el objetivo de calidad	1
Tiene influencia en el resultado	2
El cliente no llega a notar	3
El cliente no estaría satisfecho	4
El cliente no volvería otra vez	5
<b>OCURRENCIA</b>	
Muy remotor	1
Poco común que suceda	2
Es relativamente frecuente	3
Muy periódico	4
Casi siempre	5
<b>DETECCIÓN</b>	
Siempre	1
Generalmente	2
A veces, si, a veces, no	3
Existe probabilidad alta de no poder detectar y corregir la falla	4
Mecanismo poco confiable	5
<b>VALOR</b>	
Critico	5
Significativo	4 ó 5
Secundario	<= 3
<b>CARACTERÍSTICA A CONTROLAR</b>	
CRÍTICA	<b>D&gt;1</b>
SIGNIFICATIVA	<b>NPR&gt;20</b>
SECUNDARIA	<b>NPR&gt;45</b>
Nota: Ningún punto de control debe ser aprobado si cae dentro de estas categorías	

## APÉNDICE C

### TIEMPOS DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO

Tamaño	N	Opera c/u	Setup prog.	Desc	T. set- up c/u	infantil		diseño		carita payaso		glace	
						te	Te	te	Te	te	Te	te	Te
<b>MINI</b>	1	fileteado	3 min lote(10u)	traslado	0,3	0,7	<b>9,98</b>	0,7	<b>13,58</b>	0,7	<b>7,58</b>	0,7	<b>8,58</b>
	2	bañado	0,3 min cada (4u)	traslado a batidora	0,08	1,08		1,08		1,08			
	3	decorado	3 min cada (4u)	mescla glass	0,75	0,75		0,75		0,75			
		dibuj o typ				3,4		7		1		1	
		globos				0,4		0,4		0,4		0,4	
		filos				0,4		0,4		0,4		0,4	
		decorado				3		3		3		4	
		1 min cada (4u)	lavado manos		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25			
<b>CHICA</b>	1	fileteado	3 min lote(10u)	traslado	0,3	0,8	<b>15,88</b>	0,8	<b>23,48</b>	0,8	<b>11,98</b>	0,8	<b>12,48</b>
	2	bañado	0,4 min cada (3u)	traslado a batidora	1,13	2,63		2,63		2,63			
	3	decorado	1,8 min x (1u)	mescla glass	1,8	1,8		1,8		1,8			
		dibuj o typ				5		12		1,1		1,5	
		globos				0,5		0,5		0,5		0,5	
		filos				0,5		0,5		0,5		0,5	
		decorado				4,4		5		4,4		4,5	
		1 min cada (4u)	lavado manos		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25			
<b>NORMAL</b>	1	fileteado	3 min lote(10u)	traslado	0,3	1,3	<b>17,95</b>	1,3	<b>32,95</b>	1,3	<b>14,45</b>	1,3	<b>14,15</b>
	2	bañado	0,4 min cada (2u)	traslado a batidora	0,2	2,2		2,2		2,2			
	3	decorado	2,2 min x (1u)	mescla glass	2,2	2,2		2,2		2,2			
		dibuj+typ				5		20		1,5		2	
		globos				1		1		1		0,6	
	filos				1	1	1	0,6					



## APÉNDICE D

### CANTIDAD DE ARRIBOS POR PRODUCTO

		SEMANA DEL 15 AL 20 DE OCTUBRE DEL 2007					
No	Producto	Lun 15/10	Mar 16/10	Mier 17/10	Jue 18/10	Vier 19/10	Sab 20/10
1	E/E/CH/D	0	1	0	0	0	1
2	E/E/CH/IPG	0	0	0	0	0	1
3	E/E/M/D	0	0	0	0	0	0
4	E/E/M/IPG	1	0	0	0	0	0
5	E/E/N/D	2	1	1	2	6	4
6	E/E/N/IPG	2	1	2	1	7	4
7	E/E/R/D	2	0	0	1	8	5
8	E/E/R/IPG	0	1	0	0	10	10
9	E/E/T/D	0	0	0	0	0	2
10	E/E/T/IPG	0	0	0	0	1	1
11	E/L/CH/D	0	1	0	0	0	0
12	E/L/CH/IPG	0	0	0	1	1	2
13	E/L/M/D	1	0	2	1	1	1
14	E/L/M/IPG	1	0	0	0	0	0
15	E/L/N/D	1	1	1	0	10	3
16	E/L/N/IPG	1	0	2	2	5	4
17	E/L/R/D	1	2	2	3	26	15
18	E/L/R/IPG	1	4	0	2	29	12
19	E/L/T/D	0	0	0	0	3	1
20	E/L/T/IPG	0	1	0	0	5	2
21	V/E/CH/D	1	0	0	0	1	0
22	V/E/CH/IPG	15	0	3	2	0	29
23	V/E/M/D	0	0	0	0	3	0
24	V/E/M/IPG	0	0	0	0	0	0
25	V/E/N/D	2	1	1	1	5	2
26	V/E/N/IPG	19	8	1	3	0	12
27	V/E/R/D	0	0	0	3	3	0
28	V/E/R/IPG	3	7	0	0	2	10
29	V/E/T/D	0	0	0	0	0	0
30	V/E/T/IPG	0	0	0	1	0	0
31	V/L/CH/D	0	0	7	0	5	2
32	V/L/CH/IPG	30	0	5	36	39	85
33	V/L/M/D	1	4	0	0	3	1
34	V/L/M/IPG	5	8	0	18	25	23
35	V/L/N/D	1	0	3	7	16	3
36	V/L/N/IPG	32	10	11	28	36	27
37	V/L/R/D	0	0	0	6	10	3
38	V/L/R/IPG	3	14	4	25	31	9
39	V/L/T/D	0	0	0	0	0	0
40	V/L/T/IPG	0	0	0	2	2	1
	<b>TOTAL</b>	<b>125</b>	<b>65</b>	<b>45</b>	<b>145</b>	<b>293</b>	<b>275</b>

SUPERVISOR RESPONSABLE \_\_\_\_\_

		SEMANA DEL 22 AL 27 DE OCTUBRE DEL 2007					
No	Producto	Lun 22/10	Mar 23/10	Mier 24/10	Jue 25/10	Vier 26/10	Sab 27/10
1	E/E/CH/D	0	0	0	0	2	1
2	E/E/CH/IPG	0	0	0	0	3	1
3	E/E/M/D	0	0	0	0	0	2
4	E/E/M/IPG	0	0	0	0	0	0
5	E/E/N/D	1	0	0	2	5	4
6	E/E/N/IPG	1	0	1	1	7	4
7	E/E/R/D	1	0	0	1	3	4
8	E/E/R/IPG	0	1	0	0	8	8
9	E/E/T/D	0	0	0	0	0	1
10	E/E/T/IPG	0	0	0	0	2	1
11	E/L/CH/D	0	0	1	0	1	0
12	E/L/CH/IPG	0	0	1	1	1	2
13	E/L/M/D	0	0	0	1	0	0
14	E/L/M/IPG	0	0	0	0	0	0
15	E/L/N/D	2	0	2	0	10	3
16	E/L/N/IPG	2	1	1	2	5	4
17	E/L/R/D	1	1	0	2	20	19
18	E/L/R/IPG	1	3	0	3	27	10
19	E/L/T/D	0	1	0	0	2	1
20	E/L/T/IPG	0	0	1	0	2	2
21	V/E/CH/D	6	0	0	0	5	0
22	V/E/CH/IPG	15	0	4	3	1	25
23	V/E/M/D	0	0	0	0	1	0
24	V/E/M/IPG	16	0	0	0	0	0
25	V/E/N/D	1	1	1	1	2	2
26	V/E/N/IPG	19	8	1	6	2	12
27	V/E/R/D	0	0	0	4	2	0
28	V/E/R/IPG	0	9	0	0	0	15
29	V/E/T/D	0	0	0	0	0	0
30	V/E/T/IPG	0	0	0	0	6	0
31	V/L/CH/D	0	0	5	0	1	1
32	V/L/CH/IPG	30	3	1	38	35	80
33	V/L/M/D	0	0	0	0	5	1
34	V/L/M/IPG	16	12	1	19	22	27
35	V/L/N/D	1	2	5	0	11	5
36	V/L/N/IPG	22	6	11	33	45	34
37	V/L/R/D	0	0	0	7	12	4
38	V/L/R/IPG	3	13	5	27	30	8
39	V/L/T/D	0	0	0	0	0	1
40	V/L/T/IPG	0	0	0	0	0	1
	<b>TOTAL</b>	<b>138</b>	<b>61</b>	<b>41</b>	<b>151</b>	<b>278</b>	<b>283</b>

SUPERVISOR RESPONSABLE \_\_\_\_\_

**SEMANA DEL 29 DE OCT. AL 3 DE NOV. DEL 2007**

No	Producto	Lun 29/10	Mar 30/10	Mier 31/10	Jue 01/11	Vier 02/11	Sab 03/11
1	E/E/CH/D	0	1	1	1	0	0
2	E/E/CH/IPG	2	0	3	3	4	2
3	E/E/M/D	1	1	1	1	1	1
4	E/E/M/IPG	0	1	0	1	2	0
5	E/E/N/D	1	1	1	1	5	4
6	E/E/N/IPG	1	1	2	1	4	4
7	E/E/R/D	0	1	1	0	5	1
8	E/E/R/IPG	1	0	1	1	4	4
9	E/E/T/D	1	0	1	0	1	0
10	E/E/T/IPG	1	0	1	0	0	0
11	E/L/CH/D	1	1	0	1	1	1
12	E/L/CH/IPG	2	2	3	1	2	2
13	E/L/M/D	0	1	0	1	1	2
14	E/L/M/IPG	0	1	1	0	2	2
15	E/L/N/D	2	1	2	0	10	3
16	E/L/N/IPG	2	2	3	2	5	4
17	E/L/R/D	0	1	1	0	23	13
18	E/L/R/IPG	0	2	1	0	25	6
19	E/L/T/D	1	0	1	0	0	0
20	E/L/T/IPG	1	0	0	0	0	0
21	V/E/CH/D	3	1	1	2	8	1
22	V/E/CH/IPG	10	0	7	9	0	18
23	V/E/M/D	0	1	0	1	5	0
24	V/E/M/IPG	8	1	0	1	0	1
25	V/E/N/D	1	0	0	2	5	1
26	V/E/N/IPG	15	4	0	0	2	9
27	V/E/R/D	1	1	1	2	0	0
28	V/E/R/IPG	2	2	1	1	1	8
29	V/E/T/D	1	0	1	0	1	0
30	V/E/T/IPG	1	0	1	0	0	0
31	V/L/CH/D	1	1	12	2	8	1
32	V/L/CH/IPG	22	0	8	32	41	71
33	V/L/M/D	1	1	1	0	7	0
34	V/L/M/IPG	6	5	0	10	15	17
35	V/L/N/D	0	1	7	7	22	7
36	V/L/N/IPG	32	10	6	33	28	34
37	V/L/R/D	1	1	1	5	5	2
38	V/L/R/IPG	0	10	3	14	35	7
39	V/L/T/D	1	0	1	0	1	0
40	V/L/T/IPG	1	0	1	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>56</b>	<b>76</b>	<b>135</b>	<b>279</b>	<b>226</b>

SUPERVISOR RESPONSABLE \_\_\_\_\_

**SEMANA DEL 5 AL 10 DE NOVIEMBRE DEL 2007**

No	Producto	Lun 05/11	Mar 06/11	Mier 07/11	Jue 08/11	Vier 09/11	Sab 10/11
1	E/E/CH/D	1	0	1	1	2	1
2	E/E/CH/IPG	0	1	1	2	1	2
3	E/E/M/D	0	0	0	0	0	0
4	E/E/M/IPG	0	0	2	0	1	2
5	E/E/N/D	1	1	2	2	4	4
6	E/E/N/IPG	1	1	3	0	6	4
7	E/E/R/D	1	0	0	0	1	1
8	E/E/R/IPG	0	1	0	1	6	3
9	E/E/T/D	0	1	0	1	0	0
10	E/E/T/IPG	0	1	0	1	0	0
11	E/L/CH/D	0	0	1	1	1	1
12	E/L/CH/IPG	0	0	0	1	2	3
13	E/L/M/D	0	0	1	1	0	1
14	E/L/M/IPG	0	0	0	2	0	0
15	E/L/N/D	2	1	2	0	10	3
16	E/L/N/IPG	2	1	3	2	5	4
17	E/L/R/D	0	1	0	1	18	8
18	E/L/R/IPG	0	1	0	1	22	3
19	E/L/T/D	0	0	0	1	0	0
20	E/L/T/IPG	0	0	0	1	0	0
21	V/E/CH/D	11	0	0	0	3	1
22	V/E/CH/IPG	9	1	2	5	2	23
23	V/E/M/D	1	0	1	0	7	1
24	V/E/M/IPG	2	0	2	0	1	0
25	V/E/N/D	0	1	1	0	7	3
26	V/E/N/IPG	21	11	2	3	3	18
27	V/E/R/D	1	0	0	0	0	2
28	V/E/R/IPG	2	2	0	1	0	6
29	V/E/T/D	0	1	0	1	0	1
30	V/E/T/IPG	0	1	0	0	0	1
31	V/L/CH/D	0	0	4	0	4	3
32	V/L/CH/IPG	27	2	2	29	36	68
33	V/L/M/D	0	5	0	1	5	2
34	V/L/M/IPG	10	6	3	12	27	22
35	V/L/N/D	2	1	5	15	16	5
36	V/L/N/IPG	39	15	16	38	36	39
37	V/L/R/D	0	0	0	1	5	1
38	V/L/R/IPG	3	6	0	15	25	4
39	V/L/T/D	0	1	0	1	0	0
40	V/L/T/IPG	0	1	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>64</b>	<b>54</b>	<b>141</b>	<b>256</b>	<b>240</b>

