

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Evaluación y Planteamiento de Mejoras en el Área de Armado de  
Cajas de una Empacadora de Mangos de Exportación Mediante un  
Modelo de Simulación”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

Presentada por:

María de Lourdes Arias Muñoz

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2007

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecirme a lo largo de los años y permitirme culminar exitosamente una etapa importante, a mis padres por guiarme siempre y brindarme sus sabios consejos, a mi enamorado Freddy por todo su cariño y apoyo durante estos años, a todos los profesores de la carrera que dieron lo mejor de sí para la formación de sus estudiantes, especialmente al Ing. Marcos Buestán Director de Tesis por su invaluable ayuda.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Oscar y Alina

A MI HERMANO:

Oscar Luis

## TRIBUNAL DE GRADUACION



---

Dr. Kléber Barcia V.  
DELEGADO DECANO FIMCP  
VOCAL-PRESIDENTE



---

Ing. Marcos Buestán B.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Jorge Abad M.  
VOCAL

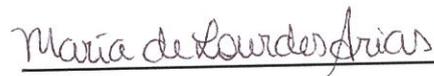


CIB-ESPOL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



María de Lourdes Arias Muñoz

## RESUMEN

La tesis está basada en una importante empacadora de mango para exportación de la ciudad de Guayaquil. La empacadora procesó más de 4'500.000 cajas de mango para exportación en la reciente temporada, comprendida entre los meses de septiembre y enero.

La empresa ha mostrado un constante crecimiento a lo largo de cada temporada y prevé un aumento de la demanda en un 10%, por lo que se ha visto en la necesidad de emplear mejoras que faciliten el crecimiento y aumenten la eficiencia de la misma, especialmente en lo que respecta a la producción de cajas debido a que es un elemento esencial para el empaquetado del mango.

Las cajas pueden ser armadas mediante el uso de máquinas o manualmente; de los dos métodos, el armado manual presenta problemas más serios y posee un mayor potencial de mejora. Uno de los principales problemas detectados en el área de empaquetado es el desorden en el área de producción manual de cajas debido a la falta de una infraestructura adecuada, falta de definición de los puestos de trabajo y un inexistente análisis del flujo de material y personas dentro del área. Adicionalmente al no contar con un sistema eficiente para abastecer cajas al área de empaquetado, se incurre en

una excesiva cantidad de cajas armadas y costos innecesarios para la empresa. Todos estos problemas serán tratados con mayor detalle a lo largo de la tesis.

Al identificar los problemas, se establecerán planteamientos para cada uno de ellos y se evaluarán los principales mediante el uso de un modelo de simulación en el cual se compararán los resultados obtenidos al modelar la situación actual y aquella con las mejoras propuestas. Una vez determinado el impacto de los planteamientos, se realizará la evaluación financiera para determinar los beneficios económicos que traerán a la empresa al implementarlos.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Justificación del estudio.....	6
1.3 Viabilidad del estudio.....	8
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
1.5 Metodología del estudio.....	9
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. ANÁLISIS DEL PROCESO DE ARMADO DE CAJAS.....	11
2.1 Macromapa del proceso.....	12
2.1.1 Recepción y limpieza.....	13
2.1.2 Clasificación por tiempos.....	14
2.1.3 Tratamiento térmico.....	16
2.1.4 Reposo.....	17
2.1.5 Empacado.....	18

2.1.6 Armado de cajas.....	19
2.1.7 Área de refrigeración.....	20
2.2 Descripción del proceso de armado manual de cajas.....	21
2.2.1 Preparación de la materia prima.....	23
2.2.2 Armado manual de cajas.....	24
2.2.3 Proceso de alimentación de cajas al área de empaçado.....	26
2.2.4 Proceso de almacenamiento de cajas para inventario.....	27
2.2.5 Operadores.....	27
2.3 Distribución de la planta.....	29
2.3.1 Distribución del área de armado de cajas.....	30
2.3.2 Diagramas de recorrido y de flujo de materiales.....	31
2.4 Toma de tiempos del proceso de armado de cajas.....	37
2.4.1 Toma de tiempos del proceso de preparación de la materia prima.....	41
2.4.2 Toma de tiempos del proceso de armado manual de cajas.....	44
2.4.3 Toma de tiempos del proceso de almacenamiento de cajas en inventario.....	52
2.4.4 Toma de tiempos del proceso de almacenamiento del cartón de embalaje.....	53
2.4.5 Toma de tiempos. Tabla Resumen.....	54
CAPÍTULO 3	
3. MODELO DE SIMULACIÓN.....	55
3.1 Objetivo del modelo.....	55
3.2 Fuentes de información.....	55
3.3 Lógica del modelo de simulación.....	56
3.4 Asunciones del modelo.....	58
3.5 Procedimiento para la elaboración del modelo de simulación.....	60

3.5.1 Creación de entidades.....	60
3.5.2 Creación de locaciones.....	61
3.5.3 Creación de recursos.....	64
3.5.4 Creación de variables.....	65
3.5.5 Creación de atributos.....	66
3.5.6 Programación del modelo.....	68
3.5.7 Características relevantes del proceso de modelación.....	69
3.6 Validación del modelo de simulación.....	74
3.6.1 Condiciones que serán recreadas en el modelo de simulación.....	75
3.6.2 Parámetros de comparación.....	75
3.6.3 Determinación del número de réplicas.....	77
3.6.3.1 Prueba piloto.....	78
3.6.4 Análisis de los resultados de la simulación y comparación con los parámetros reales.....	80

## CAPÍTULO 4

4. MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN LAS PROPUESTAS DE MEJORA CON RESPECTO A LA DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL....	82
4.1 Descripción del problema: flujo de recorrido de abastecedores apiladores de cajas.....	82
4.1.1 Planteamiento de mejora: ampliación de la plataforma del área de armado de cajas.....	87
4.1.2 Planteamiento de mejora: reubicación del personal de armado de cajas.....	89
4.1.3 Cambios a incorporar en el modelo de simulación basados en las propuestas de mejora.....	96
4.2 Modelo de simulación con las mejoras propuestas.....	98
4.2.1 Cambios incorporados en el modelo de simulación.....	98

4.2.2 Características relevantes en el modelo de simulación basado en las propuestas de mejora.....	105
4.2.3 Condiciones que serán recreadas en el modelo de simulación.....	110
4.2.4 Determinación del número de réplicas.....	110
4.2.4.1 Prueba piloto.....	111
4.2.5 Análisis de resultados de la simulación y comparación con los parámetros iniciales.....	113

## CAPÍTULO 5

5. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS Y PROPUESTAS DE MEJORA CON RESPECTO AL FLUJO DE MATERIALES.....	121
5.1 Descripción del problema: ineficiente conexión entre el área de armado de cajas y el área de empaçado.....	121
5.1.1 Planteamiento de mejora: diseño de rieles de transporte.....	123
5.2 Descripción del problema: inadecuado almacenamiento del material de embalaje de los pallets de cajas.....	127
5.2.1 Planteamiento de mejora: diseño de un recipiente para almacenamiento adecuado del material de embalaje.....	128
5.3 Descripción del problema: falta de un sistema para el retorno de cajas armadas no utilizadas.....	130
5.3.1 Planteamiento de mejora: establecimiento de un área especial para almacenamiento provisional de las cajas no utilizadas.....	132

## CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN FINANCIERA Y CONCLUSIONES.....	134
6.1 Cuantificación del impacto de las alternativas de mejora evaluadas.....	134

6.2 Evaluación de la inversión financiera.....143

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....147

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

<b>cm</b>	Centímetro
<b>m</b>	Metros
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>seg.</b>	Segundos
<b>USD</b>	United States Dollars
<b>A</b>	Porcentaje de confianza
$\bar{x}$	Media de la muestra
<b>s</b>	Desviación estándar
<b>k</b>	Porcentaje aceptable de $\bar{x}$
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>t</b>	Valor de la tabla de valores críticos de la distribución t de Student, según el tamaño n de la muestra y el valor de $\alpha$
$Z_{\alpha/2}$	Valor obtenido de la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar, para un nivel de confianza de $\alpha$
<b>e</b>	Error

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1	Macro Mapa del Proceso.....12
Figura 2.2	Descarga Manual de Gavetas sobre un Pallet.....13
Figura 2.3	Clasificación de Mango y Segundo Control de Calidad.....15
Figura 2.4	Entrada de Jaula a Piscina del Tratamiento Térmico.....16
Figura 2.5	Pallets en el Área de Reposo.....17
Figura 2.6	Dos Líneas de Empacado de Mango.....19
Figura 2.7	Personas Armadoras de Cajas.....19
Figura 2.8	Pallets dentro de la Cámara de Refrigeración.....21
Figura 2.9	Pasillo que une el Área de Armado de Cajas con el Ascensor de la Bodega de Cajas.....23
Figura 2.10	Área de Armado de Cajas con Carga de Trabajo Ligera.....25
Figura 2.11	Equipo Auxiliar para Abastecimiento de Cajas al Área de Empacado.....27
Figura 2.12	Macromapa de la Planta.....29
Figura 2.13	Plataforma del Área de Armado de Cajas.....30
Figura 2.14	Recorrido de los Abastecedores de Cajas.....32
Figura 2.15	Flujo de Cajas para uso Inmediato en el Área de Empacado....34
Figura 2.16	Recorrido de los Apiladores para Almacenar las Cajas Armadas para Inventario.....34
Figura 2.17	Resultado de la Prueba de Bondad de Ajuste del Software Stat::Fit.....40
Figura 3.1	Secuencia de las Actividades para el Armado Manual de Cajas.....57
Figura 3.2	Entidades.....61
Figura 3.3	Locaciones.....64
Figura 3.4	Variable “AMARRASCAP”.....72
Figura 3.5	Intervalos de 95% de Confianza de los Parámetros de Comparación.....77
Figura 3.6	Intervalos de Confianza de los Parámetros de Validación del Modelo de Simulación.....80
Figura 3.7	Comparación de los Intervalos de Confianza de los Parámetros.....81
Figura 4.1	Diagrama de Flujo del Abastecimiento de Cajas para Armado Manual y Recolección del Producto Terminado.....84
Figura 4.2	Amontonamiento de Cajas Armadas.....84
Figura 4.3	Diagrama de Recorrido de los Abastecedores de Cajas para Armado Manual y de los Apiladores para Recolección de Cajas Armadas para Inventario.....86
Figura 4.4	Máquina Armadora de Cajas.....87
Figura 4.5	Ampliación de la Plataforma del Área de Armado de Cajas.....88

Figura 4.6	Arreglo de las Armadoras Manuales de Cajas Alrededor de una Banda Transportadora en L.....	94
Figura 4.7	Arreglo de las Armadoras Manuales de Cajas Alrededor de una Banda Transportadora en Línea Recta.....	95
Figura 4.8	Secuencia de las Actividades para la Mejora Propuesta del Armado Manual de Cajas.....	99
Figura 4.9	Locaciones.....	101
Figura 4.10	Movimiento de las Cajas Armadas por la Banda Transportadora.....	106
Figura 4.11	Intervalos de Confianza para del Parámetro CTPAL.....	115
Figura 4.12	Intervalos de Confianza para el Parámetro CTCAJ.....	116
Figura 4.13	Intervalos de Confianza para el Parámetro CTCAJARM.....	117
Figura 4.14	Intervalos de Confianza de los Parámetros CTCOL,CTINV....	118
Figura 4.15	Intervalo de Confianza de la Variable Producción.....	119
Figura 4.16	Intervalo de Confianza de la Producción de la Simulación de la Situación Actual y con las Mejoras.....	120
Figura 5.1	Abastecimiento de Cajas en el Área de Empacado.....	122
Figura 5.2	Rieles para Envío de Cajas a las Líneas de Empacado para Europa.....	123
Figura 5.3	Dimensiones de los Rieles Actuales.....	124
Figura 5.4	Dimensiones de los Rieles Propuestos con Inclinación de 20°.....	125
Figura 5.5	Dimensiones de los Rieles Propuestos con Inclinación de 18°.....	125
Figura 5.6	Dimensiones de los Rieles Propuestos con Inclinación de 17°.....	126
Figura 5.7	Contenedor para Almacenamiento del Material de Embalaje.....	129
Figura 5.8	Cajas Armadas no Utilizadas Acumuladas en el Área de Empacado.....	131
Figura 5.9	Área Sugerida para Almacenamiento de Cajas Devueltas.....	132
Figura 5.10	Situación Actual y Propuesta para el Desarrollo del Área de Cajas Devueltas.....	133
Figura 6.1	Ampliación de la Plataforma del Área de Armado de Cajas....	135
Figura 6.2	Arreglo de las Armadoras Manuales de Cajas Alrededor de una Banda Transportadora en L.....	137
Figura 6.3	Dimensiones de los Rieles que Conectan el Área de Armado de Cajas con el Área de Empacado.....	139
Figura 6.4	Recipiente para Almacenamiento del Material de Embalaje.....	141
Figura 6.5	Situación Actual y Propuesta para el Desarrollo del Área de Cajas Devueltas.....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1	Personal para Armado Manual de Cajas.....	28
Tabla 2	Distribución de Tiempos para Almacenar los Cartones de la Base del Pallet.....	42
Tabla 3	Distribución de Tiempos para Sacar el Pallet Vacío.....	43
Tabla 4	Distribución de Tiempos de Colocar el Pallet Nuevo.....	43
Tabla 5	Distribución de Tiempos para Remover el Embalaje de los Pallets de Cartones.....	44
Tabla 6	Distribución de Tiempos para Transportar Paquetes de Cajas al Lugar de Acopio.....	45
Tabla 7	Distribución de Tiempos de Repartir Cajas a las Personas Armadoras.....	46
Tabla 8	Tamaño de Muestras y de Observaciones Finales para los Tiempos de Armado de Cajas.....	46
Tabla 9	Distribuciones de los Tiempos Tomados a 7 Armadoras.....	47
Tabla 10	Distribuciones de las Muestras Agrupadas de los Tiempos de Armado Manual de Cajas.....	51
Tabla 11	Distribución de Tiempos para el Transporte de Cajas Armadas Manualmente Hacia el Área de Empacado.....	51
Tabla 12	Distribución de Tiempos para el Transporte de Cajas Armadas Manualmente para Inventario.....	52
Tabla 13	Resumen de la Toma de Tiempos para Almacenar las Cajas.....	53
Tabla 14	Resumen de la Toma de Tiempos del Almacenamiento de Cartón de Embalaje.....	53
Tabla 15	Tabla Resumen de la Toma de Tiempos.....	54
Tabla 16	Entidades.....	60
Tabla 17	Descripción de las Entidades.....	60
Tabla 18	Locaciones.....	62
Tabla 19	Recursos.....	65
Tabla 20	Variables.....	66
Tabla 21	Atributos.....	67
Tabla 22	Programación del Modelo de Simulación.....	68
Tabla 23	Variable "SCRAP".....	71
Tabla 24	Programación del Atributo "CTCAJARM".....	73
Tabla 25	Desviaciones Estándar y Número de Réplicas de los Parámetros.....	79
Tabla 26	Comparación de los Parámetros Obtenidos Mediante Simulación con los de la Situación Real.....	80
Tabla 27	Resumen de Distancias Recorridas y Tiempo Promedio de Recolección y Abastecimiento de Cajas.....	82
Tabla 28	Volumen de Producción de Cajas Armadas con Máquinas.....	90

Tabla 29	Clasificación de la Producción Diaria de Cajas Manuales.....	91
Tabla 30	Producción de Cajas Manuales según el Número de Armadoras y el Horario de Trabajo.....	92
Tabla 31	Salarios Diarios en base al Número de Armadoras y los Horarios de Trabajo.....	93
Tabla 32	Número de Armadoras Manuales Requeridas para Elaborar 55.000 Cajas.....	93
Tabla 33	Descripción de las Entidades.....	100
Tabla 34	Programación del Modelo de Simulación Basado en las Propuestas de Mejora.....	103
Tabla 35	Programación de la Variable "SCRAP".....	108
Tabla 36	Funciones ACCUM y GROUP.....	109
Tabla 37	Desviaciones Estándar y Número de Réplicas de los Parámetros.....	112
Tabla 38	Parámetros Obtenidos Mediante la Simulación de la Situación Actual.....	113
Tabla 39	Distancias y Tiempos Promedio del Abastecimiento de Cajas.....	114
Tabla 40	Distancias y Tiempos de Recorrido de los Apiladores.....	118
Tabla 41	Condiciones de la época pico.....	120
Tabla 42	Número de Trabajadores Requeridos para Alimentar a las Líneas de Empacado.....	127
Tabla 43	Número de Trabajadores Requeridos para Alimentar a las Líneas de Empacado.....	140
Tabla 44	Producción de Cajas y Costos de Mano de Obra en las Épocas Promedio y Pico.....	144

# ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1      Macro Mapa de Durexporta, Escala 1:1158

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador inició el cultivo de mango de exportación hace más de una década y desde entonces, se ha convertido en uno de los productos no tradicionales más importantes de nuestro país.

Los exportadores ecuatorianos cumplen con normas sanitarias y ofrecen calidad en las variedades que producen. Los suelos de la costa son adecuados para el cultivo y el uso de la tecnología incrementa la producción.

El principal mercado de exportación del mango ecuatoriano es Estados Unidos, seguido por la Unión Europea. Países como Colombia y Canadá son también tradicionales consumidores. China y Japón son mercados potenciales que aún no han sido explotados.

La presente tesis está basada en una empresa empacadora de mangos para exportación que cuenta con un volumen de producción aproximado de 4'500.000 cajas de la fruta por temporada. Dicha empresa prevé un crecimiento del 10% para el período 2007-2008, lo que significa que se tenga que hacer varias mejoras para cumplir con la meta propuesta y siendo el armado de cajas unas de las áreas en donde se puede mejorar la producción ya que éstas tienen en la actualidad un proceso manual que no está dando su

total capacidad y es ahí donde nos proponemos poner los mejores esfuerzos para mejorar los resultados. A continuación se detallarán las actividades que se llevan a cabo para el armado manual de cajas, se describirán los principales problemas detectados junto con sus causas y se realizarán planteamientos de mejora que serán posteriormente evaluados financieramente.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

La actividad principal es el empaclado de mango para su posterior exportación, adicionalmente presta servicios de refrigeración para exportar frutas como piña, banano, entre otros. La empresa ha estado en el mercado por más de 15 años, en la actualidad está ubicada en el km. 14 ½ de la vía Daule.

El desarrollo de su actividad principal, el empaclado de mango para exportación, se desarrolla durante 15 semanas al año comprendidas entre los meses de septiembre y enero. En este periodo existe una producción aproximada de 4'500.000 cajas de mango de distintas marcas para diferentes destinos alrededor del mundo, siendo los principales Estados Unidos y La Unión Europea. En la actualidad la empresa maneja 29 diferentes marcas de cajas, de las cuales 5 son propiedad de la empresa y el resto son Copacking, que es el servicio de empaclado que da la empresa a otros productores de mango. Las

cajas empleadas se encuentran dos formatos, uno que es armado manualmente y otro que es armado con máquina. Todas las marcas pertenecientes a la compañía poseen ambos formatos de cajas, mientras que las del Copacking son sólo armadas manualmente.

Para la producción de las cajas, se cuenta con 2 máquinas armadoras y un número de personas armadoras de cajas que oscila entre 5 y 20, según el pronóstico de cosecha de mango de las haciendas.

La empresa ha mostrado un constante crecimiento a lo largo de cada temporada y se ha visto en la necesidad de emplear mejoras que faciliten el crecimiento y aumenten la eficiencia de la misma, especialmente en lo que respecta a la producción de cajas.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Uno de los principales problemas detectados es el desorden en el área de armado de cajas debido a la falta de una infraestructura adecuada, falta de definición de los puestos de trabajo y un inexistente análisis del flujo de material y personas dentro del área. Esto es producto de un crecimiento no planificado dentro de la empresa, sin

que haya existido una mejora en los procesos tradicionales de armado de cajas, satisfaciendo la demanda adicional con soluciones parche que no tomaban en cuenta la capacidad productiva de las personas y máquinas.

- **Inadecuada Distribución del Personal de Armado Manual de Cajas**

La ubicación actual de los puestos de trabajo de las personas armadoras de cajas ocasiona problemas para el abastecimiento de material y la recolección del producto terminado por el cruce del flujo de los mismos, disminuyendo así la eficiencia del armado manual de cajas. Estas tareas se dificultan aún más por la acumulación de producto terminado en dicha área.

- **Falta de un Sistema Eficiente para Abastecimiento de Cajas al Área de Producción**

No se cuenta con un sistema eficiente para proveer cajas a las líneas de empacado de Estados Unidos, esto ocasiona paras dentro de la producción, que considerando la intensidad de la misma (hasta 1.5 cajas/segundo), genera un impacto importante en el desempeño.

- **Cajas Desperdiciadas y Material de Empaque Incorrectamente Almacenado**

Finalmente uno de los problemas más críticos es el desperdicio en la forma de acumulación de cajas no utilizadas dentro del área de empaclado y del material de empaque que viene con los pallets de cajas. Para contemplar de mejor manera la magnitud del problema, se debe mencionar que una caja formato para armar en máquina cuesta alrededor de 20 centavos, mientras que aquella de formato manual cuesta aproximadamente 26 centavos; ambas sin incluir los servicios brindados por la empresa para el armado de las mismas.

## **1.2 Justificación del Estudio**

En el proceso de fabricación de cajas actual, y como consecuencia de la mala distribución de los trabajadores, flujo inadecuado de trabajo y mal manejo de desperdicios, se presentan varias ineficiencias, a saber: desorden en la planta, procesos que no agregan valor y desperdicios de materiales; todo lo que se resume en costos innecesarios.

En la reciente temporada (Septiembre 06 a Enero 07) fueron desechadas 49.100 cajas, que en costos se traduce en \$12.275, sin mencionar el costo en que se incurrió al armarlas y luego en desarmarlas y sin contar con el espacio ocupado y el mal aspecto que dieron al lugar de trabajo. Si se contara con un sistema para su devolución al área de armado de cajas y se diseñaran de mejor manera los puestos de trabajo, la distribución del área de armado de cajas y los flujos de movimiento de los materiales, se podría aumentar la eficiencia, se incrementaría la limpieza del área de armado de cajas y se disminuirían los desperdicios. Estas mejoras se vuelven apremiantes si consideramos que se prevé un crecimiento de producción.

Adicionalmente, todo el material de embalaje que viene con los pallets de cartones no cuenta con un proceso definido para su almacenamiento y posterior desecho o reciclaje, ocasionando que los trabajadores pierdan tiempo en actividades que no agregan valor, sin mencionar que son una de las causas principales del desorden observado en el área de producción. Si fueran almacenados correctamente, definiendo una metodología a seguir y proveyendo un sistema o mecanismo adecuado para el mismo, se facilitaría la tarea de recolección, lo que permitiría la posterior venta de estos materiales.

### **1.3 Viabilidad del Estudio**

El estudio es considerado viable debido a que la empresa ha provisto de toda la información necesaria acerca de su producción, brindando la apertura requerida para realizar las observaciones necesarias y poder determinar los cambios que se requieran, incluso ha permitido realizar pruebas y cambios temporales. Los directivos de la empresa están interesados en que el proyecto genere recomendaciones que puedan mejorar la eficiencia de la misma, por lo tanto guardan una predisposición favorable ante el proyecto.

Para el presente proyecto se cuenta con los datos de la última temporada, es decir aquella comprendida entre Septiembre 2006 y Enero 2007.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Incrementar los niveles de eficiencia y productividad del área de armado de cajas de una empresa exportadora de mangos a través de planteamientos de mejora con respecto a la distribución del personal y el flujo de materiales.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Elaboración de propuestas con respecto a la distribución del personal del área de armado de cajas.
- Evaluar las propuestas de diseño referentes a la distribución de personal mediante un modelo de simulación.
- Elaboración de propuestas para el rediseño de las operaciones de manejo de materiales en el área de armado de cajas.
- Evaluación económica de las propuestas seleccionadas.

### **1.5 Metodología del Estudio**

En la etapa inicial se procederá al reconocimiento de todas las operaciones y requerimientos del proceso productivo, a partir de esto se recolectará la información necesaria, todo esto a través de toma de tiempos y análisis del flujo de cada uno de los procesos.

En base a la información recolectada se establecerán propuestas de mejora con respecto al flujo de materiales y disposición de las operaciones en la línea de armado de cajas; para esto se analizarán las tareas y se identificarán aquellas que no agreguen valor, con el fin de eliminarlas y mejorar las que si lo hacen.

Luego mediante un modelo de simulación se podrán evaluar las propuestas establecidas anteriormente y determinar su impacto con respecto a la situación actual. Una vez concluido el proceso anterior, y considerando las propuestas evaluadas, se hará su evaluación financiera.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. ANÁLISIS DEL PROCESO DE ARMADO DE CAJAS**

En este capítulo se describen en secuencia, los pasos principales que conforman el proceso de empacado de mangos para exportación, dándonos una visión general de las áreas a través de las cuales el producto pasa y la distribución de las instalaciones dentro de la empresa.

En este estudio se da un mayor énfasis al área de armado de cajas mediante el análisis detallado de su proceso, de su flujo de personas y de materia prima, en busca de establecer un planteamiento para una utilización más adecuada y efectiva de los recursos que dé como consecuencia una mayor fluidez del sistema y por consiguiente, determine un ahorro de tiempo y materiales.

## 2.1 Macromapa del Proceso

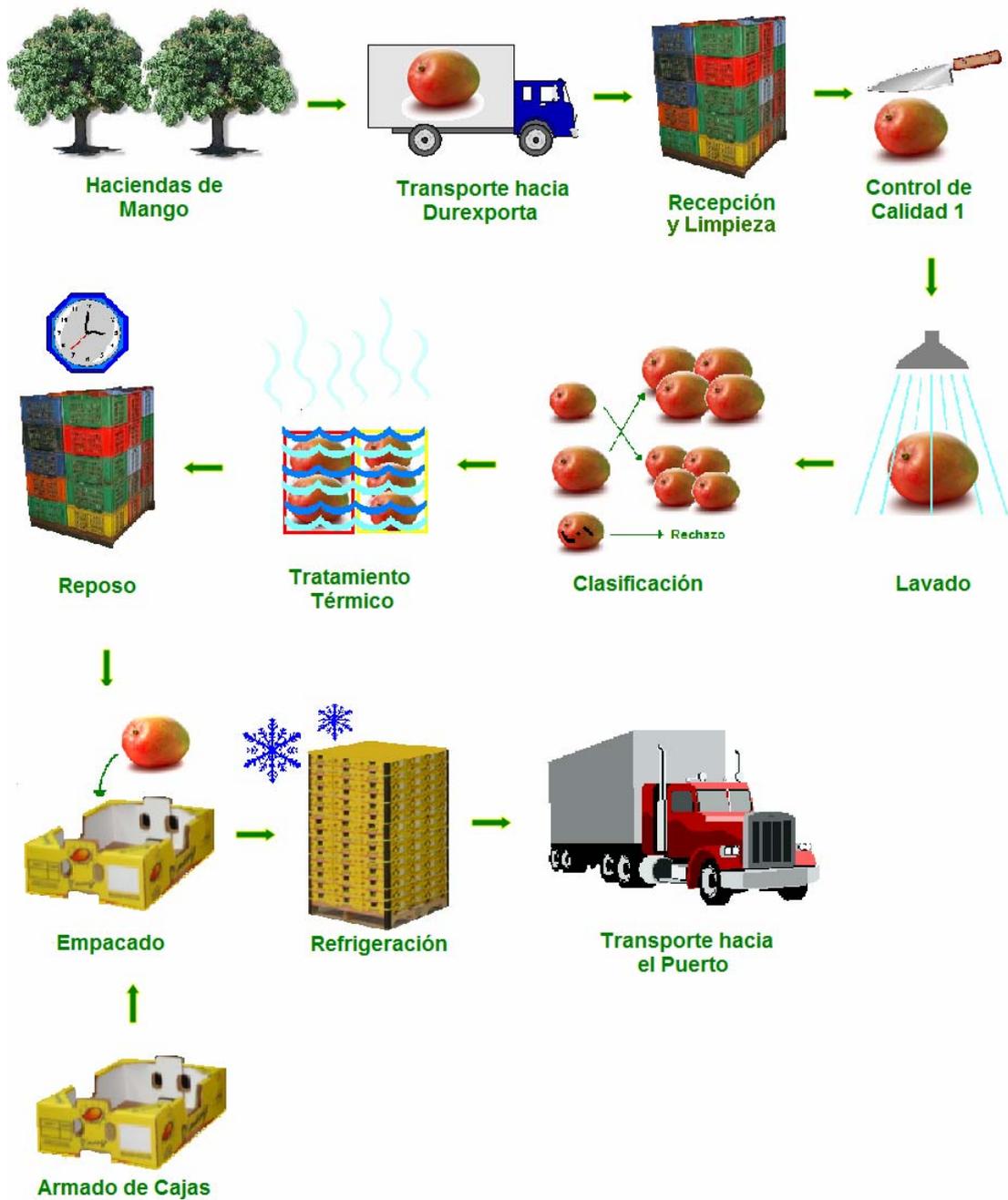


FIGURA 2.1 MACRO MAPA DEL PROCESO

### 2.1.1 Recepción Y Limpieza

Los camiones con las gavetas de mango provenientes de las diferentes haciendas con las que trabaja la empresa, ingresan a las instalaciones de la empresa y se dirigen a la parte posterior de la misma para ser descargados. La descarga es realizada manualmente por los estibadores, que apilan las gavetas de mangos sobre un pallet para ser después trasladadas al área de lavado, tal como se muestra en la figura 2.2.