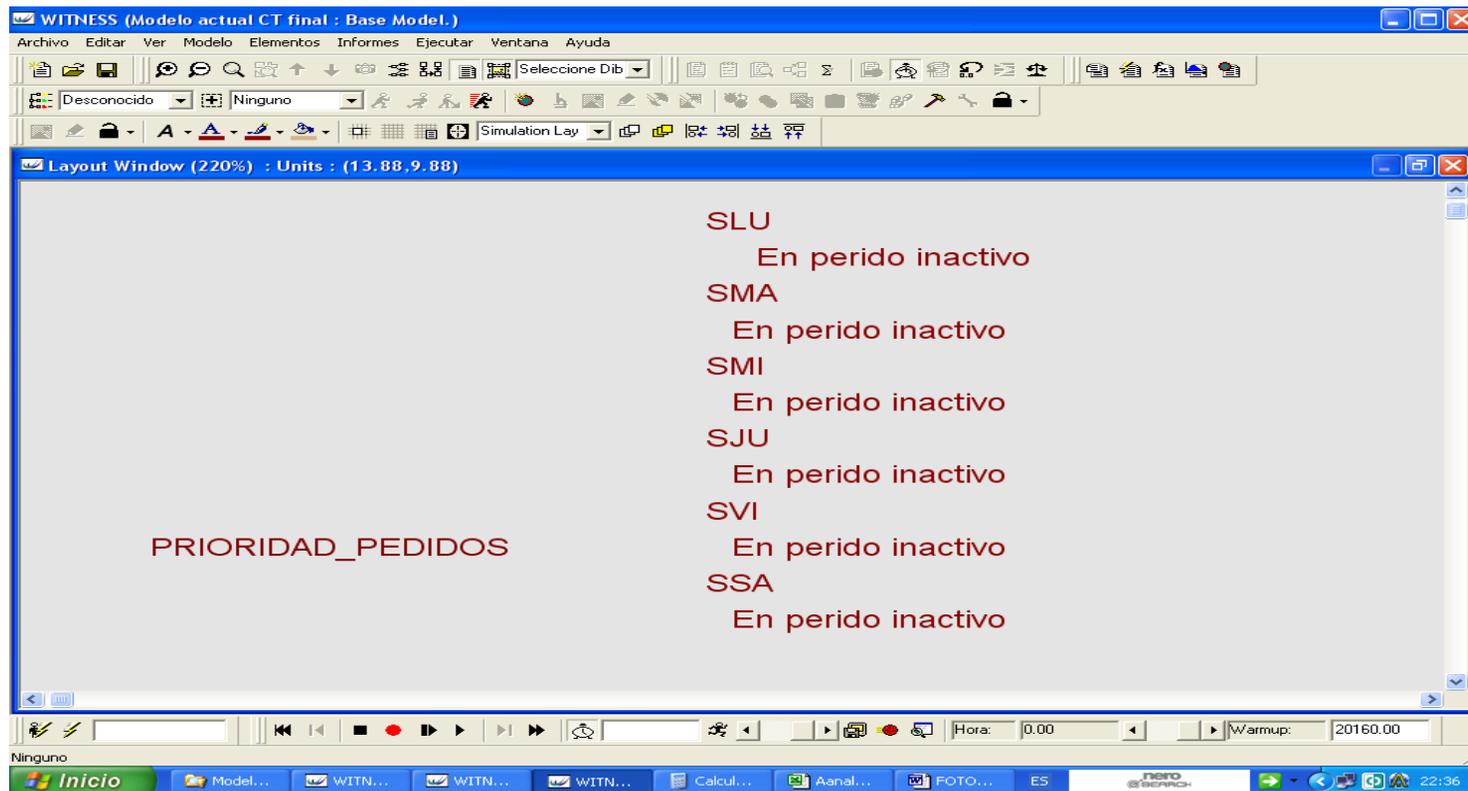
SUPERVISOR RESPONSABLE \_\_\_\_\_





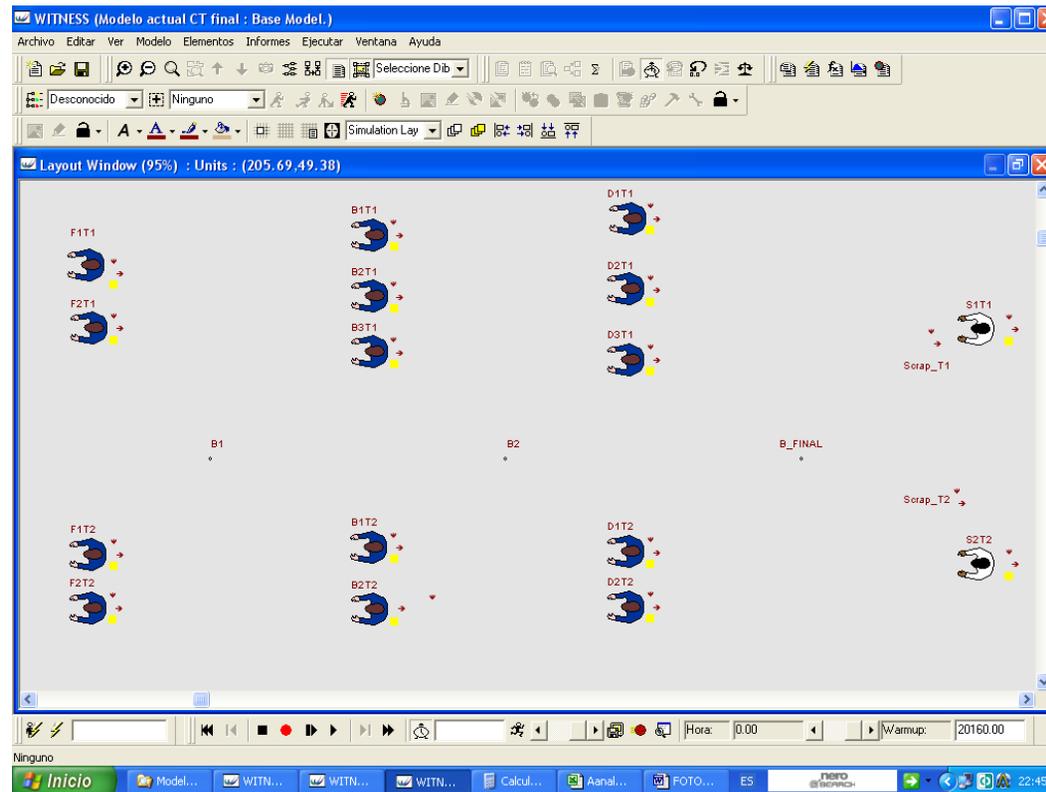
# APÉNDICE G

## ARRIBO DE ENTIDADES Y PRIORIDAD



# APÉNDICE H

## DISTRIBUCIÓN RECURSO MODELO ACTUAL



## APÉNDICE I

### TIEMPO DE CICLO DE UN PEDIDO

Guayaquil 20 Agosto 2007

Tipo de Torta: Especial normal de diseño

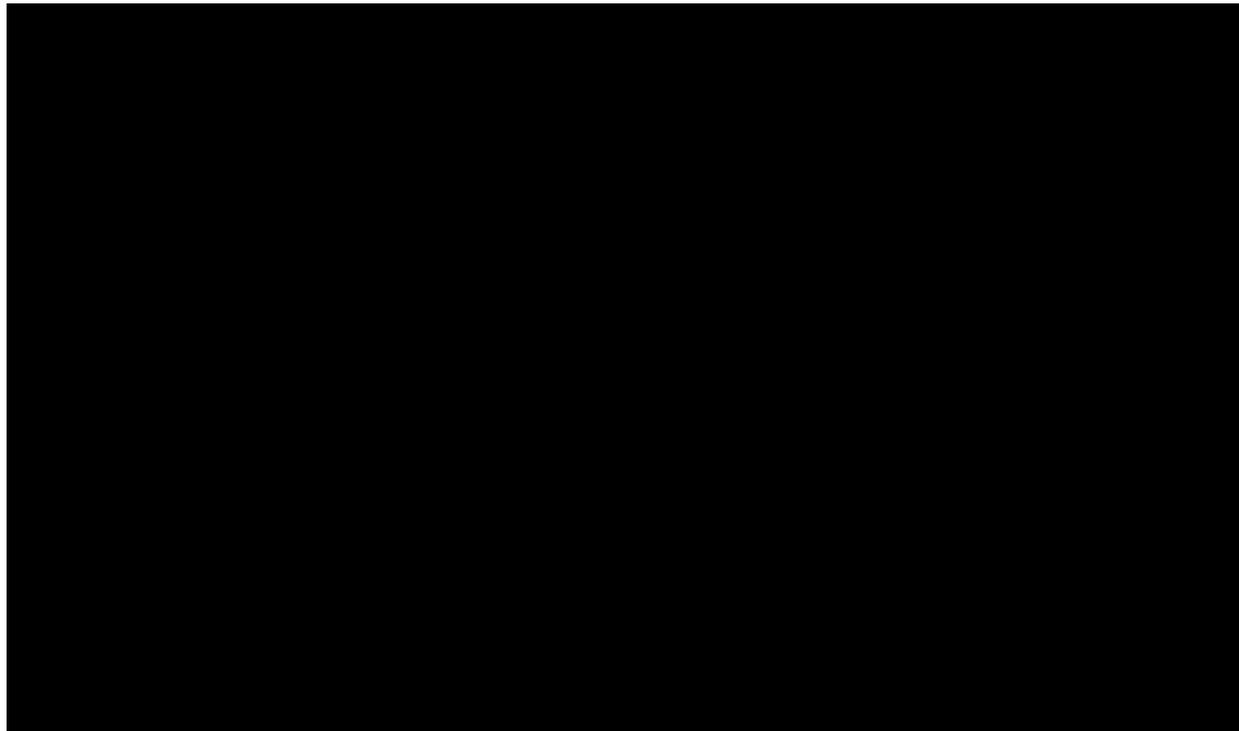
Tipo de venta: Cantonal

Supervisor: Ing. Fabricio Ullauri

N	Fecha	Turno	Hr.Input	Hr.output	CT(hrs)	CT(min)
1	Jue, 3 may 2007	II	10:00 PM	8:30 AM	14.5	870
2	Vier, 4 may 2007	II	7:30 PM	7:00 AM	14.6	876
3	Sab, 5 may 2007	II	10:00 PM	7:30 AM	14	840
4	Mier, 23 may 2007	II	7:00 PM	8:00 AM	15	900
5	Juev, 24 may 2007	II	7:00 PM	7:00 AM	15.5	930
6	Vier, 25 may 2007	II	9:30 PM	8:30 AM	15	900
7	Vier, 8 jun 2007	II	10:00 PM	8:30 AM	13	780
8	Sab, 9 jun 2007	II	8:30 PM	8:00 AM	15	900
9	Juev, 14 jun 2007	II	8:00 PM	9:00 AM	14	840
10	Vier, 15 jun 2007	II	8:00 PM	8:00 AM	15	900
11	Juev, 28 jun 2007	II	10:00 PM	7:30 AM	14.8	888
12	Vier, 29 jun 2007	II	7:30 PM	7:00 AM	15.8	948
13	Sab, 30 jun 2007	II	8:30 PM	8:00 AM	13.6	816
14	Mier, 15 ago 2007	II	10:00 PM	8:30 AM	14	840
15	Juev, 16 ago 2007	II	8:00 PM	8:30 AM	13.8	828
16	Vier, 17 ago 2007	II	9:00 PM	7:00 AM	15	900
17	Sab, 18 ago 2007	II	10:30 PM	8:00 AM	12.8	768
Total Promedio (Tiempo de Ciclo)					14.4	866
Total Desviación (Tiempo de Ciclo)					0.8	50

## APÉNDICE J

BALANCE ACTUAL DE LA LINEA DE TORTAS "GLACE"