**FIGURA 2.2 DESCARGA MANUAL DE GAVETAS SOBRE UN PALLET**

En el área de lavado, se carga manualmente cada gaveta sobre un riel que transporta los mangos a una piscina donde son lavados mediante la acción de rodillos y trasladados al proceso siguiente.

En el momento que pasan las gavetas sobre el riel hacia la piscina, se realiza un muestreo de los mangos con el fin de verificar que no se encuentren larvas dentro de los mismos.

### **2.1.2 Clasificación por Tiempos**

Los mangos son clasificados por una máquina que determina el tiempo que deberán pasar en el tratamiento térmico en base a su peso, con un tiempo de 75 minutos de duración (Tiempo 75) para los que se encuentran en el rango de 220 a 425 gramos, y de 90 minutos en el mismo tratamiento (Tiempo 90) para los que están entre 426 y 650 gramos.

Se puede realizar la misma clasificación en base al calibre (tamaño del mango). El calibre está definido por el número de mangos que pueden ser colocados dentro de una caja de cartón con dimensiones 34 x 27 cm., utilizada para su exportación. Para este tipo de clasificación están comprendidos los calibres 8 y 9 para el tiempo 90, mientras que para el tiempo 75 se tiene los calibres 10, 12 y 14. En ésta clasificación se respeta también el rango de peso establecido anteriormente.

Una vez identificado el rango de peso al cual pertenece el mango, éste es depositado en una banda transportadora que lleva el producto ya clasificado para ser recolectado en gavetas como se indica en la figura 2.3. En cada banda transportadora hay personal especializado que realiza un segundo control de calidad para retirar mangos con alguna característica física no deseada y para verificar el peso de los mismos, que a su criterio, no estén de acuerdo con las especificaciones determinadas.



**FIGURA 2.3 CLASIFICACIÓN DE MANGO Y SEGUNDO CONTROL DE CALIDAD**

Las gavetas con los mangos pertenecientes a un mismo rango, son colocadas sobre pallets metálicos hasta completar 30 gavetas, para ser llevados al área de tratamiento térmico.

### 2.1.3 Tratamiento Térmico

El tratamiento térmico consiste en sumergir los mangos dentro de agua que está a una temperatura de 40° C, con el fin de evitar cualquier proliferación de larvas dentro de la fruta. Para esto, se colocan los pallets pertenecientes a un mismo tiempo dentro de una jaula metálica con capacidad para 4 pallets. Una vez llena la jaula, ésta es colocada dentro de la piscina con el uso de una grúa como se indica en la figura 2.4. Cuando entra un pallet a la piscina, comienza a correr el tiempo explicado anteriormente del tratamiento térmico, controlado por una computadora.



**FIGURA 2.4 ENTRADA DE JAULA A PISCINA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO**

Culminado el tiempo del tratamiento, siendo éste 75 o 90 minutos, se retira la jaula de la piscina con la grúa y se la coloca en un área posterior a la misma. En ésta área se deja reposar la jaula por 30 minutos antes de continuar con el tratamiento.

El paso final es colocar la jaula dentro de otra piscina, que a diferencia de la primera, está llena de agua que mantiene una temperatura promedio de 14° C. El tiempo de inmersión de cada jaula en ésta piscina es de diez minutos y posteriormente es sacada de la misma con el uso de la grúa.

#### **2.1.4 Reposo**

Se denomina al tiempo que debe permanecer cada lote de mangos en el área de reposo mostrada en la figura 2.5, antes de poder ser empacados. Este tiempo es determinado mediante pruebas de dureza y grados Brix<sup>1</sup>, que son aplicadas a una muestra de cada lote. La duración del reposo puede ser de 12, 24 o 36 horas.



**FIGURA 2.5 PALLETS EN EL ÁREA DE REPOSO**

---

<sup>1</sup> Los grados Brix miden el cociente total de azúcar disuelta en un líquido.

### **2.1.5 Empacado**

El proceso de empacado se inicia cargando las gavetas del lote a empacar sobre el riel de descarga. El mango es vertido automáticamente sobre rodillos que lo transporta hacia el horno. El horno es una máquina que se encarga de encerar y pulir los mangos a medida que éstos pasan a través de la misma. Culminado este proceso, el mango es repartido directamente a las mesas de empacado mediante una banda transportadora.

En la figura 2.6 se muestra el personal encargado del empaque toma las cajas ya armadas de un riel con una cadena transportadora, paralelo a la mesa sobre la cual se encuentra el mango; coloca su número de identificación asignado y procede a llenar la caja con mango de un mismo calibre. Una vez completada la caja, la depositan sobre una banda transportadora que la lleva hacia la siguiente sección, en la cual se encuentran las personas que registran el número marcado en la caja, colocan los sellos correspondientes y los stickers sobre cada mango. Al final de esta sección se encuentran los estibadores, que son los encargados de colocar las cajas sobre los pallets.

Cada pallet posee una sola marca de caja, una sola variedad de mango y un solo calibre.



**FIGURA 2.6 DOS LÍNEAS DE EMPACADO DE MANGO**

### **2.1.6 Armado de Cajas**

El área de armado de cajas se encuentra sobre una plataforma elevada 3.5 metros sobre el nivel del piso.



**FIGURA 2.7 PERSONAS ARMADORAS DE CAJAS**

El armado de cajas puede ser realizado de dos formas: con máquina o manualmente. Se cuenta con dos máquinas para

armar cajas, que trabajan a un ritmo máximo de 2000 cajas por hora, cada una. El armado manual es realizado por mujeres como se muestra en la figura 2.7, cuyo número varía acorde con la demanda de trabajo y oscila entre 5 y 20 armadoras.

Las cajas armadas son almacenadas en la misma área de armado o enviadas inmediatamente al área de empacado por medio de un ducto. Ahí son receptadas por dos trabajadores que alimentan una línea provisional, a partir de la cual otros trabajadores colocan las cajas en el riel individual de cada una de las líneas de empacado que estén trabajando.

### **2.1.7 Área de Refrigeración**

El área de refrigeración está dividida en tres secciones: pre-cámara, túnel y cámara. Cada una de ellas mantiene una temperatura que depende de la función que desempeña.



**FIGURA 2.8 PALLETS DENTRO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN**

La pre-cámara se emplea para almacenar provisionalmente los pallets que no fueron completados. El túnel se encarga de extraer el calor de la pulpa del mango. Este proceso puede durar de 4 a 8 horas, según la capacidad de enfriamiento del túnel. Finalmente la cámara mostrada en la figura 2.8, es donde se almacenan los pallets debidamente enfriados para ser cargados en un contenedor para su exportación.

## **2.2 Descripción del Proceso de Armado Manual de Cajas**

De todas las áreas descritas anteriormente, esta tesis se centra en el área de armado de cajas. El enfoque en ésta se debe las ineficiencias observadas en el proceso de fabricación manual por una inadecuada distribución de los trabajadores que incide directamente en el flujo de trabajo, en la repartición del material y en la recolección de las cajas

armadas, además del manejo que se da al material de embalaje de los pallets y paquetes de cajas. Todo aquello se transforma en un alto nivel de inventario de cajas armadas que al final de la temporada tienen que ser desarmadas, conllevando un costo innecesario para la empresa que afecta su productividad.

El área de armado de cajas es de vital importancia dentro de la cadena de producción de la empresa pues de su eficiencia depende el ritmo de producción, ya que al no contar con la marca de caja requerida y el monto necesario, se retrasa la producción, generando interrupciones en la misma e incluso se incrementa el riesgo de maduración de la fruta.

La labor del Ingeniero Industrial es procurar que las actividades sean realizadas utilizando de manera totalmente eficiente todos los recursos, sean éstos: humanos, materiales, energéticos, etc. El área de armado de cajas cuenta con gran potencial de mejora atendiendo la manera de trabajo y el ambiente donde se realiza el mismo, entre otros, puesto que con su cambio, se puede contribuir así a la mejora global del costo-producción de la empresa ante las organizaciones internacionales que la auditan.

### 2.2.1 Preparación de la Materia Prima

**Pallets de cajas:** El encargado de la bodega de cajas con su asistente, sacan de la bodega los pallets de cajas que están formados por 48 paquetes de cajas, de 30 unidades cada uno. Su traslado hasta el área de armado de cajas es facilitado al estar montados sobre pallets metálicos con ruedas y utilizando para ir al nivel superior el ascensor que se encuentra en el exterior de la bodega. El ascensor llega hasta la plataforma sobre la cual se encuentra el área de armado de cajas y los pallets son conducidos por el pasillo mostrado en la figura 2.9, hasta donde están ubicadas las máquinas automáticas armadoras. No es posible llevarlos más cerca del área donde están las personas que lo hacen manualmente porque no hay espacio por el cual puedan pasar.



**FIGURA 2.9 PASILLO QUE UNE EL ÁREA DE ARMADO DE CAJAS CON EL ASCENSOR DE LA BODEGA DE CAJAS**

**Remoción del material de embalaje del pallet:** Los pallets vienen envueltos con una lámina plástica y sujetos con cintas plásticas. Adicionalmente poseen cuatro pedazos de cartón de 150cm x 95cm, dos en la parte inferior y dos en la parte superior para proteger a los paquetes de cartones de ser dañados por las cintas plásticas que los sujetan al pallet.

### **2.2.2 Armado Manual de Cajas**

Cada paquete de cajas viene sujeto con cintas plásticas y dos tiras de cartón de 17cm x 147cm. Las últimas son apiladas sobre el piso para ser amarradas después de haber acumulado aproximadamente 20 unidades. Al no contar con una estructura para almacenarlos, éstas constantemente se caen y el trabajador debe acomodarlas varias veces. No hay un lugar adecuado para desechar la lámina plástica retirada y ésta es amontonada, las cintas plásticas en su mayoría son tiradas al piso.

**Armado manual de cajas:** Las personas armadoras de cajas se encuentran dispuestas en dos filas paralelas, frente a frente. Hay dos encargados de abastecerlas con las cajas necesarias; ellos

toman los paquetes de cartones de tres en tres y los colocan en el centro del área donde están ellas. Después reparten un paquete de cajas a cada armadora y retiran el material de embalaje del paquete. Este material, que son dos tiras de cartón, son llevadas de vuelta al sitio donde están los paquetes de cartones en el centro del área donde están las armadoras. Los abastecedores reparten los paquetes a cada armadora de cajas a medida que ellos vean que los necesitan. Las armadoras arman las cajas y las colocan a un lado, sobre el piso como se indica en la figura 2.10. Ellas van formando columnas de 10 cajas armadas que son retiradas por otro trabajador.



**FIGURA 2.10 ÁREA DE ARMADO DE CAJAS CON CARGA DE TRABAJO LIGERA**

### 2.2.3 Proceso de Alimentación de Cajas al Área de Empacado

- **Pasar cajas al área de empacado por el ducto:** Hay un ducto que conecta el área de armado de cajas con el área de empacado y por el mismo son enviadas las cajas.
- **Colocar cajas en la línea provisional:** Las cajas que vienen por el ducto, son colocadas en una línea provisional en columnas de 10 a 15 cajas cada una, hasta un máximo de 40 columnas. La línea provisional tiene 11 m de longitud, se encuentra a una altura de 1.4 m y transporta las cajas a lo largo de la misma por medio de un mecanismo de cadenas.
- **Colocar cajas en riel de cada línea activa de empacado:** Las cajas de la línea provisional son tomadas de 4 en 4 y colocadas sobre los rieles que abastecerán las cajas a las empacadoras. Estas líneas poseen también un mecanismo de cadena transportadora para mover las cajas. El riel mide 18.85 m de longitud y posee una capacidad de albergue de 280 cajas, apiladas en columnas de 4 unidades.



**FIGURA 2.11 EQUIPO AUXILIAR PARA ABASTECER CAJAS AL ÁREA DE EMPACADO**

#### **2.2.4 Proceso de Almacenamiento de Cajas para Inventario**

Las cajas armadas para inventario son almacenadas en la parte lateral derecha de la plataforma del área de armado de cajas. Las cajas son almacenadas en columnas de 30 unidades.

#### **2.2.5 Operadores**

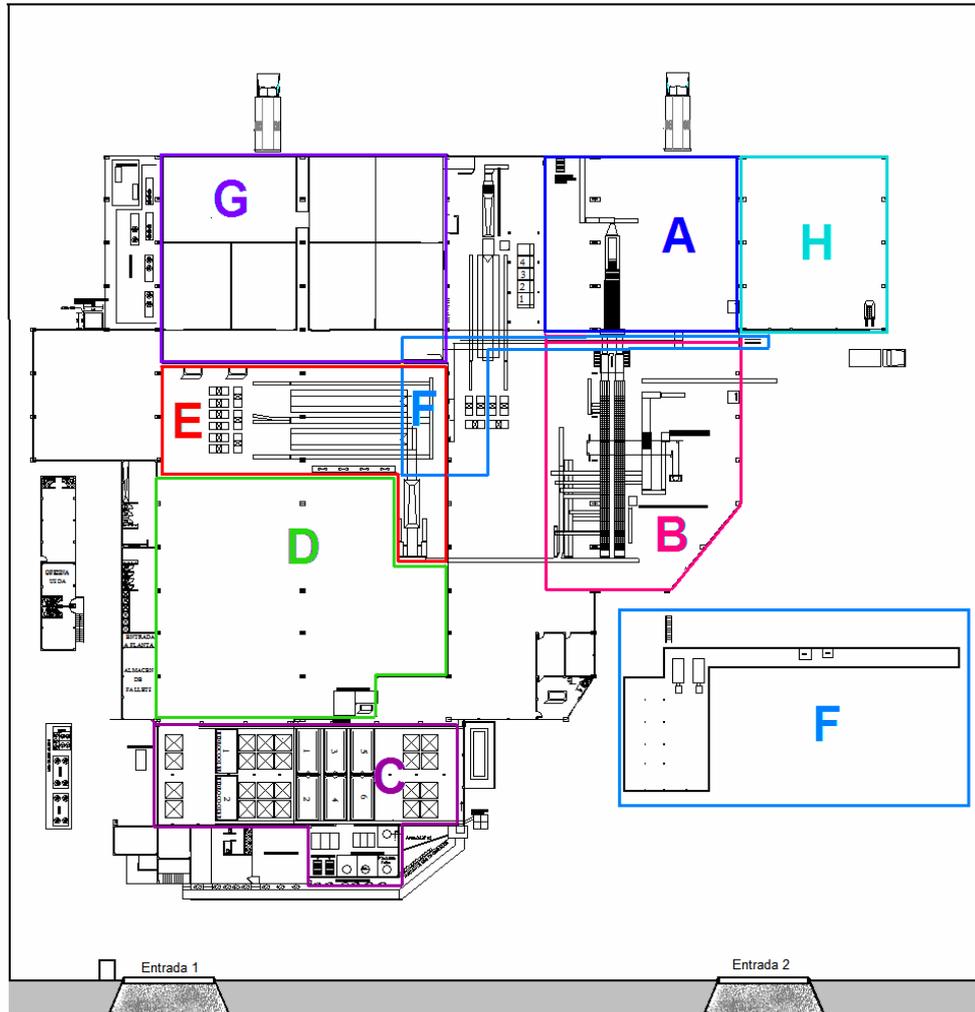
La demanda de trabajo varía a lo largo de toda la temporada que va desde finales de septiembre hasta mediados de enero. En la misma se observa una duplicación de la demanda en el período comprendido entre finales de octubre y mediados de diciembre, tiempo denominado: “Época Pico”; es por este motivo que la

cantidad de personal requerido para satisfacer la demanda varía en las cantidades mostradas en la tabla 1:

**TABLA 1**  
**PERSONAL PARA ARMADO MANUAL DE CAJAS**

<b>Cargo</b>	<b>Número de Trabajadores</b>	
	<b>Promedio</b>	<b>Época Pico</b>
Armadoras	10	20
Abastecedores	2	2
Apiladores	3	4
Receptores de cajas	2	2
Alimentadores	2 por línea	2 por línea
Ayudante cajas en línea de empaçado	1	1
Bodeguero	1	2

### 2.3 Distribución de la Planta



Km. 14 1/2 Vía Daule

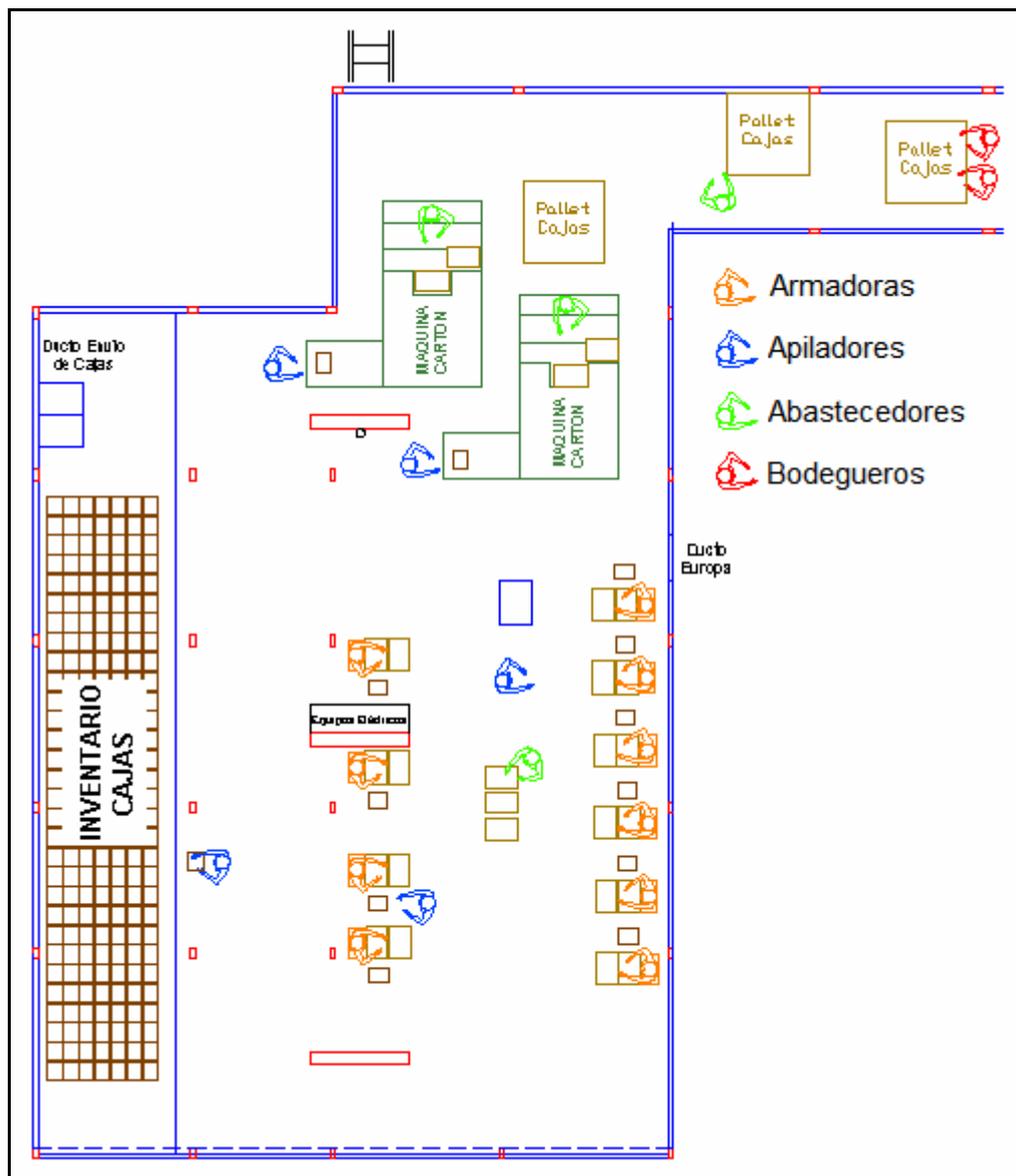
- |  |                                  |                                    |
|--|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> Área de Recepción y Lavado        | <b>D</b> Área de Reposo          | <b>G</b> Área de Refrigeración     |
| <b>B</b> Área de Clasificación por Tiempos | <b>E</b> Área de Empacado        | <b>H</b> Bodega de Cajas y Rechazo |
| <b>C</b> Área de Tratamiento Térmico       | <b>F</b> Área de Armado de Cajas |                                    |

**FIGURA 2.12 MACRO MAPA DE LA PLANTA**

En la figura 2.12 están diagramadas las distintas áreas de la empresa, de las cuales nos enfocaremos en el área de armado de cajas (F), la

misma que se encuentra sobre una plataforma a 3.5m de altura, entre las áreas de clasificación y empaclado.

### 2.3.1 Distribución del Área de Armado de Cajas



**FIGURA 2.13 PLATAFORMA DEL ÁREA DE ARMADO DE CAJAS**

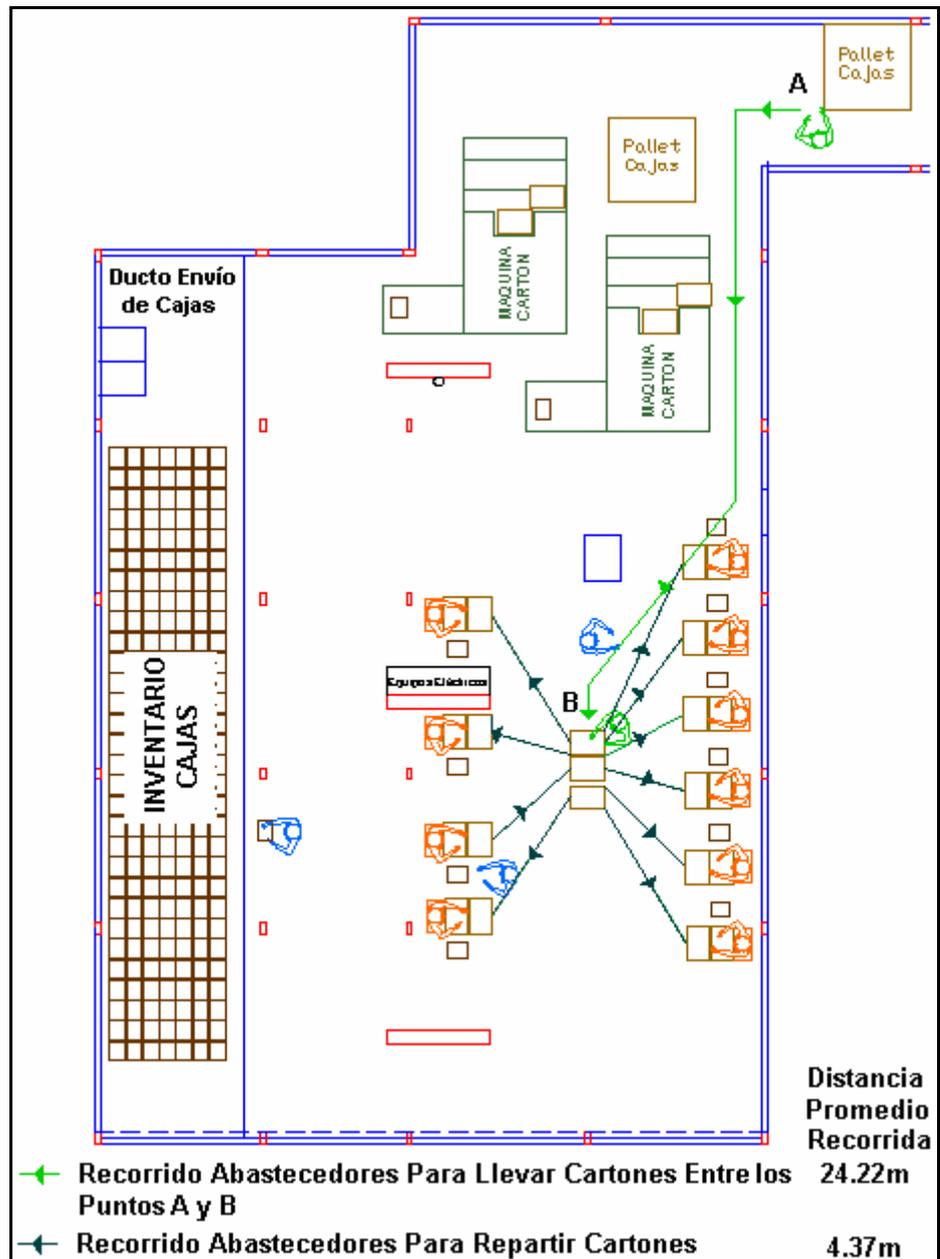
En la figura 2.13 se encuentra detallada la distribución del personal dentro del área de armado de cajas. El número de personas para cada puesto varía en función de la temporada, sin embargo, todos los cargos que se desenvuelven sobre la plataforma del área de armado de cajas han sido diagramados.

### **2.3.2 Diagramas de Recorrido y de Flujo de Materiales**

A continuación se detallan los diagramas de recorrido y de flujo de materiales más importantes en el área de armado de cajas.

- **Diagrama de Recorrido de los Abastecedores de Cajas para Abastecer de Material a las Personas Armadoras de Cajas**

En la figura 2.14 se muestra la trayectoria que deben seguir los abastecedores para dar el material a las personas armadoras de cajas.