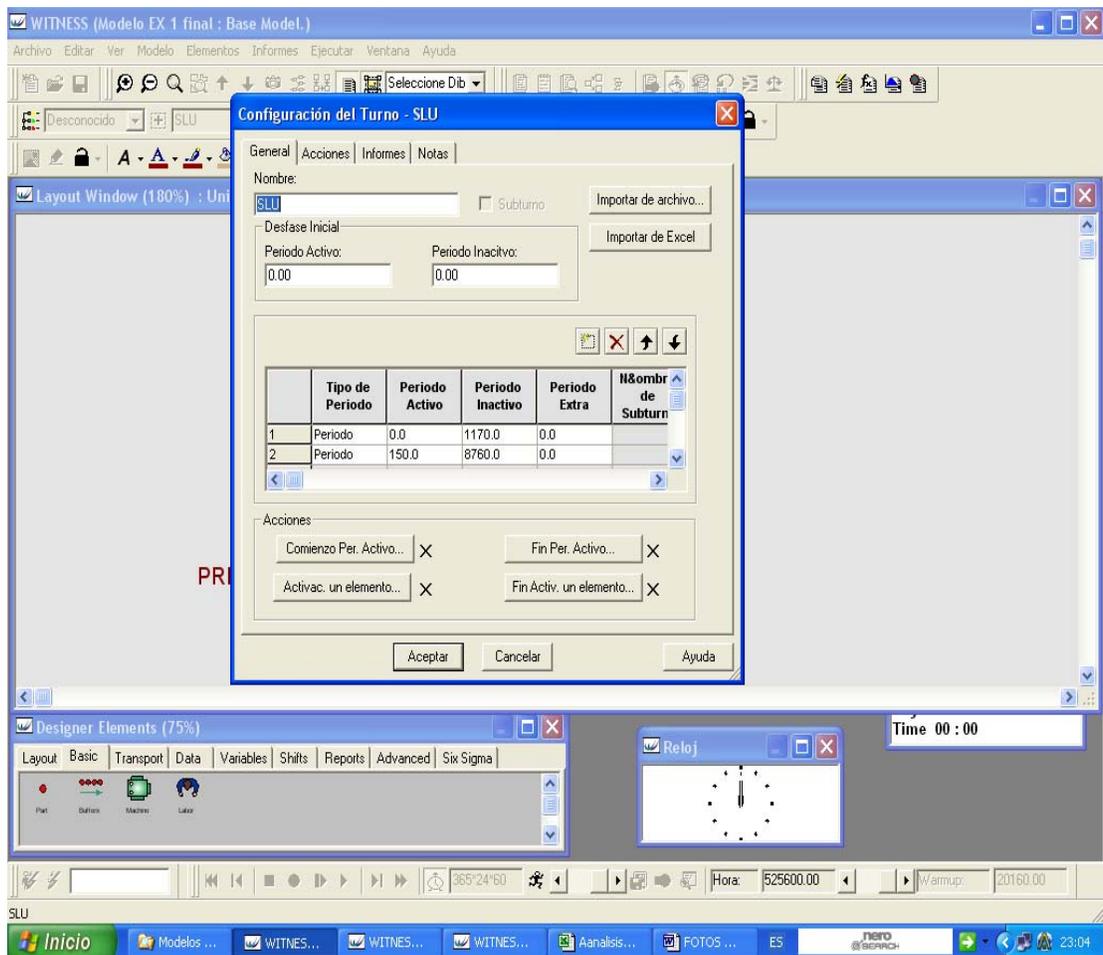


# APÉNDICE K

## DIFERENTES ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 1 Y EXPERIMENTO 2

### TIEMPO DE ARRIBO DE ENTIDADES

#### EX 1



## EX 2

WITNESS (Modelo EX 2 final : Base Model.)

Archivo Editar Ver Modelo Elementos Informes Ejecutar Ventana Ayuda

Seleccione Db

Desconocido SLU

Layout Window (170%) : Uni

### Configuración del Turno - SLU

General Acciones Informes Notas

Nombre: SLU  Subturno Importar de archivo...  
Importar de Excel

Desfase Inicial: 0.00  
Periodo Activo: 0.00 Periodo Inactivo: 0.00

	Tipo de Periodo	Periodo Activo	Periodo Inactivo	Periodo Extra	Nº de Subturno
1	Periodo	0.0	1020.0	0.0	
2	Periodo	300.0	8760.0	0.0	

Acciones

Comienzo Per. Activo... X Fin Per. Activo... X  
Activac. un elemento... X Fin Activ. un elemento... X

Aceptar Cancelar Ayuda

Designer Elements (75%)

Layout Basic Transport Data Variables Shifts Reports Advanced Six Sigma

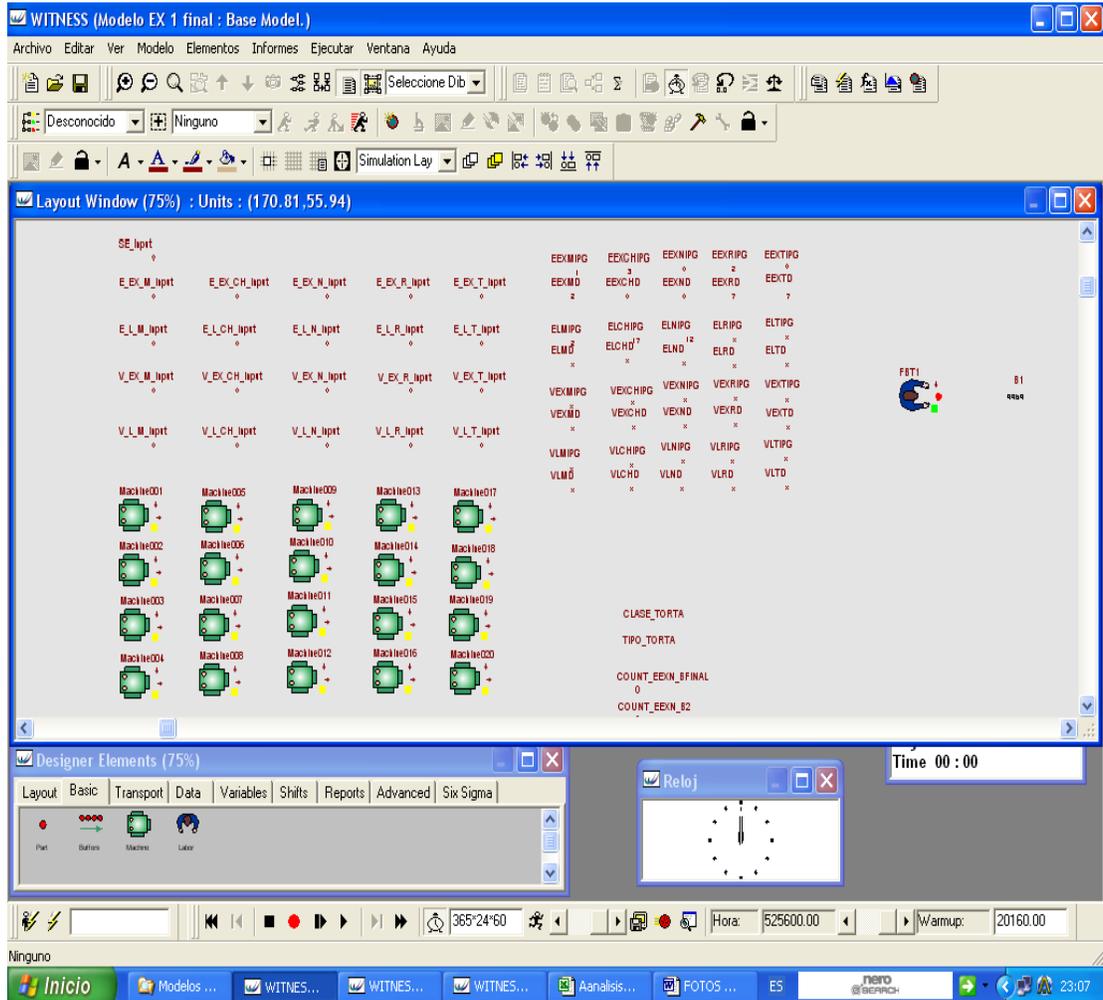
Reloj Time 00:00

365'24"60 Hora: 545760.00 Warmup: 20160.00

SLU

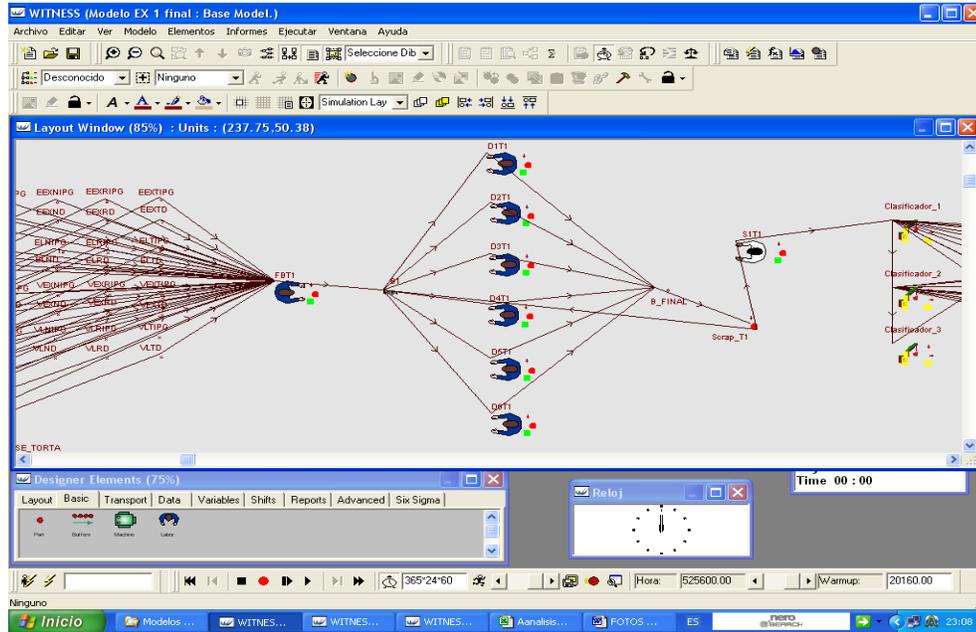
Inicio Modelos ... WITNES... WITNES... WITNES... Analisis... FOTOS ... ES nero @SEARCH 23:05

# CLASIFICADOR DE PEDIDOS IPG Y DECORADO

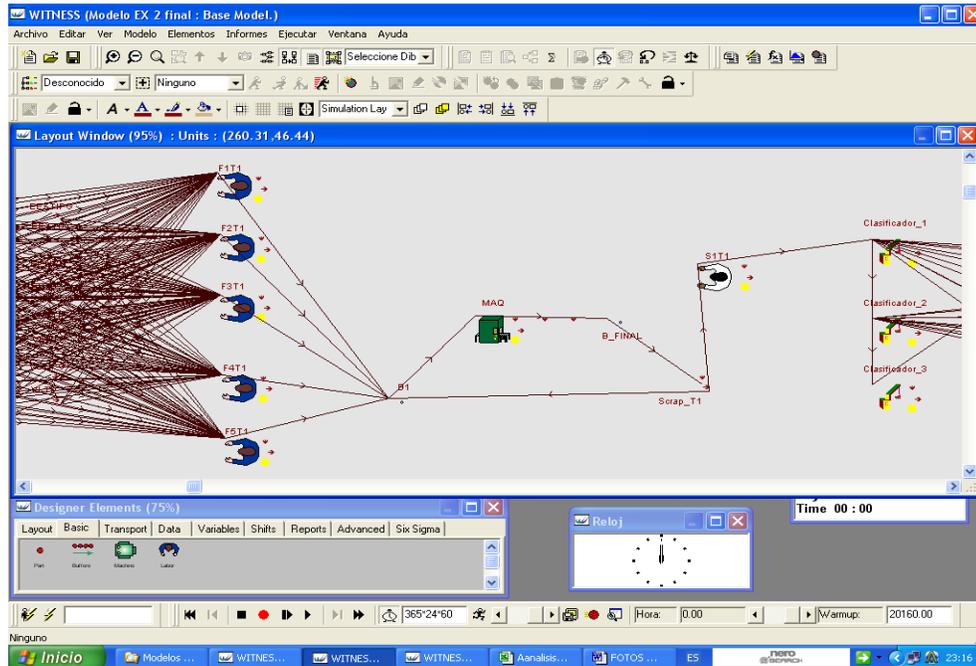


# BALANCEO DE LINEA

## EX 1

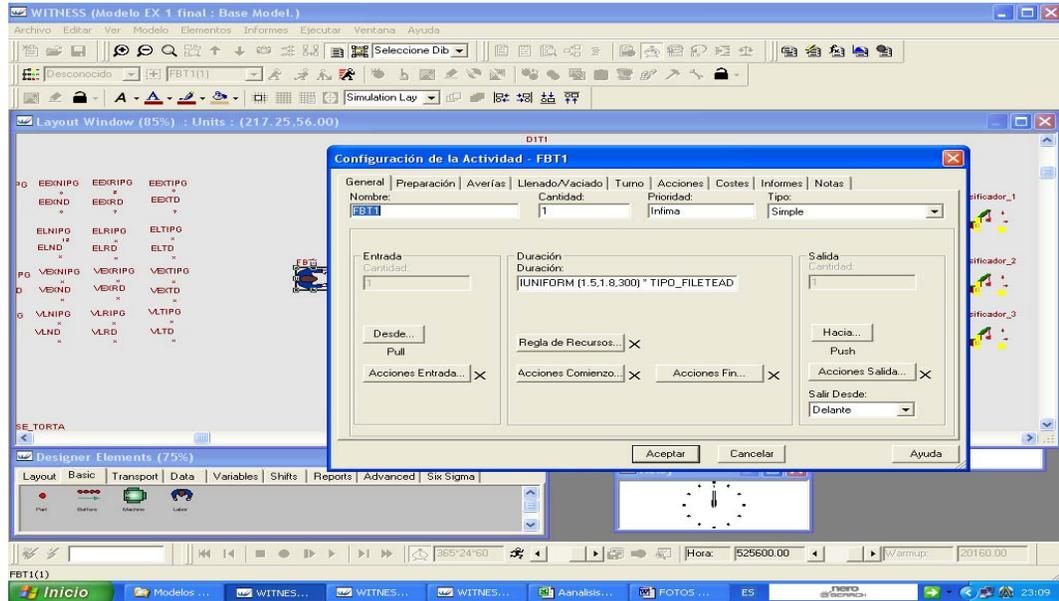


## EX 2

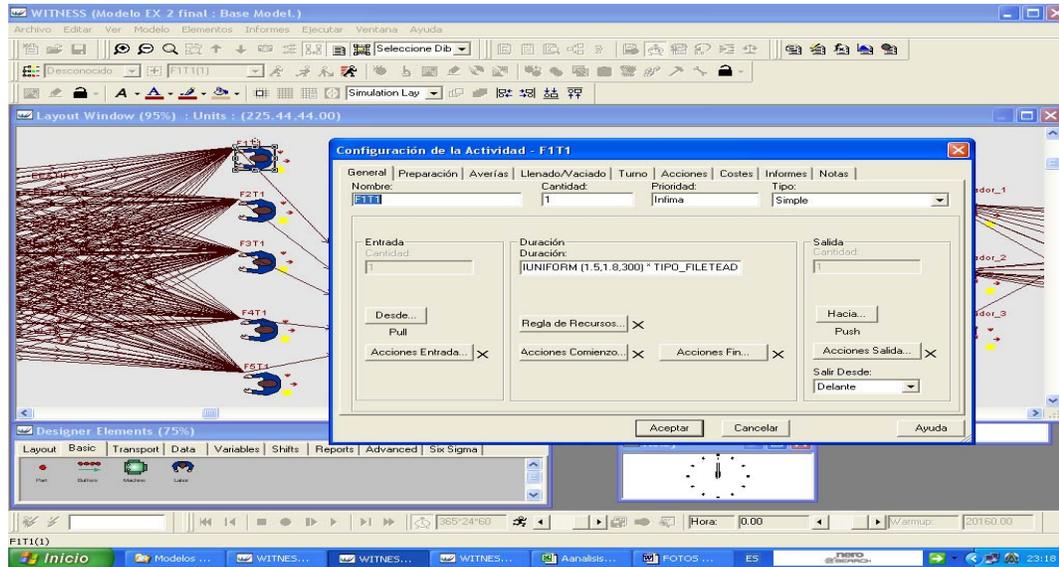


# CAPACIDAD FILETEADO Y BAÑADO

## EX 1

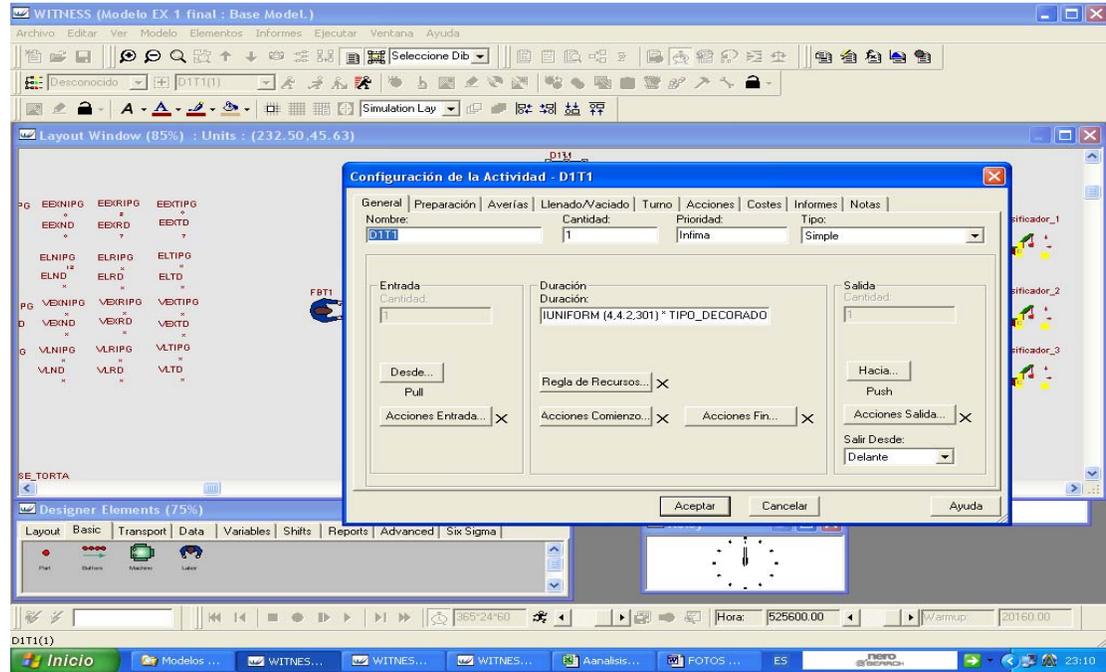


## EX 2

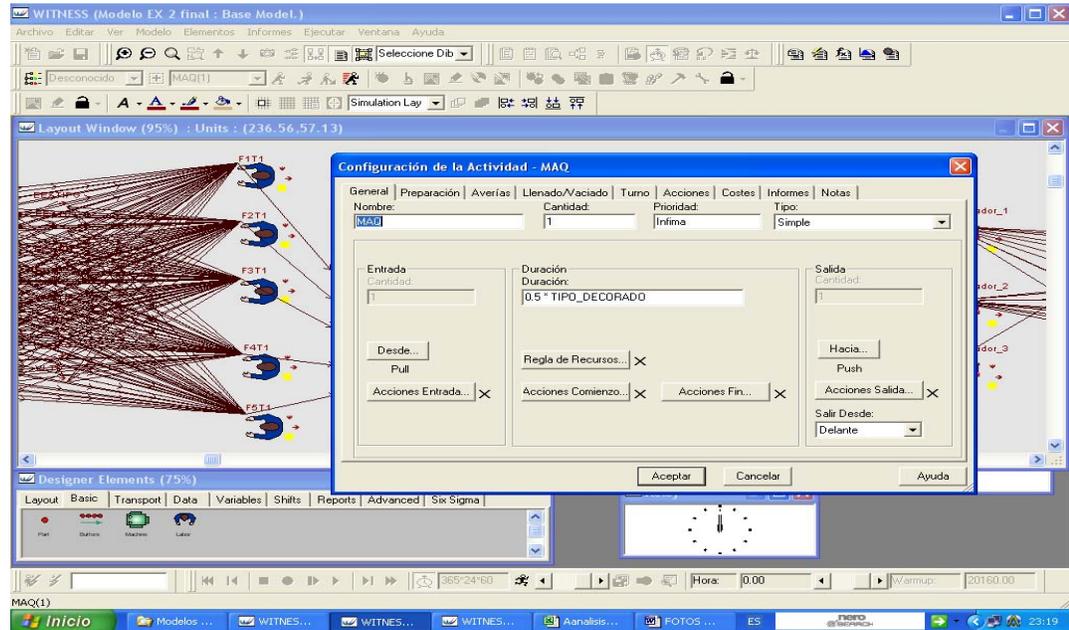


# CAPACIDAD DECORADO

## EX 1



## EX 2



## TURNO - RECURSO EX 1 Y EX 2

The screenshot displays the WITNESS software interface with the 'Configuración del Turno - SHIFT\_EX1\_LMMJVSD' dialog box open. The dialog box has tabs for 'General', 'Acciones', 'Informes', and 'Notas'. The 'General' tab is active, showing the following fields:

- Nombre: SHIFT\_EX1\_LMMJVSD
- Subturno:
- Desfase Inicial: 0.00
- Periodo Activo: 1290
- Periodo Inactivo: 150

Below these fields is a table with the following data:

	Tipo de Periodo	Periodo Activo	Periodo Inactivo	Periodo Extra	Nº de Subturno
1	Subturno	1290	150	0	turno_ex1
2	Subturno	1290	150	0	turno_ex1

At the bottom of the dialog box, there are buttons for 'Comienzo Per. Activo...', 'Fin Per. Activo...', 'Activac. un elemento...', and 'Fin Activ. un elemento...'. The 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Ayuda' buttons are at the very bottom.

The background shows the WITNESS main window with a 'Layout Window (75%)' and a 'Designer Elements (75%)' panel. The 'Designer Elements' panel has tabs for 'Layout', 'Basic', 'Transport', 'Data', 'Variables', 'Shifts', 'Reports', 'Advanced', and 'Six Sigma'. A 'Reloj' (clock) window is also visible, showing 'Time 00:00'. The status bar at the bottom indicates 'Hora: 5:25:00.00' and 'Warmup: 20160.00'.

# AVERIA MÁQUINA

WITNESS (Modelo EX 2 final : Base Model.)

Archivo Editar Ver Modelo Elementos Informes Ejecutar Ventana Ayuda

Desconocido MAQ(1) Seleccione Dtb

Simulation Lay

Layout Window (95%) : Units : (240.88,44.50)

Configuración de la Actividad - MAQ

General Preparación Averías Llenado/Vaciado Turno Acciones Costes Informes Notas

	Descripción	Comprobar al comienzo del ciclo	Modo de averías			D	
			Modo	Número de Ciclos:	Tiempo entre Averías:	Acciones tras Avería	Regla de Recursos
1	prepa	<input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo oc		24 * 60	N	N
2	piston roto	<input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo oc		25 * 24 * 60	N	N
3	rebobinado	<input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo oc		25 * 24 * 60	N	N

Factores de Avería

Activar Averías

Intervalo entre Averías: Indefinido

Duración de la Avería: Indefinido

Aceptar Cancelar Ayuda

Designer Elements (75%)

Layout Basic Transport Data Variables Shifts Reports Advanced Six Sigma

Plot Buttons Macros Lata

365\*24\*60 Hora: 0.00 Warmup: 20160.00

MAQ(1)

Inicio Modelos ... WITNES... WITNES... WITNES... Analisis... FOTOS ... ES nero @espanca 23:20

# APÉNDICE L

## ANÁLISIS DE CAPACIDAD EX 1 (2011 / 2012)

Producto	%	Diseño	Capacidad Instalada	Capacidad Real	9 8 %				9 %			
					Incremento ==>				Incremento ==>			
					Capacidad				Capacidad			
2 0 1 1				2 0 1 2								
und / hr	und / hr	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.			
MINI	2.0%	IPG	40.00	39	1,338	1,508	34	1	1,459	1,508	37	2
MINI	4.0%	D	31.75	31	2,677	3,017	86	4	2,918	3,017	94	4
CHICA	10.0%	IPG	35.71	35	6,692	7,542	191	8	7,294	7,542	208	9
CHICA	22.0%	D	18.63	18	14,722	16,592	806	34	16,047	16,592	879	37
NORMAL	15.0%	IPG	29.07	28	10,038	11,313	352	15	10,941	11,313	384	16
NORMAL	20.0%	D	12.68	12	13,383	15,084	1,077	45	14,588	15,084	1,173	49
RECTANGULAR	6.0%	IPG	22.32	22	4,015	4,525	184	8	4,376	4,525	200	8
RECTANGULAR	11.0%	D	7.96	8	7,361	8,296	944	39	8,023	8,296	1,029	43
TRIPLE	2.0%	IPG	19.76	19	1,338	1,508	69	3	1,459	1,508	75	3
TRIPLE	8.0%	D	6.98	6.8	5,353	6,033	782	33	5,835	6,033	852	36

Total %	100.0%											
Demanda (unid.)			66,917	75,419					72,940	75,419		
Total Hrs Req					4,525	189				4,932	206	
Total Hrs Presupuest.					5,100	213				5,100	213	
Numero trabajadores					8	0				8	0	
Ventas semanales					52	0				52	0	
Hrs. Trabajadas por semana					1,440	60				1,440	60	
Sobret. Hrs por semana					0	0				0	0	
Días disponibles al mes					260	260				260	260	
Horas disponibles al mes					6,240	260				6,240	260	
Horas programadas					996	42				996	42	
Horas no programadas (fallas)					144	6				144	6	
Horas corriendo					5,244	219				5,244	219	
Horas actuales					5,100	213				5,100	213	
% Cumplimiento							113%					103%
TH actual (unid/hr)			14.8						14.8			
TH Presupuest. (unid/hr)			13.1						14.3			
Var TH			1.7						0.5			

## APÉNDICE M

### HORAS PRESUPUESTADAS EXPERIMENTO 1

AÑO 2010	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010
<b>Total horas presupuestadas</b>	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	72	78	90	78	72	96	72	78	90	78	72	120	996	42
Horas no planif. de fallos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	6
Horas corriendo	408	402	510	402	408	504	408	402	510	402	408	480	5,244	219
Horas actuales(real)	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213

AÑO 2011	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
<b>Total horas presupuestadas</b>	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	72	78	90	78	72	96	72	78	90	78	72	120	996	42
Horas no planif. de fallos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	6
Horas corriendo	408	402	510	402	408	504	408	402	510	402	408	480	5,244	219
Horas actuales(real)	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213

<b>AÑO 2012</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2012</b>	<b>2012</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	72	78	90	78	72	96	72	78	90	78	72	120	996	42
Horas no planif. de fallos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	6
Horas corriendo	408	402	510	402	408	504	408	402	510	402	408	480	5,244	219
Horas actuales(real)	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213