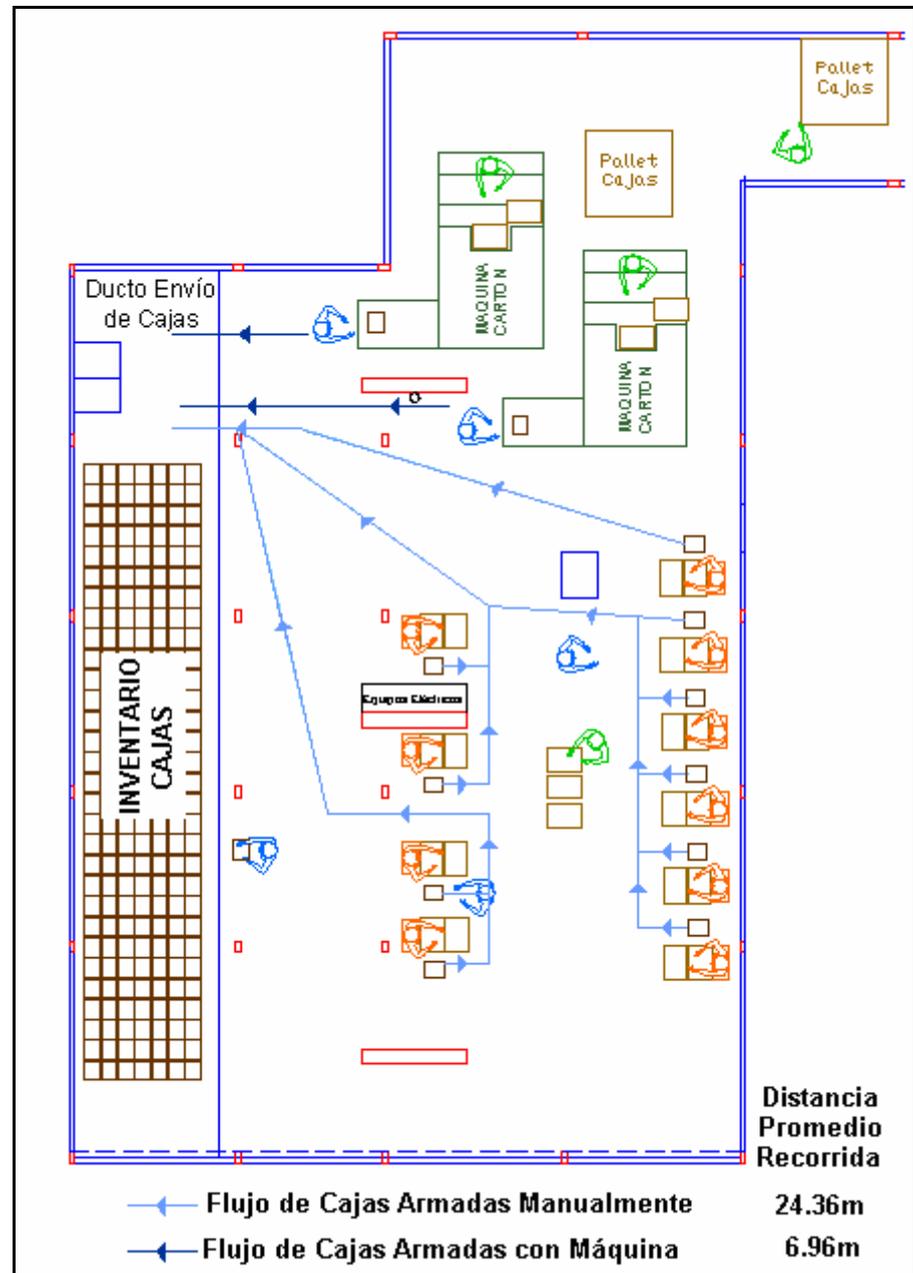


**FIGURA 2.14 RECORRIDO DE LOS ABASTECEDORES DE CAJAS**

Las distancias recorridas fueron medidas desde que los trabajadores van de un punto a otro y retornan. En el caso de los abastecedores, cada uno de ellos recorre en promedio

4.37m para repartir las cajas a las personas armadoras; adicionalmente recorren una distancia de 24.22m para llevar los paquetes de cajas a un área más próxima a las armadoras para agilizar su reparto (entre los puntos A y B de la figura 2.16). Este recorrido causa mayor desgaste del trabajador al tener que cargar un peso aproximado de 21 kg en paquetes de cartones de cajas, esto no sería necesario si fuese posible acercar el pallet de cajas al sector donde serán utilizados.

- Diagrama del Flujo de las Cajas Armadas para Uso Inmediato en el Área de Empacado



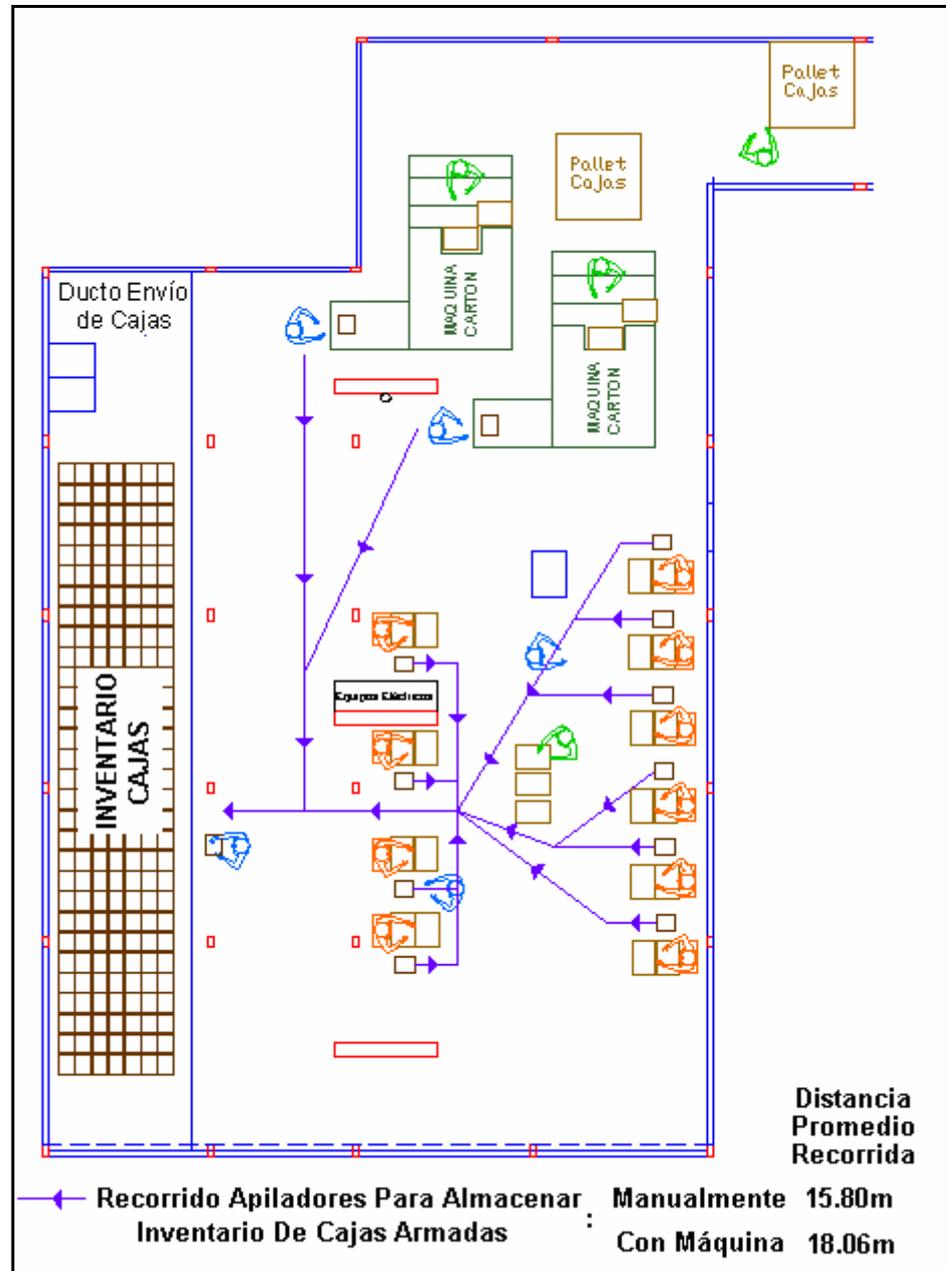
**FIGURA 2.15 FLUJO DE CAJAS ARMADAS PARA USO INMEDIATO EN EL ÁREA DE EMPACADO**

En la figura 2.15 se detallan las rutas que siguen los apiladores para llevar las cajas armadas hacia el ducto por el cual serán enviadas al área de empaclado.

La distancia promedio recorrida especificada en el plano corresponde al promedio de las distancias que caminan los apiladores desde que recogen las cajas armadas de cada persona armadora hasta que las llevan al ducto por el cual serán enviadas y su retorno.

En el caso de las cajas armadas con máquina, hay un apilador de cajas por máquina, los mismos que recorren en promedio una distancia de 6.96m al llevar las cajas al ducto de envío y retornar por más.

- Diagrama del Flujo de las Cajas Armadas para Almacenar como Inventario



**FIGURA 2.16 RECORRIDO DE LOS APILADORES PARA ALMACENAR LAS CAJAS ARMADAS PARA INVENTARIO**

En la figura 2.16 se detalla el recorrido que realizan los apiladores para llevar las cajas armadas hasta el sitio donde serán almacenadas. En el diagrama se ha trazado la ruta que se sigue para almacenar las cajas en la parte central del área de almacenamiento de cajas con el fin de determinar la distancia promedio a recorrer, sin embargo, las cajas pueden ser almacenadas en cualquier sección disponible del área para inventario de cajas.

Las distancias recorridas indicadas son un promedio de las rutas posibles según la posición de las armadoras o máquinas y corresponden a la distancia comprendida entre el punto donde se recogen las cajas hasta su punto de almacenamiento y su retorno.

#### **2.4 Toma de Tiempos del Proceso de Armado de Cajas**

La información presentada a continuación comprende la toma de tiempos de las principales actividades del armado manual de cajas, más no un estudio de tiempos en el cual se califique el desempeño del operario ya que no es el fin obtener tiempos estándares de operación,

sino los tiempos promedio de las actividades para emplearlos en el modelo de simulación:

- Preparación de la materia prima
  - Remover los cartones de la base del pallet y llevarlos a su sitio de almacenamiento
  - Sacar pallet vacío
  - Colocar el pallet nuevo
  - Remover embalaje del pallet nuevo
- Armado manual de cajas
  - Llevar paquetes de cajas al lugar de acopio
  - Repartir cajas a las armadoras
  - Armar cajas
  - Transportar las cajas para uso en el área de empacado.
  - Transportar las cajas armadas para inventario a su sitio de almacenamiento
- Almacenamiento de cajas armadas para inventario
  - Formar base de cajas
  - Formar columna de cajas
  - Colocar columna de cajas sobre la base
- Almacenamiento del cartón de embalaje
  - Amarrar las tiras de cartón de embalaje
  - Llevar los paquetes de tiras a su lugar de almacenamiento

Durante la toma de tiempos se empleó el cronometraje con vuelta a cero, midiendo el tiempo con centésimas de segundo.

Se tomaron muestras (n) cuyo tamaño varió según la actividad, siendo el mínimo 20 y se calculó el número de observaciones (N) a tomar para poder determinar las distribuciones estadísticas de los tiempos de cada actividad empleando la siguiente fórmula:

$$N = \left( \frac{st_{\alpha/2}}{k\bar{x}} \right)^2$$

Donde:

N = Número de observaciones

k = Porcentaje aceptable de  $\bar{x}$ , en este caso 10%

t = Valor de la tabla de valores críticos de la distribución t de Student, según el tamaño n de la muestra y el valor de  $\alpha=0.05$  (porcentaje de confianza = 95%)

$\bar{x}$  = Media de la muestra

s = Desviación estándar de la muestra

A continuación se muestra a manera de ejemplo el uso de la fórmula anterior para determinar el número de observaciones a realizar del armado manual de cajas a partir de una muestra de 34 observaciones:

$$N = \left( \frac{st_{\alpha/2}}{k\bar{x}} \right)^2 = \left( \frac{1.03 \times 2.03}{0.10 \times 7.89} \right)^2 = 7.02 \approx 8$$

Un N=8 nos indica que el número de observaciones realizadas en la muestra inicial son suficientes para poder determinar la distribución estadística del tiempo de armado manual de cajas.

Se empleó el software Stat::Fit para determinar las distribuciones de los tiempos observados para cada actividad. Stat::Fit emplea entre otras, la prueba Kolmogorov Smirnov (KS) para determinar la bondad de ajuste con respecto a una distribución dada en función de los datos ingresados al programa.

<b>Lognormal</b>		
minimum	=	6. [fixed]
mu	=	0.478974
sigma	=	0.583535
<b>Kolmogorov-Smirnov</b>		
data points		34
ks stat		9.06e-002
alpha		5.e-002
ks stat[34,5.e-002]		0.227
p-value		0.919
result		DO NOT REJECT

**FIGURA 2.17 RESULTADO DE LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DEL SOFTWARE STAT::FIT**

Como podemos observar en la figura 2.17, al comparar la distribución acumulada de la muestra con una distribución Lognormal, se obtuvo un valor p de 0.919, indicando una alta

probabilidad de ajuste. Al momento de seleccionar la distribución que mejor se adapta a la muestra, se comparan los valores p de la prueba KS para todas las distribuciones disponibles en el programa y se selecciona aquella con el mayor valor.

#### **2.4.1 Toma de Tiempos del Proceso de Preparación de la Materia Prima**

La preparación de la materia prima está formada por varias actividades, a cada una de ellas se les realizó la toma de tiempos como se muestra a continuación:

- **Toma de Tiempos del Almacenamiento de los Cartones de la Base del Pallet**

Una vez que se han utilizado todas las cajas del pallet, se remueven los cartones que se encuentran en la base del pallet y se los almacena a lo largo del pasillo que une la plataforma del área de cajas con la bodega. Se cronometró el tiempo que toma realizar esta actividad, más el tiempo en retornar al puesto de trabajo. Esta no es una actividad continua, ya que se debe esperar a que se termine de utilizar los 48 paquetes de cajas que vienen en cada pallet.

Se procedió a tomar una muestra de tamaño 20, con la cual se calculó una muestra final de tamaño 13, por lo que se empleó la muestra inicial para el cálculo de la distribución de los tiempos mostrada en la tabla 2:

**TABLA 2**

**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA ALMACENAR LOS  
CARTONES DE LA BASE DEL PALLET**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	43.91 seg.
<b>Sigma</b>	7.44 seg.

- **Toma de Tiempos de Sacar el Pallet Vacío**

Los pallets de madera sobre los cuales vienen los cartones de las cajas, están a su vez montados sobre un pallet metálico con ruedas. En este paso se cronometró el tiempo que transcurre desde que se saca el pallet de madera, se lo apila sobre los demás pallets de madera que se encuentran en el pasillo hacia la bodega y se levanta el pallet metálico para arrimarlo junto a los demás pallets metálicos arrimados en la misma sección. Se tomó una muestra inicial de tamaño 20, de la cual se determinó una segunda muestra de tamaño 11, por lo que se calculó la distribución de tiempos indicada en la tabla 3, con la muestra inicial:

**TABLA 3**  
**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA SACAR EL PALLET VACÍO**

<b>Distribución</b>	Lognormal
<b>Mínimo</b>	7.00 seg.
<b>Mu</b>	1.26 seg.
<b>Sigma</b>	0.50 seg.

- **Toma de Tiempos de Colocar el Pallet Nuevo**

El ciclo medido para esta toma de tiempos comienza cuando el bodeguero empuja el pallet de cartones que ya ha sido traído de la bodega y colocado cerca de su punto de uso, hasta que se termina de posicionarlo adecuadamente. Para esta actividad se tomó de igual manera una muestra inicial de tamaño 20, a partir de la cual se determinó una muestra final de tamaño 23 con la distribución de probabilidades mostrada en la tabla 4:

**TABLA 4**  
**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE COLOCAR EL PALLET NUEVO**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	21.31 seg.
<b>Sigma</b>	4.37 seg.

- **Toma de Tiempos de Remover el Material de Embalaje de los Pallets de Cartones**

Para remover el material de embalaje, se tomó una muestra inicial de tamaño 20 y se estableció un tamaño de muestra final de tamaño 6. El tiempo fue medido desde que se comenzaba a romper la lámina plástica que envuelve al pallet de cartones, hasta que se termina de romper las cintas individuales que envuelven las cajas. Todo este proceso posee la distribución de tiempos indicada en la tabla 5:

**TABLA 5**

**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA REMOVER EL EMBALAJE DE LOS PALLETS DE CARTONES**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	229.09 seg.
<b>Sigma</b>	26.81 seg.

#### **2.4.2 Toma de Tiempos del Proceso de Armado Manual de Cajas**

- **Toma de Tiempos de Transportar los Paquetes de Cajas al Lugar de Acopio**

Se cronometraron los tiempos que les tomaban a los abastecedores en llevar los paquetes de cajas desde el lugar en el cual se encontraba el pallet de cajas hasta que los colocaban en la mitad del área donde estaban las armadoras

manuales de cajas. De ésta actividad se tomó una muestra de tamaño 20, a partir de la cual se determinó una muestra de tamaño final de 12, por lo cual no fue necesario tomar más tiempos y se obtuvo la distribución de tiempos indicada en la tabla 6:

**TABLA 6**

**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA TRANSPORTAR  
PAQUETES DE CAJAS AL LUGAR DE ACOPIO**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	31.18 seg.
<b>Sigma</b>	4.23 seg.

- **Toma de Tiempos de Repartir las Cajas a las Personas Armadoras**

Se procedió a tomar el tiempo que en el que un abastecedor repartía las cajas a las armadoras. El ciclo medido comprende los siguientes elementos:

- Tomar un paquete de cajas
- Llevar el paquete de cajas a una armadora
- Remover las tiras de embalaje del paquete de cajas
- Retornar con las tiras de embalaje al sitio donde están los paquetes de cajas, apilarlas y tomar otro paquete.

De una muestra de tamaño 20, se obtuvo que era necesario realizar una observación final de tamaño 27, de la cual se obtuvo la distribución de probabilidad en la tabla 7:

**TABLA 7**

**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE REPARTIR CAJAS A LAS PERSONAS ARMADORAS**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	16.95 seg.
<b>Sigma</b>	3.25 seg.

- **Toma de Tiempos a las Armadoras de Cajas**

Se observó durante dos días el armado manual de cajas, periodo durante el cual se tomaron los tiempos de armado a 7 diferentes armadoras. El lapso medido está comprendido entre el momento en que la armadora pone una caja armada en el piso y el momento en que coloca otra caja encima. Las observaciones a realizar están detalladas en la tabla 8:

**TABLA 8**

**TAMAÑO DE MUESTRAS Y DE OBSERVACIONES FINALES PARA LOS TIEMPOS DE ARMADO DE CAJAS**

<b>Armadora</b>	<b>Tamaño Inicial de Muestra (n)</b>	<b>Tamaño de Muestra Calculado (N)</b>
A1	26.00	6.98
A2	31.00	3.10
A3	34.00	6.65
A4	31.00	10.75
A5	30.00	14.80
A6	23.00	8.62
A7	26.00	11.24

El tamaño de muestra inicial tomado es satisfactorio para las condiciones establecidas, por lo que podemos determinar la distribución de los tiempos con las muestras iniciales.

Los resultados de las distribuciones obtenidas con Stat::Fit se muestran en la tabla 9:

**TABLA 9**  
**DISTRIBUCIONES DE LOS TIEMPOS TOMADOS A 7 ARMADORAS**

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<b>Distribución</b>	Lognormal	Normal	Normal	Uniforme	Lognormal	Normal	Uniforme
<b>Mínimo</b>	6.00	-	-	6.00	6.00	-	7.00
<b>Máximo</b>	-	-	-	11.30	-	-	12.51
<b>Media/Mu</b>	0.48	7.16	7.22	-	0.57	9.72	-
<b>Sigma</b>	0.58	0.60	0.90	-	0.75	1.35	-

Al obtener diferentes distribuciones de probabilidad para cada armadora, se procedió a realizar el análisis Anova<sup>2</sup> para poder determinar si las medias de las poblaciones son iguales, con el fin de calcular un tiempo de armado de cajas más general. Para esto se empleó el software Minitab, el mismo que en el análisis de varianza, extiende la prueba t de dos muestras para probar la igualdad de dos medias poblacionales a una hipótesis nula más general de comparar la igualdad de más de dos medias, versus siendo ninguna de ellas iguales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_7$$

---

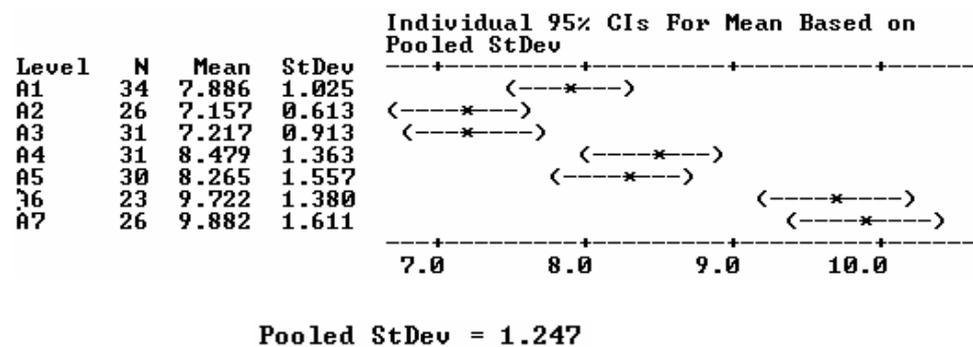
<sup>2</sup> Analysis Of Variance (Análisis de varianzas)

$H_1$ : Existe al menos una media diferente a las demás

**One-way ANOVA: A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	6	188.75	31.46	20.22	0.000
Error	194	301.90	1.56		
Total	200	490.66			

S = 1.247    R-Sq = 38.47%    R-Sq(adj) = 36.57%



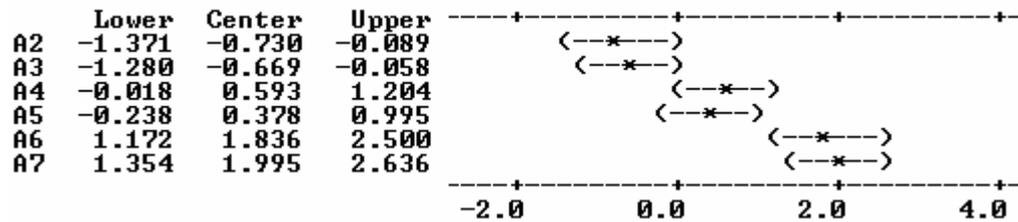
Para poder aceptar  $H_0$ , se debe obtener un valor de P mayor o igual a 0.05, en este caso el valor de P es igual a 0.00, por lo cual debemos rechazar  $H_0$  y concluir que hay al menos una media diferente.

Con el fin de poder determinar si es posible agrupar los tiempos de armado entre algunas de las armadoras, se emplea la prueba de FISHER. Mediante esta prueba se obtienen intervalos individuales de confianza del 95% para la diferencia de medias de cada combinación posible entre las armadoras. Se determina que hay igualdad de medias cuando el intervalo de confianza generado incluye el cero.

**Fisher 95% Individual Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons**

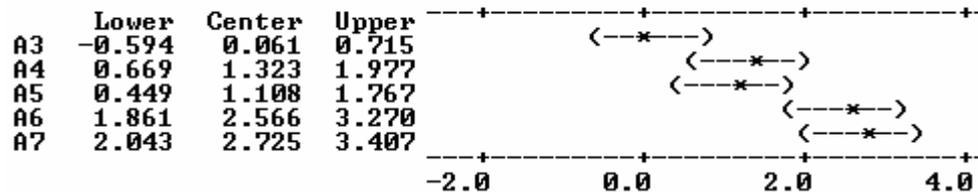
Simultaneous confidence level = 56.43%

A1 subtracted from:



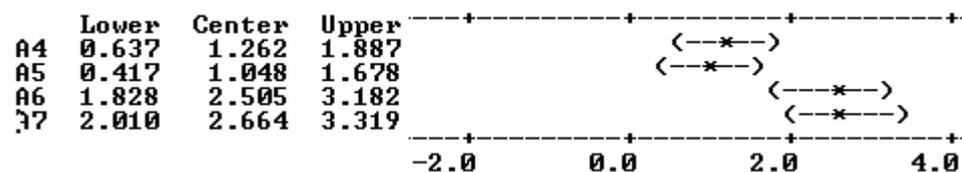
- Es posible agrupar los tiempos de armado de cajas de las armadoras A1, A4 y A5.

A2 subtracted from:



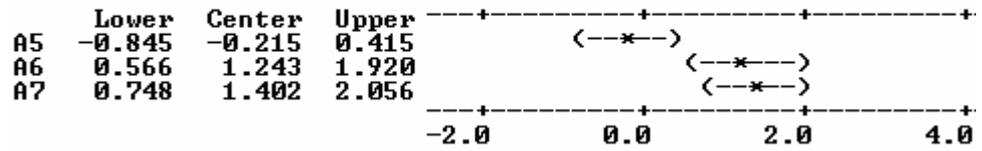
- Es posible agrupar los tiempos de armado de cajas de las armadoras A2 y A3.

A3 subtracted from:



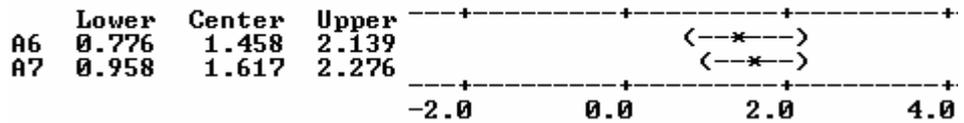
- No hay medias de armado de cajas que sean iguales entre las armadoras A3, A4, A5, A6 Y A7.

**A4 subtracted from:**



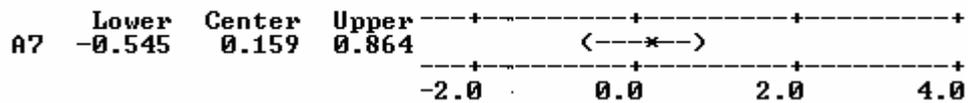
- Es posible agrupar los tiempos de armado de cajas de las armadoras A4 y A5.

**A5 subtracted from:**



- No hay medias de armado de cajas que sean iguales entre las armadoras A5, A6 Y A7.

**A6 subtracted from:**



- Es posible agrupar los tiempos de armado de cajas de las armadoras A6 y A7.

Al verificar los tiempos de armado que se pueden agrupar, se determinó su distribución mostrada en la tabla 10:

TABLA 10

**DISTRIBUCIONES DE LAS MUESTRAS AGRUPADAS DE  
LOS TIEMPOS DE ARMADO MANUAL DE CAJAS**

	A2,A3	A1,A4,A5	A6,A7
<b>Distribución</b>	Weibull	Johnson	Uniforme
<b>Mínimo</b>	5.64	6.20	7.00
<b>Máximo</b>	-	-	12.51
<b>Alpha</b>	2.08	-	-
<b>Beta</b>	1.74	-	-
<b>Lambda</b>	-	6.36	-
<b>Gamma</b>	-	0.80	-
<b>Delta</b>	-	0.83	-

- **Toma de Tiempos de Transportar Cajas Armadas al Área de Empacado**

En el proceso de transporte de las cajas al área de empacado se cronometró a uno de los apiladores tomando una muestra inicial de tamaño 20. El tiempo cronometrado comprende el momento en que el apilador toma las cajas, las lleva al ducto y retorna para tomar más cajas. Después de haber aplicado la fórmula para calcular el tamaño de muestra, se realizaron 34 observaciones, las cuales tienen la distribución de probabilidad indicada en la tabla 11:

TABLA 11

**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA EL TRANSPORTE DE  
CAJAS ARMADAS MANUALMENTE HACIA EL ÁREA DE  
EMPACADO**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	20.62 seg.
<b>Sigma</b>	3.75 seg.