<b>AÑO 2013</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2013</b>	<b>2013</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	72	78	90	78	72	96	72	78	90	78	72	120	996	42
Horas no planif. de fallos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	6
Horas corriendo	408	402	510	402	408	504	408	402	510	402	408	480	5,244	219
Horas actuales(real)	396	390	498	390	396	492	396	390	498	390	396	468	5,100	213

## APÉNDICE N

### HORAS PRESUPUESTADAS EXPERIMENTO 2

AÑO 2010	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Total horas presupuestadas	382	375	480	373	382	475	380	373	482	375	380	449	4,904	204
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	82	88	103	88	82	109	82	88	103	88	82	133	1,126	47
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	398	392	498	392	398	492	398	392	498	392	398	468	5,114	213
Horas actuales(real)	382	375	480	373	382	475	380	373	482	375	380	449	4,904	204

AÑO 2011	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Total horas presupuestadas	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2012</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2012</b>	<b>2012</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2013</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2013</b>	<b>2013</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2014</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2015</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
Total horas presupuestadas	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2016</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
Total horas presupuestadas	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2017</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	436	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,271	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	455	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	436	4,760	198

<b>AÑO 2018</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
<b>Total horas presupuestadas</b>	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2019</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
Total horas presupuestadas	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

<b>AÑO 2020</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
	<b>2014</b>	<b>2014</b>												
Total horas presupuestadas	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198
Número trabajadores	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ventas semanales	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	52	
Hrs. Trabajadas por semana	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1,440	60
Sobret. Hrs. por semana													0	0
Días disponibles al mes	20	20	25	20	20	25	20	20	25	20	20	25	260	260
Horas disponibles al mes	480	480	600	480	480	600	480	480	600	480	480	600	6,240	260
Horas planificadas de fallo	94	100	115	100	94	121	94	100	115	100	94	145	1,270	53
Horas no planif. de fallos	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	210	9
Horas corriendo	386	380	486	380	386	480	386	380	486	380	386	456	4,970	207
Horas actuales(real)	370	363	468	361	370	463	368	361	470	363	368	437	4,760	198

# APÉNDICE O

## ANÁLISIS DE CAPACIDAD EX 2 (2011 – 2019)

Producto	%	Diseño	Capacidad Instalada	Capacidad Real	9 8 %				9%				9%				9%			
					Increme ==>				Increme ==>				Increme ==>				Increme ==>			
					Capacidad				Capacidad				Capacidad				Capacidad			
und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr	und / hr		
MINI	2.0%	IPG	120.00	118	1,338	2,870	11	0	1,459	2,870	12	1	1,590	2,870	14	1	1,733	2,870	15	1
MINI	4.0%	D	63.49	62	2,677	5,741	43	2	2,918	5,741	47	2	3,180	5,741	51	2	3,466	5,741	56	2
CHICA	10.0%	IPG	85.71	84	6,692	14,352	80	3	7,294	14,352	87	4	7,950	14,352	95	4	8,666	14,352	103	4
CHICA	22.0%	D	37.27	37	14,722	31,575	403	17	16,047	31,575	439	18	17,491	31,575	479	20	19,065	31,575	522	22
NORMAL	15.0%	IPG	69.77	68	10,038	21,529	147	6	10,941	21,529	160	7	11,926	21,529	174	7	12,999	21,529	190	8
NORMAL	20.0%	D	25.37	25	13,383	28,705	538	22	14,588	28,705	587	24	15,901	28,705	640	27	17,332	28,705	697	29
RECTANGULAR	6.0%	IPG	53.57	53	4,015	8,611	76	3	4,376	8,611	83	3	4,770	8,611	91	4	5,200	8,611	99	4
RECTANGULAR	11.0%	D	15.92	16	7,361	15,788	472	20	8,023	15,788	514	21	8,745	15,788	561	23	9,533	15,788	611	25
TRIPLE	2.0%	IPG	23.72	23	1,338	2,870	58	2	1,459	2,870	63	3	1,590	2,870	68	3	1,733	2,870	75	3
TRIPLE	8.0%	D	13.97	13.7	5,353	11,482	391	16	5,835	11,482	426	18	6,360	11,482	465	19	6,933	11,482	506	21

Total %	100.0%																			
Demanda (unid.)					66,917	143,525			72,940	143,525			79,505	143,525			86,660	143,525		
Total Hrs Req							2,219	92			2,419	101			2,637	110			2,874	120
Total Hrs Presupuest.							4,760	198			4,760	198			4,760	198			4,760	198
Numero trabajadores							8	0			8	0			8	0			8	0
Ventas semanales							52	0			52	0			52	0			52	0
Hrs. Trabajadas por semana							1,440	60			1,440	60			1,440	60			1,440	60
Sobret. Hrs por semana							0	0			0	0			0	0			0	0
Dias disponibles al mes				72,448			260	260			260	260			260	260			260	260
Horas disponibles al mes				68,106			6,240	260			6,240	260			6,240	260			6,240	260
Horas programadas							1,270	53			1,270	53			1,270	53			1,270	53
Horas no programadas(fallas)							210	9			210	9			210	9			210	9
Horas corriendo							4,970	207			4,970	207			4,970	207			4,970	207
Horas actuales (real)							4,760	198			4,760	198			4,760	198			4,760	198
% Cumplimiento							214%				197%				181%				166%	
TH actual (unid/hr)							30.2				30.2				30.2				30.2	
TH Presupuest. (unid/hr)							14.1				15.3				16.7				18.2	
Var TH							16.1				14.8				13.4				11.9	

Producto	%	Diseño	Increme ==>				9%				Increme ==>				9%											
			Capacidad								Capacidad								Capacidad							
			2 0 1 5								2 0 1 6								2 0 1 7							
			unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.	unid Fore.	Produ max	hr Req.	dias Req.								
MINI	2.0%	IPG	1,889	2,870	16	1	2,059	2,870	18	1	2,245	2,870	19	1												
MINI	4.0%	D	3,778	5,741	61	3	4,118	5,741	66	3	4,489	5,740	72	3												
CHICA	10.0%	IPG	9,446	14,352	112	5	10,296	14,352	123	5	11,223	14,351	134	6												
CHICA	22.0%	D	20,781	31,575	569	24	22,651	31,575	620	26	24,690	31,572	676	28												
NORMAL	15.0%	IPG	14,169	21,529	207	9	15,444	21,529	226	9	16,834	21,526	246	10												
NORMAL	20.0%	D	18,892	28,705	760	32	20,592	28,705	828	35	22,445	28,702	903	38												
RECTANGULAR	6.0%	IPG	5,668	8,611	108	4	6,178	8,611	118	5	6,734	8,611	128	5												
RECTANGULAR	11.0%	D	10,391	15,788	666	28	11,326	15,788	726	30	12,345	15,786	792	33												
TRIPLE	2.0%	IPG	1,889	2,870	81	3	2,059	2,870	89	4	2,245	2,870	97	4												
TRIPLE	8.0%	D	7,557	11,482	552	23	8,237	11,482	602	25	8,978	11,481	656	27												

<b>Total %</b>	<b>100.0%</b>															
<b>Demanda (unid.)</b>		<b>94,459</b>	<b>143,525</b>			<b>102,961</b>	<b>143,525</b>			<b>112,227</b>	<b>143,510</b>					
<b>Total Hrs Req</b>			<b>3,133</b>	<b>131</b>			<b>3,415</b>	<b>142</b>			<b>3,722</b>	<b>155</b>				
<b>Total Hrs Presupuest.</b>			<b>4,760</b>	<b>198</b>			<b>4,760</b>	<b>198</b>			<b>4,760</b>	<b>198</b>				
Numero trabajadores			8	0			8	0			8	0				
Ventas semanales			52	0			52	0			52	0				
Hrs. Trabajadas por semana			1,440	60			1,440	60			1,440	60				
Sobret. Hrs por semana			0	0			0	0			0	0				
Días disponibles al mes			260	260			260	260			260	260				
Horas disponibles al mes			6,240	260			6,240	260			6,240	260				
Horas programadas			1,270	53			1,270	53			1,271	53				
Horas no programadas(fallas)			210	9			210	9			210	9				
Horas corriendo			4,970	207			4,970	207			4,970	207				
Horas actuales (real)			4,760	198			4,760	198			4,760	198				
<b>% Cumplimiento</b>			0%	152%			0%	139%			0%	128%				
<b>TH actual (unid/hr)</b>		<b>30.2</b>				<b>30.2</b>				<b>30.2</b>						
<b>TH Presupuest. (unid/hr)</b>		<b>19.8</b>				<b>21.6</b>				<b>23.6</b>						
<b>Var TH</b>		<b>10.3</b>				<b>8.5</b>				<b>6.6</b>						



# APÉNDICE P

## RÉPLICAS EX 2

Réplica	Buffer output	Producción	Total
3	E_EX_M_output	2221	143582
3	E_L_M_output	2461	
3	V_EX_M_output	328	
3	V_L_M_output	678	
3	E_EX_CH_output	14665	
3	E_L_CH_output	18436	
3	V_EX_CH_output	8235	
3	V_L_CH_output	2082	
3	E_EX_N_output	18226	
3	E_L_N_output	18557	
3	V_EX_N_output	19837	
3	V_L_N_output	2230	
3	E_EX_R_output	8456	
3	E_L_R_output	11094	
3	V_EX_R_output	1038	
3	V_L_R_output	1538	
3	E_EX_T_output	5619	
3	E_L_T_output	6466	
3	V_EX_T_output	728	
3	V_L_T_output	687	
4	E_EX_M_output	2256	143173
4	E_L_M_output	2488	
4	V_EX_M_output	335	
4	V_L_M_output	620	
4	E_EX_CH_output	14656	
4	E_L_CH_output	18585	
4	V_EX_CH_output	8809	
4	V_L_CH_output	1989	
4	E_EX_N_output	18116	
4	E_L_N_output	18509	
4	V_EX_N_output	19671	
4	V_L_N_output	2223	
4	E_EX_R_output	8370	
4	E_L_R_output	10941	
4	V_EX_R_output	1005	
4	V_L_R_output	1371	
4	E_EX_T_output	5597	
4	E_L_T_output	6299	
4	V_EX_T_output	733	
4	V_L_T_output	600	

5	E_EX_M_output	2253	150059
5	E_L_M_output	2500	
5	V_EX_M_output	382	
5	V_L_M_output	711	
5	E_EX_CH_output	14607	
5	E_L_CH_output	18540	
5	V_EX_CH_output	13488	
5	V_L_CH_output	2192	
5	E_EX_N_output	18262	
5	E_L_N_output	18604	
5	V_EX_N_output	20135	
5	V_L_N_output	2553	
5	E_EX_R_output	8384	
5	E_L_R_output	11112	
5	V_EX_R_output	1157	
5	V_L_R_output	1584	
5	E_EX_T_output	5615	
5	E_L_T_output	6429	
5	V_EX_T_output	839	
5	V_L_T_output	712	
6	E_EX_M_output	2265	144641
6	E_L_M_output	2462	
6	V_EX_M_output	459	
6	V_L_M_output	666	
6	E_EX_CH_output	14634	
6	E_L_CH_output	18453	
6	V_EX_CH_output	9525	
6	V_L_CH_output	2079	
6	E_EX_N_output	18138	
6	E_L_N_output	18593	
6	V_EX_N_output	19643	
6	V_L_N_output	2285	
6	E_EX_R_output	8381	
6	E_L_R_output	11092	
6	V_EX_R_output	1098	
6	V_L_R_output	1508	
6	E_EX_T_output	5565	
6	E_L_T_output	6380	
6	V_EX_T_output	743	
6	V_L_T_output	672	

7	E_EX_M_output	2278	146384
7	E_L_M_output	2505	
7	V_EX_M_output	383	
7	V_L_M_output	608	
7	E_EX_CH_output	14604	
7	E_L_CH_output	18489	
7	V_EX_CH_output	11039	
7	V_L_CH_output	1987	
7	E_EX_N_output	18239	
7	E_L_N_output	18632	
7	V_EX_N_output	20030	
7	V_L_N_output	2193	
7	E_EX_R_output	8441	
7	E_L_R_output	11132	
7	V_EX_R_output	1040	
7	V_L_R_output	1390	
7	E_EX_T_output	5561	
7	E_L_T_output	6472	
7	V_EX_T_output	716	
7	V_L_T_output	645	
8	E_EX_M_output	2268	145236
8	E_L_M_output	2514	
8	V_EX_M_output	333	
8	V_L_M_output	640	
8	E_EX_CH_output	14583	
8	E_L_CH_output	18568	
8	V_EX_CH_output	10087	
8	V_L_CH_output	2043	
8	E_EX_N_output	18219	
8	E_L_N_output	18626	
8	V_EX_N_output	19839	
8	V_L_N_output	2200	
8	E_EX_R_output	8468	
8	E_L_R_output	11141	
8	V_EX_R_output	977	
8	V_L_R_output	1429	
8	E_EX_T_output	5534	
8	E_L_T_output	6422	
8	V_EX_T_output	718	
8	V_L_T_output	627	