- **Toma de Tiempos de Transportar Cajas Armadas para Inventario**

De manera similar a la toma de tiempos anterior, se tomó una muestra inicial de tamaño 20 del tiempo que le tomaba a un apilador llevar las cajas desde el sitio en el cual está ubicada una armadora hasta el área de almacenamiento de cajas armadas y retornar a tomar más cajas armadas. Finalmente se realizaron 32 observaciones, las cuales poseen la distribución de tiempos detallada en la tabla 12:

**TABLA 12**

**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS PARA EL TRANSPORTE DE CAJAS ARMADAS MANUALMENTE PARA INVENTARIO**

<b>Distribución</b>	Normal
<b>Media</b>	16.09 seg.
<b>Sigma</b>	3.53 seg.

**2.4.3 Toma de Tiempos del Proceso de Almacenamiento de Cajas en Inventario**

Las cajas que son armadas para crear inventario, son apiladas en columnas de 30 unidades. Primeramente se forma la base de 10 unidades y después se coloca cuidadosamente una columna de 20 unidades sobre la anterior. En la tabla 13 se encuentran

los detalles de la toma de tiempos de esta actividad, que fue realizada tomando los tiempos de un trabajador:

**TABLA 13**

**RESUMEN DE LA TOMA DE TIEMPOS PARA ALMACENAR LAS CAJAS**

PASOS		Formar la base de 10 cajas	Formar columna de 20 cajas	Colocar columna de cajas sobre la base
ELEMENTOS DEL CICLO MEDIDO	INICIO	Tomar columna de cajas	Acomoda base de 10 cajas	Toma columna de 20 cajas
	FIN	Colocar las cajas en el sitio correspondiente	Colocar columna de 10 cajas sobre la columna anterior de cajas	Asegurarse de que la columna está estable
Tamaño de Muestra		20	20	20
N		25	25	26
DISTRIBUCIÓN		Normal	Normal	Normal
Media		11.05 seg.	10.97 seg.	13.28 seg.
Sigma		2.28 seg.	2.64 seg.	2.69 seg.

**2.4.4 Toma de Tiempos del Proceso de Almacenamiento del Cartón de Embalaje**

Esta actividad encierra dos tareas: amarrar las tiras de cartón que envuelven a los paquetes de cajas y llevarlas a su sitio de almacenamiento. Se cronometraron estas actividades a uno de los abastecedores, obteniendo los resultados de la tabla 14:

**TABLA 14**

**RESUMEN DE LA TOMA DE TIEMPOS DEL ALMACENAMIENTO DE CARTÓN DE EMBALAJE**

PASOS		Amarrar tiras de cartón	Llevar tiras amarradas y retornar al puesto de trabajo
ELEMENTOS DEL CICLO MEDIDO	INICIO	Tomar piola	Tomar tiras
	FIN	Suelta piola del segundo nudo	Retornar al sitio de trabajo
Tamaño de Muestra		20	20
N		10	17
DISTRIBUCIÓN		Normal	Normal
Media		93.59 seg.	44.44 seg.
Sigma		14.15 seg.	6.66 seg.

## 2.4.5 Toma de Tiempos. Tabla Resumen

**TABLA 15**  
**RESUMEN DE LA TOMA DE TIEMPOS**

ACTIVIDAD	TAREAS	DISTRIBUCIÓN	Mín. (Seg.)	Máx. (Seg.)	Media (Seg.)	Sigma (Seg.)	Formato ProModel
Preparación de la materia prima	Remover cartones de base del pallet y llevarlos al fondo	Normal	-	-	43.91	7.44	$N(43.91, 7.44)$
	Sacar pallet vacío	Lognormal	7	-	2.17	0.55	$U(2.17, 0.553, 1.7)$
	Colocar pallet nuevo	Normal	-	-	21.31	4.37	$N(21.31, 4.37)$
	Desembalar pallet de cartones	Normal	-	-	229.09	26.81	$N(229.09, 26.81)$
	Llevar cajas al lugar de acopio	Normal	-	-	31.18	4.23	$N(31.18, 4.23)$
	Repartir cajas a armadoras	Normal	-	-	16.95	3.25	$N(16.95, 3.25)$
	Armar cajas 2	Weibull	-	-	-	-	$6.10+W(2.08, 1.74)$
Armado manual de cajas	Armar cajas 3						
	Armar cajas 1						
	Armar cajas 4						
	Armar cajas 5	Johnson	-	-	-	-	$6.20+6.36*(1/(1+EXP(-(N(0, 1)+0.799)/0.833)))$
	Armar cajas 6						
	Armar cajas 7	Uniforme	7	12.51	-	-	$U(9.76, 2.76)$
	Recolección de cajas para inventario	Normal	-	-	16.09	3.53	$N(16.09, 3.53)$
Almacenamiento del inventario	Recolección de cajas para uso inmediato	Normal	-	-	20.62	3.75	$N(20.61, 3.75)$
	Formar la base de 10 cajas	Normal	-	-	11.05	2.28	$N(11.05, 2.28)$
	Formar columna de 20 cajas	Normal	-	-	10.97	2.64	$N(10.97, 2.64)$
	Colocar columna de cajas sobre la base	Normal	-	-	13.28	2.68	$N(13.28, 2.69)$
Almacenamiento del cartón de embalaje	Amarrar scrap	Normal	-	-	93.59	14.15	$N(93.59, 14.15)$
	Llevar scrap amarrado y retornar al puesto de trabajo	Normal	-	-	44.44	6.66	$N(44.44, 6.66)$

# **CAPÍTULO 3**

## **3. MODELO DE SIMULACIÓN**

Al haber recolectado toda la información referente al armado manual de cajas, se procedió a realizar un modelo informático que represente la situación real de la producción de cajas manuales.

### **3.1 Objetivo del Modelo**

Representar la situación actual del armado manual de cajas tomando en cuenta los procesos que lo conforman y su secuencia, con el fin de evaluar el impacto de las potenciales mejoras.

### **3.2 Fuentes de Información**

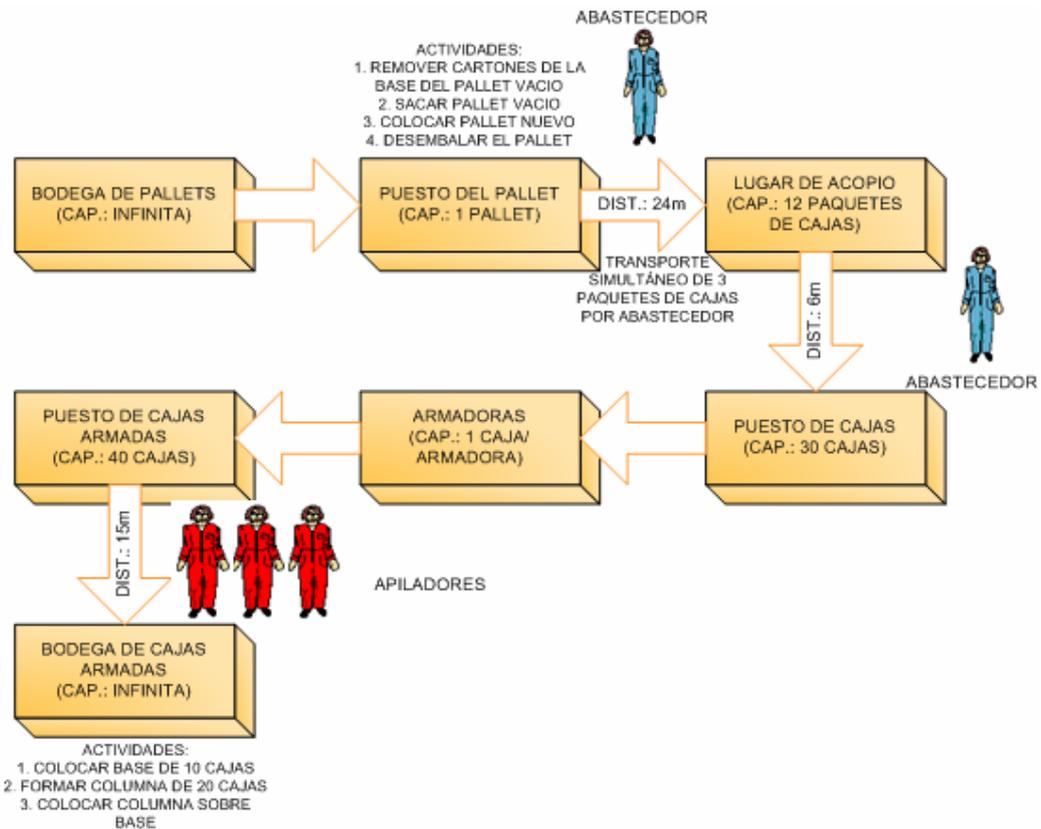
Para representar de manera realista las actividades del armado manual de cajas, se observó directamente el proceso, se realizó un

diagrama de flujo de proceso y se tomaron las actividades contenidas en el mismo.

Adicionalmente se obtuvo información secundaria al dialogar con los trabajadores acerca de sus hábitos y reglas de trabajo, con el fin de tomarlas en cuenta al desarrollar el modelo de simulación.

### **3.3 Lógica del Modelo de Simulación**

En el siguiente diagrama se muestra la secuencia de las operaciones a programar en el modelo de simulación:



**FIGURA 3.1 SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES PARA EL ARMADO MANUAL DE CAJAS**

Cada cuadro representa una locación y en cada uno de ellos está indicada su actividad y capacidad de procesamiento o almacenamiento. Las personas vestidas de azul representan los abastecedores que realizan el movimiento de los materiales entre las locaciones entre las que se encuentran dibujados, mientras que las personas vestidas de rojo son los apiladores, los mismos que realizan el movimiento del producto terminado desde el puesto de cajas armadas hasta la bodega para el almacenamiento del mismo.

### 3.4 Asunciones del Modelo

Para el desarrollo del modelo de simulación se hicieron los siguientes supuestos:

1. Del tiempo total de la jornada de trabajo representada, se descontaron para el modelo los siguientes aspectos:

- 30 minutos de almuerzo
- 30 minutos de cena
- 20 minutos de preparación al inicio de la jornada

La duración de la jornada a simular es originalmente de 12 horas, pero al descontar los ítems ya mencionados, durante cada corrida del modelo se simularán 10 horas y 40 minutos de trabajo.

2. Se incluyeron suplementos por fatiga para las armadoras, los abastecedores y los apiladores; determinados en base a porcentajes establecidos por la Oficina Internacional de Trabajo. El fin de los mismos es representar la disminución del rendimiento de las personas en base a la duración de su jornada de trabajo.

3. Todas las cajas elaboradas serán almacenadas como inventario.

4. Se incluyen en el modelo parámetros argumentados por el cambio de marca de caja, que inciden en una pausa de 10 minutos.
5. El modelo asume que siempre se cuenta con las cajas en la marca y cantidad requeridas a lo largo de la jornada de trabajo; y que al tener que realizar el cambio de pallet de cajas, el pallet nuevo siempre está en posición para ser colocado en su sitio de uso. Debido a estas razones se programó en la bodega de pallets de cajas una capacidad de albergue infinita.
6. Se crearon en el modelo algunas locaciones ficticias con el fin de agrupar el material en proceso y facilitar la programación del mismo, éstas no distorsionan el desempeño del modelo de simulación con respecto a la situación real.
7. El número de operarios fue fijado en base al promedio de personas con las que se trabaja a lo largo de la temporada, número que fue proporcionado por el jefe del área de armado de cajas.

### 3.5 Procedimiento para la Elaboración del Modelo de Simulación

#### 3.5.1 Creación de Entidades

Las entidades son los artículos procesados por el sistema, algunos ejemplos son: productos, pallets, materia prima, etc. En el modelo se crearon entidades que representan a la materia prima y sus diferentes transformaciones a lo largo del proceso de armado de cajas, la lista de todas las entidades creadas se detalla a continuación:

**TABLA 16**

#### ENTIDADES

```

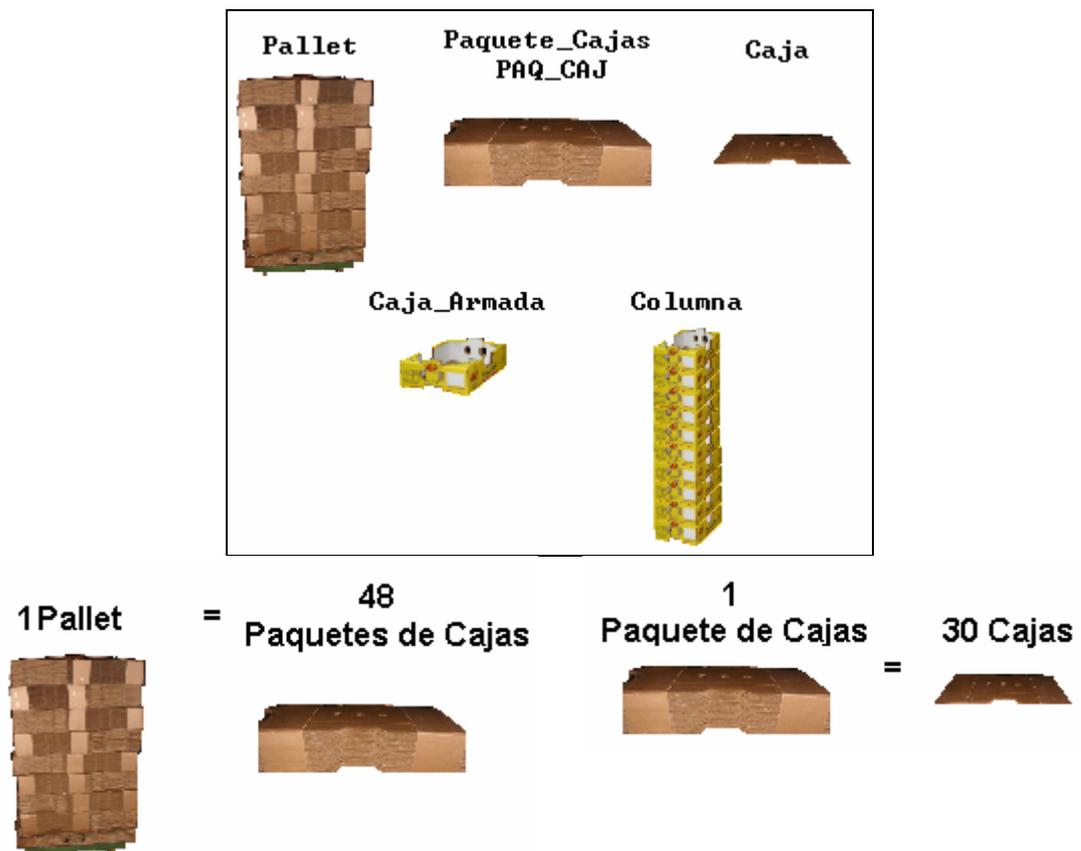
*****
*                               Entities
*****
Name          Speed (fpm)  Stats          Cost
-----
Pallet        150          Time Series
Paquete_Cajas 150          Time Series
Caja          150          Time Series
Caja_Armada   150          Time Series
Columna       150          Time Series
PAQ_CAJ       150          Time Series

```

**TABLA 17**

#### DESCRIPCIÓN DE LAS ENTIDADES

ENTIDAD	REPRESENTA A:
Pallet	Pallet de cajas que contiene las cajas a ser armadas.
Paquete_Cajas y PAQ_CAJ	Cada uno de los 48 paquetes de cajas que vienen en cada pallet.
Caja	Cada una de las 30 cajas contenidas en un paquete de cajas.
Caja_Armada	Cada caja armada manualmente.
Columna	Columnas de 10 cajas armadas formadas por cada persona armadora.