9	E_EX_M_output	2254	143015
9	E_L_M_output	2539	
9	V_EX_M_output	302	
9	V_L_M_output	601	
9	E_EX_CH_output	14638	
9	E_L_CH_output	18595	
9	V_EX_CH_output	8497	
9	V_L_CH_output	1859	
9	E_EX_N_output	18102	
9	E_L_N_output	18638	
9	V_EX_N_output	19822	
9	V_L_N_output	2052	
9	E_EX_R_output	8522	
9	E_L_R_output	11022	
9	V_EX_R_output	932	
9	V_L_R_output	1339	
9	E_EX_T_output	5668	
9	E_L_T_output	6378	
9	V_EX_T_output	641	
9	V_L_T_output	614	
10	E_EX_M_output	2280	140972
10	E_L_M_output	2552	
10	V_EX_M_output	331	
10	V_L_M_output	589	
10	E_EX_CH_output	14597	
10	E_L_CH_output	18646	
10	V_EX_CH_output	6471	
10	V_L_CH_output	1782	
10	E_EX_N_output	18176	
10	E_L_N_output	18703	
10	V_EX_N_output	19852	
10	V_L_N_output	2038	
10	E_EX_R_output	8406	
10	E_L_R_output	10950	
10	V_EX_R_output	1008	
10	V_L_R_output	1323	
10	E_EX_T_output	5663	
10	E_L_T_output	6313	
10	V_EX_T_output	694	
10	V_L_T_output	598	

11	E_EX_M_output	2273	141617
11	E_L_M_output	2502	
11	V_EX_M_output	390	
11	V_L_M_output	587	
11	E_EX_CH_output	14656	
11	E_L_CH_output	18731	
11	V_EX_CH_output	6284	
11	V_L_CH_output	1946	
11	E_EX_N_output	18363	
11	E_L_N_output	18640	
11	V_EX_N_output	19551	
11	V_L_N_output	2280	
11	E_EX_R_output	8514	
11	E_L_R_output	11014	
11	V_EX_R_output	996	
11	V_L_R_output	1415	
11	E_EX_T_output	5719	
11	E_L_T_output	6371	
11	V_EX_T_output	736	
11	V_L_T_output	649	
12	E_EX_M_output	2272	145803
12	E_L_M_output	2490	
12	V_EX_M_output	390	
12	V_L_M_output	687	
12	E_EX_CH_output	14800	
12	E_L_CH_output	18526	
12	V_EX_CH_output	9415	
12	V_L_CH_output	2130	
12	E_EX_N_output	18433	
12	E_L_N_output	18619	
12	V_EX_N_output	20186	
12	V_L_N_output	2246	
12	E_EX_R_output	8474	
12	E_L_R_output	11119	
12	V_EX_R_output	1107	
12	V_L_R_output	1485	
12	E_EX_T_output	5739	
12	E_L_T_output	6307	
12	V_EX_T_output	705	
12	V_L_T_output	673	

13	E_EX_M_output	2255	143288
13	E_L_M_output	2475	
13	V_EX_M_output	376	
13	V_L_M_output	611	
13	E_EX_CH_output	14783	
13	E_L_CH_output	18618	
13	V_EX_CH_output	7511	
13	V_L_CH_output	1957	
13	E_EX_N_output	18436	
13	E_L_N_output	18614	
13	V_EX_N_output	20058	
13	V_L_N_output	2237	
13	E_EX_R_output	8506	
13	E_L_R_output	11117	
13	V_EX_R_output	1034	
13	V_L_R_output	1344	
13	E_EX_T_output	5667	
13	E_L_T_output	6371	
13	V_EX_T_output	713	
13	V_L_T_output	605	
14	E_EX_M_output	2282	144223
14	E_L_M_output	2442	
14	V_EX_M_output	347	
14	V_L_M_output	700	
14	E_EX_CH_output	14867	
14	E_L_CH_output	18562	
14	V_EX_CH_output	7667	
14	V_L_CH_output	2224	
14	E_EX_N_output	18450	
14	E_L_N_output	18794	
14	V_EX_N_output	19940	
14	V_L_N_output	2390	
14	E_EX_R_output	8505	
14	E_L_R_output	10952	
14	V_EX_R_output	1048	
14	V_L_R_output	1573	
14	E_EX_T_output	5605	
14	E_L_T_output	6401	
14	V_EX_T_output	743	
14	V_L_T_output	731	

15	E_EX_M_output	2236	140624
15	E_L_M_output	2518	
15	V_EX_M_output	317	
15	V_L_M_output	573	
15	E_EX_CH_output	14707	
15	E_L_CH_output	18570	
15	V_EX_CH_output	5758	
15	V_L_CH_output	1875	
15	E_EX_N_output	18165	
15	E_L_N_output	18521	
15	V_EX_N_output	20095	
15	V_L_N_output	2045	
15	E_EX_R_output	8470	
15	E_L_R_output	11122	
15	V_EX_R_output	927	
15	V_L_R_output	1352	
15	E_EX_T_output	5697	
15	E_L_T_output	6391	
15	V_EX_T_output	661	
15	V_L_T_output	624	
16	E_EX_M_output	2260	145326
16	E_L_M_output	2546	
16	V_EX_M_output	302	
16	V_L_M_output	605	
16	E_EX_CH_output	14722	
16	E_L_CH_output	18525	
16	V_EX_CH_output	11353	
16	V_L_CH_output	1944	
16	E_EX_N_output	18128	
16	E_L_N_output	18523	
16	V_EX_N_output	19302	
16	V_L_N_output	2040	
16	E_EX_R_output	8473	
16	E_L_R_output	11004	
16	V_EX_R_output	913	
16	V_L_R_output	1341	
16	E_EX_T_output	5700	
16	E_L_T_output	6351	
16	V_EX_T_output	660	
16	V_L_T_output	634	

17	E_EX_M_output	2318	143850
17	E_L_M_output	2466	
17	V_EX_M_output	323	
17	V_L_M_output	621	
17	E_EX_CH_output	14687	
17	E_L_CH_output	18595	
17	V_EX_CH_output	8649	
17	V_L_CH_output	1865	
17	E_EX_N_output	18250	
17	E_L_N_output	18548	
17	V_EX_N_output	20147	
17	V_L_N_output	2214	
17	E_EX_R_output	8407	
17	E_L_R_output	11017	
17	V_EX_R_output	1002	
17	V_L_R_output	1379	
17	E_EX_T_output	5600	
17	E_L_T_output	6411	
17	V_EX_T_output	729	
17	V_L_T_output	622	
18	E_EX_M_output	2302	150971
18	E_L_M_output	2540	
18	V_EX_M_output	586	
18	V_L_M_output	665	
18	E_EX_CH_output	14803	
18	E_L_CH_output	18538	
18	V_EX_CH_output	13975	
18	V_L_CH_output	2100	
18	E_EX_N_output	18521	
18	E_L_N_output	18720	
18	V_EX_N_output	20053	
18	V_L_N_output	2255	
18	E_EX_R_output	8459	
18	E_L_R_output	11100	
18	V_EX_R_output	1334	
18	V_L_R_output	1531	
18	E_EX_T_output	5628	
18	E_L_T_output	6446	
18	V_EX_T_output	734	
18	V_L_T_output	681	

19	E_EX_M_output	2239	145054
19	E_L_M_output	2531	
19	V_EX_M_output	507	
19	V_L_M_output	670	
19	E_EX_CH_output	14650	
19	E_L_CH_output	18538	
19	V_EX_CH_output	9301	
19	V_L_CH_output	2048	
19	E_EX_N_output	18133	
19	E_L_N_output	18514	
19	V_EX_N_output	20042	
19	V_L_N_output	2219	
19	E_EX_R_output	8433	
19	E_L_R_output	11126	
19	V_EX_R_output	1184	
19	V_L_R_output	1505	
19	E_EX_T_output	5666	
19	E_L_T_output	6353	
19	V_EX_T_output	702	
19	V_L_T_output	693	
20	E_EX_M_output	2253	123940
20	E_L_M_output	2498	
20	V_EX_M_output	389	
20	V_L_M_output	658	
20	E_EX_CH_output	14683	
20	E_L_CH_output	18546	
20	V_EX_CH_output	14855	
20	V_L_CH_output	2142	
20	E_EX_N_output	18314	
20	E_L_N_output	18602	
20	V_EX_N_output	20040	
20	V_L_N_output	2255	
20	E_EX_R_output	8427	
20	E_L_R_output	11057	
20	V_EX_R_output	1147	
20	V_L_R_output	1530	
20	E_EX_T_output	5616	
20	E_L_T_output	6386	
20	V_EX_T_output	785	
20	V_L_T_output	704	

## APÉNDICE Q

### ANÁLISIS DE COSTO MODELO ACTUAL (2010-2019)

Increme => 9%									Increme => 9%								
2%									2.5%								
Cumplimiento 74% del forecast									Cumplimiento 68% del forecast								
2 0 1 0									2 0 1 1								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
466	45	1.3	1,228	909	7,139	7,606	9,999	2,394	554	49	1.4	1,338	909	7,174	7,728	9,999	2,271
1,762	168	1.3	2,456	1,818	16,875	18,637	23,634	4,997	2,093	184	1.4	2,677	1,818	16,958	19,051	23,634	4,583
3,263	312	1.3	6,139	4,545	45,432	48,695	63,631	14,935	3,877	340	1.4	6,692	4,545	45,655	49,532	63,631	14,099
16,511	1,578	1.3	13,506	9,999	107,091	123,602	149,987	26,385	19,617	1,720	1.4	14,722	9,999	107,616	127,232	149,987	22,755
6,013	575	1.3	9,209	6,818	77,884	83,897	109,082	25,184	7,144	626	1.4	10,038	6,818	78,266	85,410	109,082	23,671
22,049	2,107	1.3	12,278	9,090	110,336	132,385	154,532	22,148	26,196	2,297	1.4	13,383	9,090	110,877	137,073	154,532	17,459
3,132	299	1.3	3,684	2,727	35,048	38,180	49,087	10,906	3,722	326	1.4	4,015	2,727	35,220	38,941	49,087	10,145
19,331	1,847	1.3	6,753	5,000	67,824	87,155	94,992	7,837	22,967	2,014	1.4	7,361	5,000	68,157	91,124	94,992	3,868
1,179	113	1.3	1,228	909	12,981	14,160	18,180	4,020	1,401	123	1.4	1,338	909	13,044	14,446	18,180	3,735
16,017	1,531	1.3	4,911	3,636	54,519	70,536	76,357	5,821	19,030	1,668	1.4	5,353	3,636	54,786	73,816	76,357	2,541
89,724	8,575	13	61,392	45,451	535,129	624,853	749,481	124,628	106,601	9,346	14	66,917	45,451	537,753	644,353	749,481	105,128

Increme =>		9%			3.0%				Increme =>		9%			3.5%			
Cumplimiento			62% del forecast						Cumplimiento			57% del forecast					
2 0 1 2									2 0 1 3								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
658	53	1.6	1,459	909	7,209	7,867	9,999	2,132	782	58	1.7	1,590	909	7,244	8,026	9,999	1,973
2,487	200	1.6	2,918	1,818	17,040	19,528	23,634	4,107	2,955	218	1.7	3,180	1,818	17,123	20,078	23,634	3,556
4,606	370	1.6	7,294	4,545	45,878	50,484	63,631	13,147	5,472	404	1.7	7,950	4,545	46,101	51,573	63,631	12,058
23,306	1,875	1.6	16,047	9,999	108,141	131,447	149,987	18,540	27,690	2,043	1.7	17,491	9,999	108,666	136,356	149,987	13,631
8,488	683	1.6	10,941	6,818	78,648	87,136	109,082	21,946	10,085	744	1.7	11,926	6,818	79,030	89,114	109,082	19,967
31,124	2,503	1.6	14,588	9,090	111,418	142,541	154,532	11,991	36,978	2,729	1.7	15,901	9,090	111,959	148,936	154,532	5,596
4,422	356	1.6	4,376	2,727	35,391	39,813	49,087	9,273	5,254	388	1.7	4,770	2,727	35,563	40,817	49,087	8,270
27,287	2,195	1.6	8,023	5,000	68,489	95,776	94,992	-785	32,420	2,392	1.7	8,745	5,000	68,822	101,242	94,992	-6,250
1,665	134	1.6	1,459	909	13,108	14,773	18,180	3,408	1,978	146	1.7	1,590	909	13,172	15,149	18,180	3,031
22,609	1,819	1.6	5,835	3,636	55,053	77,662	76,357	-1,305	26,862	1,982	1.7	6,360	3,636	55,321	82,182	76,357	-5,825
126,652	10,187	16	72,940	45,451	540,376	667,028	749,481	82,453	150,476	11,104	17	79,505	45,451	542,999	693,474	749,481	56,006

Increme => 9%									Increme => 9%								
40%									45%								
Cumplimiento 52% del forecast									Cumplimiento 48% del forecast								
2014									2015								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
929	63	1.8	1,733	909	7,279	8,208	9,999	1,791	1,104	69	20	1,889	909	7,314	8,418	9,999	1,581
3,511	238	1.8	3,466	1,818	17,206	20,717	23,634	2,918	4,171	259	20	3,778	1,818	17,289	21,460	23,634	2,174
6,502	440	1.8	8,666	4,545	46,323	52,825	63,631	10,806	7,725	480	20	9,446	4,545	46,546	54,271	63,631	9,360
32,899	2,227	1.8	19,065	9,999	109,191	142,090	149,987	7,898	39,087	2,428	20	20,781	9,999	109,716	148,803	149,987	1,184
11,982	811	1.8	12,999	6,818	79,411	91,393	109,082	17,688	14,236	884	20	14,169	6,818	79,793	94,029	109,082	15,053
43,933	2,974	1.8	17,332	9,090	112,499	156,433	154,532	-1,901	52,197	3,242	20	18,892	9,090	113,040	165,238	154,532	-10,705
6,242	423	1.8	5,200	2,727	35,735	41,977	49,087	7,110	7,416	461	20	5,668	2,727	35,907	43,323	49,087	5,764
38,518	2,608	1.8	9,533	5,000	69,154	107,672	94,992	-12,681	45,764	2,842	20	10,391	5,000	69,487	115,250	94,992	-20,258
2,350	159	1.8	1,733	909	13,235	15,585	18,180	2,595	2,792	173	20	1,889	909	13,299	16,091	18,180	2,089
31,914	2,161	1.8	6,933	3,636	55,588	87,502	76,357	-11,145	37,917	2,355	20	7,557	3,636	55,855	93,773	76,357	-17,416
178,780	12,104	18	86,660	45,451	545,622	724,402	749,481	25,079	212,409	13,193	20	94,459	45,451	548,245	760,654	749,481	-11,173

Increme =>		9%			5.0%				Increme =>		9%			5.5%			
Cumplimiento		44% del forecast							Cumplimiento		40% del forecast						
2016									2017								
costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
1,311	75	2.2	2,059	909	7,349	8,660	9,999	1,339	1,558	81	2.4	2,245	909	7,384	8,942	9,999	1,057
4,956	282	2.2	4,118	1,818	17,371	22,327	23,634	1,307	5,888	308	2.4	4,489	1,818	17,454	23,342	23,634	292
9,178	523	2.2	10,296	4,545	46,769	55,946	63,631	7,684	10,904	570	2.4	11,223	4,545	46,991	57,896	63,631	5,735
46,440	2,646	2.2	22,651	9,999	110,241	156,680	149,987	-6,693	55,175	2,884	2.4	24,690	9,999	110,765	165,940	149,987	-15,953
16,913	964	2.2	15,444	6,818	80,175	97,088	109,082	11,993	20,095	1,051	2.4	16,834	6,818	80,557	100,651	109,082	8,430
62,016	3,534	2.2	20,592	9,090	113,581	175,597	154,532	-21,065	73,681	3,852	2.4	22,445	9,090	114,122	187,803	154,532	-33,271
8,811	502	2.2	6,178	2,727	36,079	44,889	49,087	4,197	10,468	547	2.4	6,734	2,727	36,251	46,718	49,087	2,368
54,372	3,098	2.2	11,326	5,000	69,819	124,191	94,992	-29,199	64,599	3,377	2.4	12,345	5,000	70,151	134,751	94,992	-39,759
3,317	189	2.2	2,059	909	13,362	16,680	18,180	1,501	3,941	206	2.4	2,245	909	13,426	17,367	18,180	813
45,050	2,567	2.2	8,237	3,636	56,122	101,172	76,357	-24,815	53,524	2,798	2.4	8,978	3,636	56,390	109,913	76,357	-33,556
252,363	14,380	2.2	102,961	45,451	550,868	803,231	749,481	-53,750	299,832	15,675	2.4	112,227	45,451	553,492	853,324	749,481	-103,843

Increme =>		9%			6.0%				Increme =>		9%			6.5%			
Cumplimiento		37%		del forecast				Cumplimiento		34%		del forecast					
2 0 1 8									2 0 1 9								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
1,851	89	2.6	2,447	909	7,419	9,270	9,999	729	2,199	97	2.8	2,667	909	7,454	9,653	9,999	346
6,996	336	2.6	4,893	1,818	17,537	24,532	23,634	-898	8,312	366	2.8	5,333	1,818	17,619	25,931	23,634	-2,297
12,955	621	2.6	12,233	4,545	47,214	60,169	63,631	3,462	15,392	677	2.8	13,334	4,545	47,437	62,829	63,631	802
65,553	3,144	2.6	26,912	9,999	111,290	176,844	149,987	-26,857	77,884	3,427	2.8	29,334	9,999	111,815	189,699	149,987	-39,712
23,875	1,145	2.6	18,349	6,818	80,938	104,813	109,082	4,268	28,365	1,248	2.8	20,001	6,818	81,320	109,686	109,082	-604
87,540	4,199	2.6	24,466	9,090	114,663	202,203	154,532	-47,671	104,006	4,576	2.8	26,667	9,090	115,204	219,210	154,532	-64,678
12,437	596	2.6	7,340	2,727	36,422	48,859	49,087	227	14,776	650	2.8	8,000	2,727	36,594	51,370	49,087	-2,284
76,750	3,681	2.6	13,456	5,000	70,484	147,234	94,992	-52,242	91,187	4,012	2.8	14,667	5,000	70,816	162,003	94,992	-67,011
4,682	225	2.6	2,447	909	13,490	18,172	18,180	8	5,563	245	2.8	2,667	909	13,553	19,117	18,180	-936
63,591	3,050	2.6	9,786	3,636	56,657	120,248	76,357	-43,891	75,553	3,324	2.8	10,667	3,636	56,924	132,477	76,357	-56,120
356,230	17,085	2.6	122,328	45,451	556,115	912,345	749,481	-162,864	423,237	18,623	2.8	133,337	45,451	558,738	981,975	749,481	-232,494

## APÉNDICE R

### ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO EXPERIMENTO 1 (2010-2019)

Increme ==> 9%									Increme ==> 9%								
Cumplimiento 123% del forecast									Cumplimiento 113% del forecast								
2 0 1 0									2 0 1 1								
costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
287	31	1.3	1,228	1,508	9,643	9,930	13,506	3,576	341	34	1.4	1,338	1,508	10,563	10,904	14,722	3,818
723	79	1.3	2,456	3,017	22,794	23,516	31,924	8,408	859	86	1.4	2,677	3,017	24,967	25,826	34,797	8,972
1,606	175	1.3	6,139	7,542	61,368	62,974	85,949	22,975	1,908	191	1.4	6,692	7,542	67,218	69,127	93,684	24,558
6,772	740	1.3	13,506	16,592	144,652	151,424	202,594	51,170	8,046	806	1.4	14,722	16,592	158,444	166,489	220,827	54,338
2,960	323	1.3	9,209	11,313	105,201	108,161	147,341	39,180	3,516	352	1.4	10,038	11,313	115,232	118,748	160,602	41,854
9,043	988	1.3	12,278	15,084	149,035	158,079	208,733	50,654	10,744	1,077	1.4	13,383	15,084	163,245	173,989	227,519	53,530
1,542	168	1.3	3,684	4,525	47,341	48,882	66,303	17,421	1,832	184	1.4	4,015	4,525	51,854	53,686	72,271	18,585
7,929	866	1.3	6,753	8,296	91,613	99,542	128,309	28,768	9,420	944	1.4	7,361	8,296	100,348	109,768	139,857	30,090
580	63	1.3	1,228	1,508	17,534	18,114	24,557	6,443	690	69	1.4	1,338	1,508	19,205	19,895	26,767	6,872
6,569	717	1.3	4,911	6,033	73,641	80,210	103,139	22,928	7,805	782	1.4	5,353	6,033	80,662	88,467	112,421	23,954
38,011	4,151	13	61,392	75,419	722,822	760,833	1,012,355	251,523	45,161	4,525	14	66,917	75,419	791,738	836,899	1,103,467	266,569

Increme => 9%									Increme => 9%								
			3.0%									3.5%					
Cumplimiento			103% del forecast						Cumplimiento			95% del forecast					
2 0 1 2									2 0 1 3								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
405	37	1.6	1,459	1,508	11,570	11,975	16,047	4,072	481	41	1.7	1,590	1,508	12,021	12,502	16,592	4,090
1,020	94	1.6	2,918	3,017	27,347	28,367	37,929	9,562	1,212	102	1.7	3,180	3,017	28,413	29,625	39,218	9,592
2,267	208	1.6	7,294	7,542	73,626	75,893	102,116	26,223	2,693	227	1.7	7,950	7,542	76,497	79,191	105,586	26,396
9,559	879	1.6	16,047	16,592	173,546	183,105	240,702	57,597	11,357	958	1.7	17,491	16,592	180,315	191,672	248,882	57,210
4,178	384	1.6	10,941	11,313	126,215	130,393	175,056	44,663	4,964	419	1.7	11,926	11,313	131,138	136,102	181,005	44,903
12,766	1,173	1.6	14,588	15,084	178,805	191,570	247,996	56,425	15,167	1,279	1.7	15,901	15,084	185,779	200,946	256,424	55,478
2,176	200	1.6	4,376	4,525	56,797	58,973	78,775	19,802	2,586	218	1.7	4,770	4,525	59,012	61,598	81,452	19,854
11,192	1,029	1.6	8,023	8,296	109,912	121,105	152,444	31,340	13,297	1,121	1.7	8,745	8,296	114,199	127,497	157,625	30,128
819	75	1.6	1,459	1,508	21,036	21,855	29,176	7,321	973	82	1.7	1,590	1,508	21,856	22,830	30,167	7,338
9,273	852	1.6	5,835	6,033	88,351	97,624	122,539	24,915	11,017	929	1.7	6,360	6,033	91,797	102,814	126,703	23,889
53,656	4,932	16	72,940	75,419	867,204	920,859	1,202,779	281,920	63,748	5,376	17	79,505	75,419	901,028	964,776	1,243,655	278,879

Increme => 9%									Increme => 9%								
40%									45%								
Cumplimiento 87% del forecast									Cumplimiento 80% del forecast								
2014									2015								
costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
571	44	1.8	1,733	1,508	12,079	12,651	16,592	3,942	679	48	2.0	1,889	1,508	12,137	12,816	16,592	3,776
1,440	111	1.8	3,466	3,017	28,551	29,991	39,218	9,227	1,711	121	2.0	3,778	3,017	28,688	30,399	39,218	8,819
3,200	248	1.8	8,666	7,542	76,867	80,067	105,586	25,519	3,802	270	2.0	9,446	7,542	77,236	81,038	105,586	24,548
13,494	1,044	1.8	19,065	16,592	181,186	194,680	248,882	54,202	16,032	1,138	2.0	20,781	16,592	182,057	198,089	248,882	50,793
5,897	456	1.8	12,999	11,313	131,772	137,669	181,005	43,336	7,007	497	2.0	14,169	11,313	132,405	139,412	181,005	41,593
18,020	1,394	1.8	17,332	15,084	186,676	204,686	256,424	51,728	21,409	1,520	2.0	18,892	15,084	187,574	208,983	256,424	47,441
3,072	238	1.8	5,200	4,525	59,297	62,369	81,452	19,083	3,650	259	2.0	5,668	4,525	59,582	63,232	81,452	18,220
15,799	1,222	1.8	9,533	8,296	114,751	130,550	157,625	27,076	18,770	1,332	2.0	10,391	8,296	115,303	134,073	157,625	23,552
1,157	89	1.8	1,733	1,508	21,962	23,119	30,167	7,049	1,374	98	2.0	1,889	1,508	22,068	23,442	30,167	6,726
13,090	1,013	1.8	6,933	6,033	92,240	105,330	126,703	21,373	15,552	1,104	2.0	7,557	6,033	92,684	108,236	126,703	18,468
75,739	5,860	1.8	86,660	75,419	905,381	981,120	1,243,655	262,535	89,986	6,388	2.0	94,459	75,419	909,734	999,719	1,243,655	243,936

Increme =>		9%			50%				Increme =>		9%			55%			
Cumplimiento		73%		del forecast					Cumplimiento		67%		del forecast				
2016									2017								
costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
807	53	2.2	2,059	1,508	12,195	13,002	16,592	3,590	958	57	2.4	2,245	1,508	12,253	13,212	16,592	3,380
2,033	132	2.2	4,118	3,017	28,825	30,858	39,218	8,360	2,415	144	2.4	4,489	3,017	28,962	31,377	39,218	7,840
4,517	294	2.2	10,296	7,542	77,606	82,123	105,586	23,463	5,367	321	2.4	11,223	7,542	77,975	83,342	105,586	22,244
19,047	1,240	2.2	22,651	16,592	182,928	201,976	248,882	46,906	22,630	1,352	2.4	24,690	16,592	183,799	206,430	248,882	42,452
8,325	542	2.2	15,444	11,313	133,039	141,363	181,005	39,642	9,890	591	2.4	16,834	11,313	133,672	143,563	181,005	37,442
25,436	1,656	2.2	20,592	15,084	188,471	213,907	256,424	42,516	30,221	1,806	2.4	22,445	15,084	189,369	219,590	256,424	36,834
4,336	282	2.2	6,178	4,525	59,867	64,204	81,452	17,248	5,152	308	2.4	6,734	4,525	60,152	65,305	81,452	16,148
22,301	1,452	2.2	11,326	8,296	115,854	138,155	157,625	19,470	26,496	1,583	2.4	12,345	8,296	116,406	142,902	157,625	14,723
1,633	106	2.2	2,059	1,508	22,173	23,806	30,167	6,362	1,940	116	2.4	2,245	1,508	22,279	24,218	30,167	5,949
18,477	1,203	2.2	8,237	6,033	98,127	111,605	126,703	15,099	21,953	1,312	2.4	8,978	6,033	93,571	115,524	126,703	11,180
106,912	6,962	2.2	102,961	75,419	914,086	1,020,999	1,243,655	222,656	127,022	7,589	2.4	112,227	75,419	918,439	1,045,462	1,243,655	198,194

Increme =>		9%		6.0%					Increme =>		9%		6.5%				
Cumplimiento		62%		del forecast					Cumplimiento		57%		del forecast				
2018									2019								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
1,139	62	26	2,447	1,508	12,311	13,450	16,592	3,142	1,353	68	28	2,667	1,508	12,369	13,722	16,592	2,870
2,869	157	26	4,893	3,017	29,100	31,969	39,218	7,249	3,409	171	28	5,333	3,017	29,237	32,646	39,218	6,572
6,376	350	26	12,233	7,542	78,345	84,721	105,586	20,865	7,576	381	28	13,334	7,542	78,715	86,290	105,586	19,296
26,887	1,474	26	26,912	16,592	184,670	211,557	248,882	37,324	31,945	1,606	28	29,334	16,592	185,541	217,486	248,882	31,396
11,751	644	26	18,349	11,313	134,306	146,056	181,005	34,949	13,961	702	28	20,001	11,313	134,939	148,900	181,005	32,105
35,905	1,968	26	24,466	15,084	190,266	226,171	256,424	30,252	42,659	2,145	28	26,667	15,084	191,164	233,823	256,424	22,601
6,121	336	26	7,340	4,525	60,438	66,559	81,452	14,893	7,273	366	28	8,000	4,525	60,723	67,995	81,452	13,457
31,480	1,725	26	13,456	8,296	116,958	148,437	157,625	9,188	37,401	1,881	28	14,667	8,296	117,510	154,910	157,625	2,715
2,305	126	26	2,447	1,508	22,384	24,689	30,167	5,479	2,738	138	28	2,667	1,508	22,490	25,228	30,167	4,940
26,082	1,430	26	9,786	6,033	94,014	120,096	126,703	6,607	30,989	1,558	28	10,667	6,033	94,457	125,446	126,703	1,258
150,915	8,272	26	122,328	75,419	922,792	1,073,707	1,243,655	169,948	179,302	9,017	28	133,337	75,419	927,145	1,106,447	1,243,655	137,208

## APÉNDICE S

### ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO EXPERIMENTO 2 (2010-2019)

Increme => 9%									Increme => 9%								
			2%									2.5%					
Cumplimiento 241% del forecast									Cumplimiento 214% del forecast								
2010									2011								
costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO \$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
68	10	1.3	1,228	2,957	10,057	10,125	13,506	3,381	81	11	1.4	1,338	2,870	11,016	11,097	14,722	3,625
155	39	1.3	2,456	5,915	23,771	23,925	31,924	7,998	184	43	1.4	2,677	5,741	26,037	26,221	34,797	8,576
574	73	1.3	6,139	14,787	63,998	64,571	85,949	21,378	681	80	1.4	6,692	14,352	70,099	70,781	93,684	22,904
1,451	370	1.3	13,506	32,531	150,851	152,303	202,594	50,291	1,724	403	1.4	14,722	31,575	165,234	166,958	220,827	53,869
881	135	1.3	9,209	22,180	109,710	110,591	147,341	36,750	1,047	147	1.4	10,038	21,529	120,170	121,217	160,602	39,385
1,938	494	1.3	12,278	29,573	155,423	157,360	208,733	51,373	2,302	538	1.4	13,383	28,705	170,241	172,543	227,519	54,976
459	70	1.3	3,684	8,872	49,370	49,828	66,303	16,475	545	76	1.4	4,015	8,611	54,077	54,622	72,271	17,649
1,133	433	1.3	6,753	16,265	95,539	96,672	128,309	31,638	1,346	472	1.4	7,361	15,788	104,648	105,994	139,857	33,863
207	53	1.3	1,228	2,957	18,285	18,492	24,557	6,065	246	58	1.4	1,338	2,870	20,028	20,275	26,767	6,492
938	359	1.3	4,911	11,829	76,797	77,736	103,139	25,403	1,115	391	1.4	5,353	11,482	84,119	85,234	112,421	27,187
7,804	2,036	13	61,392	147,867	753,800	761,604	1,012,355	250,752	9,272	2,219	14	66,917	143,525	825,669	834,941	1,103,467	268,526

Increme =>		9%			3.0%				Increme =>		9%			3.5%			
Cumplimiento		197% del forecast							Cumplimiento		181% del forecast						
2012									2013								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
96	12	1.6	1,459	2,870	12,066	12,162	16,047	3,885	115	14	1.7	1,590	2,870	13,215	13,330	17,491	4,161
219	47	1.6	2,918	5,741	28,519	28,737	37,929	9,192	260	51	1.7	3,180	5,741	31,236	31,496	41,342	9,846
810	87	1.6	7,294	14,352	76,781	77,591	102,116	24,525	962	95	1.7	7,950	14,352	84,097	85,059	111,306	26,247
2,048	439	1.6	16,047	31,575	180,984	183,032	240,702	57,670	2,434	479	1.7	17,491	31,575	198,230	200,664	262,365	61,701
1,243	160	1.6	10,941	21,529	131,624	132,868	175,056	42,188	1,477	174	1.7	11,926	21,529	144,167	145,644	190,811	45,166
2,735	587	1.6	14,588	28,705	186,468	189,203	247,996	58,792	3,250	640	1.7	15,901	28,705	204,237	207,487	270,315	62,829
648	83	1.6	4,376	8,611	59,231	59,879	78,775	18,896	770	91	1.7	4,770	8,611	64,875	65,645	85,865	20,220
1,599	514	1.6	8,023	15,788	114,623	116,222	152,444	36,223	1,900	561	1.7	8,745	15,788	125,546	127,445	166,164	38,719
293	63	1.6	1,459	2,870	21,937	22,230	29,176	6,946	348	68	1.7	1,590	2,870	24,028	24,376	31,802	7,426
1,325	426	1.6	5,835	11,482	92,137	93,462	122,539	29,077	1,574	465	1.7	6,360	11,482	100,917	102,491	133,568	31,077
11,016	2,419	16	72,940	143,525	904,370	915,386	1,202,779	287,394	13,088	2,637	17	79,505	143,525	990,548	1,003,636	1,311,029	307,393

Increme =>		9%			40%				Increme =>		9%			45%			
Cumplimiento		166% del forecast							Cumplimiento		152% del forecast						
2014									2015								
costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req.	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
136	15	1.8	1,733	2,870	14,474	14,610	19,065	4,455	162	16	2.0	1,889	2,870	15,853	16,014	20,781	4,767
309	56	1.8	3,466	5,741	34,212	34,521	45,063	10,543	367	61	2.0	3,778	5,741	37,470	37,837	49,119	11,282
1,143	103	1.8	8,666	14,352	92,109	93,252	121,324	28,072	1,358	112	2.0	9,446	14,352	100,882	102,239	132,243	30,004
2,892	522	1.8	19,065	31,575	217,114	220,006	285,978	65,972	3,435	559	2.0	20,781	31,575	237,792	241,228	311,716	70,488
1,755	190	1.8	12,999	21,529	157,901	159,656	207,984	48,327	2,085	207	2.0	14,169	21,529	172,940	175,025	226,702	51,677
3,861	697	1.8	17,332	28,705	223,694	227,555	294,644	67,089	4,588	760	2.0	18,892	28,705	244,998	249,586	321,162	71,576
914	99	1.8	5,200	8,611	71,056	71,970	93,593	21,623	1,086	108	2.0	5,668	8,611	77,823	78,909	102,016	23,107
2,257	611	1.8	9,533	15,788	137,506	139,763	181,119	41,357	2,681	666	2.0	10,391	15,788	150,602	153,283	197,420	44,137
413	75	1.8	1,733	2,870	26,317	26,730	34,664	7,934	491	81	2.0	1,889	2,870	28,823	29,314	37,784	8,470
1,870	506	1.8	6,933	11,482	110,531	112,401	145,589	33,188	2,222	552	2.0	7,557	11,482	121,058	123,280	158,692	35,412
15,550	2,874	1.8	86,660	143,525	1,084,914	1,100,463	1,429,022	328,559	18,475	3,133	2.0	94,459	143,525	1,188,241	1,206,716	1,557,634	350,918

Increme =>		9%			50%				Increme =>		9%			55%			
Cumplimiento		139%		del forecast					Cumplimiento		128%		del forecast				
2016									2017								
costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
192	18	22	2,059	2,870	17,362	17,554	22,651	5,097	228	19	24	2,245	2,870	19,015	19,243	24,690	5,447
436	66	22	4,118	5,741	41,038	41,474	53,540	12,066	518	72	24	4,489	5,740	44,944	45,462	58,358	12,896
1,613	123	22	10,296	14,352	110,487	112,100	144,145	32,045	1,917	134	24	11,223	14,351	121,004	122,921	157,118	34,197
4,082	620	22	22,651	31,575	260,434	264,515	339,770	75,255	4,849	676	24	24,690	31,572	285,225	290,074	370,349	80,275
2,478	226	22	15,444	21,529	189,406	191,884	247,106	55,222	2,944	246	24	16,834	21,526	207,436	210,380	269,345	58,965
5,451	828	22	20,592	28,705	268,326	273,776	350,066	76,290	6,476	903	24	22,445	28,702	293,868	300,344	381,572	81,229
1,291	118	22	6,178	8,611	85,233	86,524	111,197	24,674	1,533	128	24	6,734	8,611	93,346	94,880	121,205	26,326
3,186	726	22	11,326	15,788	164,941	168,127	215,188	47,060	3,785	792	24	12,345	15,786	180,642	184,427	234,555	50,127
583	89	22	2,059	2,870	31,568	32,151	41,184	9,033	693	97	24	2,245	2,870	34,573	35,265	44,891	9,625
2,640	602	22	8,237	11,482	132,584	135,224	172,974	37,750	3,136	656	24	8,978	11,481	145,205	148,341	188,542	40,200
21,950	3,415	22	102,961	143,525	1,301,380	1,323,330	1,697,821	374,491	26,079	3,722	24	112,227	143,510	1,425,259	1,451,337	1,850,625	399,288

Increme =>		9%			6.0%				Increme =>		9%			6.5%			
Cumplimiento		117% del forecast							Cumplimiento		103% del forecast						
2018									2019								
costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad	costo MO\$	hr Req	\$/hr	unid Fore.	Produ max	costo fabr	Total Costo	Ingreso x venta	Utilidad
271	21	26	2,447	2,870	20,825	21,096	26,912	5,816	322	23	28	2,667	2,870	22,806	23,128	29,334	6,206
615	79	26	4,893	5,741	49,222	49,837	63,610	13,774	731	86	28	5,333	5,741	53,905	54,635	69,335	14,700
2,277	146	26	12,233	14,352	132,520	134,797	171,259	36,461	2,706	159	28	13,334	14,352	145,128	147,834	186,672	38,838
5,762	737	26	26,912	31,575	312,368	318,130	403,681	85,551	6,845	803	28	29,334	31,575	342,087	348,933	440,012	91,079
3,497	268	26	18,349	21,529	227,177	230,674	293,586	62,912	4,155	293	28	20,001	21,529	248,791	252,946	320,009	67,063
7,694	984	26	24,466	28,705	321,834	329,528	415,914	86,386	9,141	1,073	28	26,667	28,705	352,454	361,595	453,346	91,751
1,822	140	26	7,340	8,611	102,230	104,051	132,114	28,062	2,165	152	28	8,000	8,611	111,956	114,120	144,004	29,884
4,497	863	26	13,456	15,788	197,833	202,330	255,665	53,334	5,343	940	28	14,667	15,788	216,655	221,998	278,674	56,676
823	105	26	2,447	2,870	37,863	38,686	48,931	10,245	978	115	28	2,667	2,870	41,465	42,443	53,335	10,892
3,726	715	26	9,786	11,482	159,024	162,750	205,510	42,760	4,427	779	28	10,667	11,482	174,154	178,581	224,006	45,426
30,984	4,057	26	122,328	143,525	1,560,895	1,591,879	2,017,181	425,302	36,812	4,422	28	133,337	143,525	1,709,401	1,746,213	2,198,728	452,515

# BIBLIOGRAFÍA

1. Bolaños, C. “Teoria Basica del Muestreo”, Monografías, [www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml](http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml), España, Septiembre, 2008.
2. Bank, J. *Discrete Event Simulation*, New McGrall, Edicion IV, Año 2001.
3. Carrasco, L. “Verificación y Validación del Modelo”, [www.luisdesalvador.com/Oposicion/T029\\_032\\_VerificacionValidacion.pdf](http://www.luisdesalvador.com/Oposicion/T029_032_VerificacionValidacion.pdf), 2002.
4. Díaz, P. “Análisis de Datos de Entrada”, Fistera, [www.fistera.com/mbe/investiga/graficos/graficos.asp](http://www.fistera.com/mbe/investiga/graficos/graficos.asp), La Coruña-España. Febrero, 2001.
5. Grupo Lanner. *Aprendiendo Witness*, Witness Project, Houston-USA, 1998.

6. Matias, M. "Diagrama de Pareto", Gestiopolis, [www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm), Julio, 2007.
  
7. Suzuki, T. *TPM*, TGP Hoshin, S.L., Madrid-España, 1992.