**FIGURA 3.2 ENTIDADES**

### 3.5.2 Creación de las Locaciones

Las locaciones representan puestos fijos en el sistema hacia los cuales se dirigen las entidades para procesamiento, formación de colas o toma de decisiones acerca de la ruta a seguir.

En el modelo se recrearon las locaciones que representan la ubicación de la materia prima y los puestos de trabajo de las

personas armadoras de cajas, junto con aquellas locaciones ficticias empleadas para facilitar la elaboración del modelo de simulación, tal como se indica a continuación:

**TABLA 18**

**LOCACIONES**

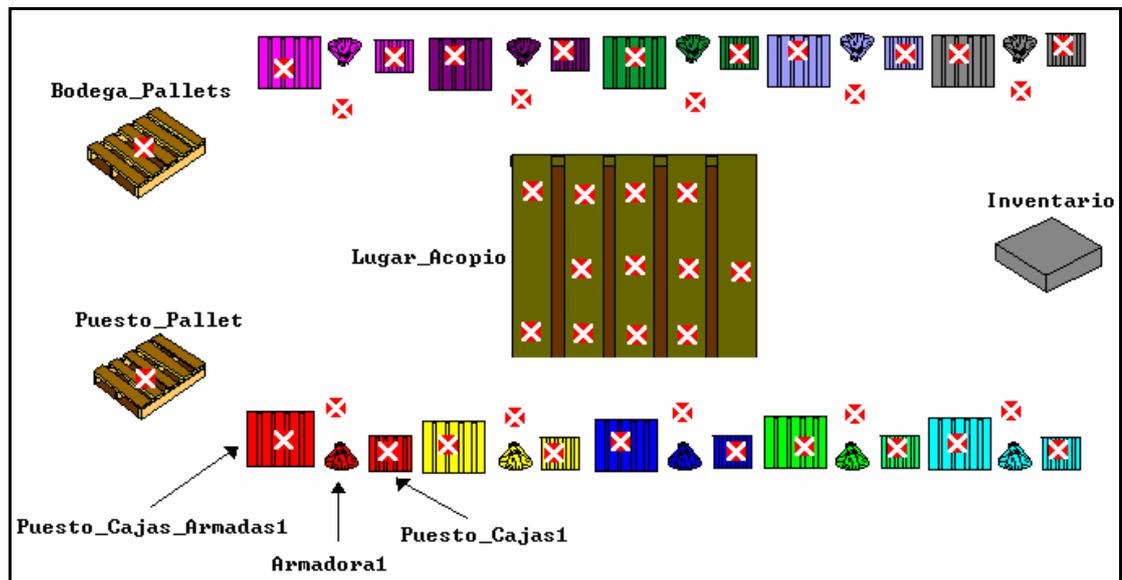
```

*****
Locations
*****

```

Name	Cap	Units	Stats	Rules
Bodega_Pallets	inf	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Pallet	1	1	Time Series	Oldest,
Loc1	3	1	Time Series	Oldest,
Lugar_Acopio	12	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas1	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas2	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas3	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas4	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas5	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas6	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas7	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas8	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas9	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas10	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora1	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora2	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora3	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora4	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora5	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora6	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora7	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora8	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora9	1	1	Time Series	Oldest,
Armadora10	1	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas1	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas2	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas3	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas4	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas5	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas6	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas7	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas8	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas9	40	1	Time Series	Oldest,
Puesto_Cajas_Armadas10	40	1	Time Series	Oldest,
Inventario	inf	1	Time Series	Oldest,

- **Bodega\_Pallets:** es la locación en la cual se almacenan temporalmente los pallets de cajas que serán empleados durante la simulación.
- **Puesto\_Pallet:** es la locación para ubicar el pallet que está siendo usado para proveer de cajas a las personas armadoras.
- **Loc1:** es una locación ficticia creada para que sea posible agrupar los paquetes de cajas de 3 en 3 para su transporte.
- **Lugar\_Acopio:** es la locación que representa el sitio en el centro del área en la que se encuentran las personas armadoras, donde se colocan los paquetes de cajas para ser posteriormente repartidos.
- **Puesto\_Cajas:** son las locaciones en las cuales los abastecedores colocan los paquetes de cajas y que proveen las mismas a su correspondiente persona armadora.
- **Armadora:** son las locaciones en las cuales se realiza la transformación de una caja en una caja armada.
- **Puesto\_Cajas\_Armadas:** son las locaciones donde se colocan las cajas armadas, formando columnas de 10 unidades.
- **Inventario:** es la locación creada como bodega de las cajas armadas.



**FIGURA 3.3 LOCACIONES**

Todas las locaciones están graficadas, excepto Loc1, que es una locación ficticia ubicada a continuación del Puesto\_Pallet y que es empleada para agrupar los paquetes de cajas.

### 3.5.3 Creación de Recursos

Los recursos son elementos que pueden ser personas, equipos, etc., empleados para realizar las siguientes actividades: transportar entidades, realizar operaciones o ejecutar mantenimiento de locaciones u otros recursos.

En el presente modelo, se emplearon sólo recursos humanos en la forma de abastecedores, que son los encargados de abastecer de cajas a las personas armadoras, y de apiladores, que son los encargados de recolectar las cajas armadas.

**TABLA 19**  
**RECURSOS**

***** Resources *****						
Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion
Abastecedores	2	By Unit	None	Oldest		Empty: 150 fpm Full: 150 fpm
Apiladores	3	By Unit	None	Oldest		Empty: 150 fpm Full: 150 fpm

### 3.5.4 Creación de Variables

Las variables son contadores o estadísticos del sistema que pueden cambiar durante la simulación. Las variables son comúnmente empleadas para toma de decisiones o recolección de información.

En el modelo se han empleado las variables como contadores:

- SCRAP: cuenta las tiras de embalaje generadas de cada paquete de cajas empleado, con el fin de que al acumular 20

unidades, se ocupe a los abastecedores para realizar la operación de amarrarlas.

- AMARRASCRAP: cuenta las unidades de paquetes de tiras de amarradas con el objetivo de que al acumular 4 paquetes, se emplee a los abastecedores para transportarlos a su sitio de almacenamiento.
- PRODUCCIÓN: contador creado para conocer el número de cajas armadas al final de la simulación.

**TABLA 20**  
**VARIABLES**

***** Variables (global) *****			
ID	Type	Initial value	Stats
SCRAP	Real	0	Time Series
AMARRASCRAP	Integer	0	Time Series
PRODUCCION	Integer	0	Time Series

### 3.5.5 Creación de los Atributos

Un atributo funciona como una variable asociada a una locación o entidad individual. Al igual que las variables, los atributos pueden ser del tipo real o entero.

Los atributos fueron empleados en esta simulación para registrar los tiempos de ciclo de las entidades a lo largo del proceso de armado de cajas. Los atributos creados son:

**TABLA 21**

**ATRIBUTOS**

Attributes		
ID	Type	Classification
CTPAQCAJ1	Real	Entity
CTPAQCAJ2	Real	Entity
CTCAJ	Real	Entity
CTCAJARM	Real	Entity
CTCOL	Real	Entity

A continuación se describe el significado de cada atributo creado:

- CTPAQCAJ1: Tiempo promedio que debe esperar un paquete de cajas en el puesto del pallet antes de ser llevado al lugar de acopio.
- CTPAQCAJ2: Tiempo promedio de transporte de un paquete de cajas entre el lugar de acopio y un puesto de cajas.
- CTCAJ: Tiempo promedio que debe esperar una caja en el puesto de cajas antes de ser armada.
- CTCAJARM: Tiempo promedio que debe esperar una caja armada en el puesto de cajas armadas antes de acumular 10 cajas y formar una columna.
- CTCOL: Tiempo promedio transcurrido entre formación de una columna y su transporte hacia el área de inventario.

### 3.5.6 Programación del Modelo

En la programación se describe la ruta que siguen las entidades a través del sistema, las operaciones que se desarrollan para cada entidad en cada locación y los recursos que se emplean.

En la tabla 22 se muestra la secuencia de las operaciones en la programación del modelo de simulación:

**TABLA 22**  
**PROGRAMACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN**

```

*****
: Processing
*****

```

Entity	Location	Process	Blk	Output	Destination	Routing	Move Logic
Pallet	Bodega_Pallets		1	Pallet	Puesto_Pallet	FIRST	1
Pallet	Puesto_Pallet	WAIT N(43.91,7.44) WAIT L(2.17,0.553,1.7) WAIT N(21.31,4.37) WAIT N(229.09,26.81) SPLIT 48 AS Paquete_Cajas					
Paquete_Cajas	Puesto_Pallet	CTPAQCAJ1=CLOCK<SEC>	1	Paquete_Cajas	Loc1	FULL	1
Paquete_Cajas	Loc1	GROUP 3 AS PAQ_CAJ	1	PAQ_CAJ	Lugar_Acopio	FULL	1
PAQ_CAJ	Loc1						GET ABASTECEDORES WAIT N(31.18,4.23) FREE ABASTECEDORES
PAQ_CAJ	Lugar_Acopio	UNGROUP					
Paquete_Cajas	Lugar_Acopio	LOG "CTPAQCAJ1", CTPAQCAJ1					
		IF SCRAP > 20 THEN BEGIN DEC SCRAP,20 GET ABASTECEDORES WAIT N(93.59,14.15) FREE ABASTECEDORES INC AMARRASCRAP, 1 END					
		IF AMARRASCRAP > 4 THEN BEGIN DEC AMARRASCRAP, 4 GET ABASTECEDORES WAIT N(44.44,6.66) FREE ABASTECEDORES END					
			1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas1	FULL	1
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N(16.95,3.25) FREE ABASTECEDORES

```

Paquete_Cajas Puesto_Cajas1      LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2
                                SPLIT 30 AS CAJA

Caja          Puesto_Cajas1      CTCAJ=CLOCK(<)
                                1   Caja      Armadora1      FIRST 1

Caja          Armadora1          LOG "CTCAJ", CTCAJ
                                WAIT 6.1+M(2.00,1.74)
                                1   Caja_Arnada  Puesto_Cajas_Arnadas1  FIRST 1  CTCAJARM=CLOCK(<)

Caja_Arnada  Puesto_Cajas_Arnadas1  ACCUM 10
                                LOG "CTCAJARM", CTCAJARM
                                GROUP 10 AS COLUMNA

Columna      Puesto_Cajas_Arnadas1  CTCOL=CLOCK(<)      1   Columna      Inventario      FIRST 1  GET APILADORES
                                                WAIT N(16.09,3.53)
                                                FREE APILADORES

Columna      Inventario          LOG "CTCOL", CTCOL
                                WAIT N(11.05,2.28)
                                WAIT N(10.97,2.64)
                                WAIT N(13.28,2.69)
                                1   Columna      EXIT      FIRST 1  INC PRODUCCION,10

```

La programación completa del modelo puede ser consultada en el Anexo 1.

### 3.5.7 Características Relevantes del Proceso de Modelación

A continuación se presenta la manera en que fueron programadas ciertas características de la situación actual del proceso de armado de cajas:

Característica 1.- Cuando los abastecedores llevan los paquetes de cajas desde el puesto del pallet hasta el lugar de acopio, realizan ésta actividad llevando 3 cajas a la vez.

Forma de programación.- Los abastecedores como recurso, sólo pueden ser utilizados para mover un producto entre locaciones; y en este caso se requería que fueran 3 unidades transportadas de manera simultánea. La forma en que se logró que se hiciera esto, fue creando una locación ficticia “Loc1” a continuación del puesto del pallet. En esta locación se agrupan 3 paquetes de cajas en una sola entidad, la misma que puede ser transportada sin problema por el abastecedor, y al llegar a su sitio de destino, que en este caso es el lugar de acopio, se desagrupaba la entidad y se obtenía nuevamente 3 paquetes de cajas.

Característica 2.- Los abastecedores reparten los paquetes de cajas a cada una de las armadoras, y cada paquete puede ser utilizado únicamente por una armadora.

Forma de programación.- Fue necesaria la creación de un puesto de cajas para cada armadora, de manera que cuando un abastecedor colocara un paquete de cajas en su sitio, éste sea sólo empleado por dicha armadora.

Característica 3.- Los paquetes de cajas vienen envueltos por dos tiras de cartón, las mismas que son removidas cuando los abastecedores reparten los paquetes de cajas a cada armadora. Al acumular 20 tiras aproximadamente, los abastecedores las amarran y posteriormente al completar 4 unidades de tiras de cartón amarradas, un abastecedor las lleva a un sitio de almacenamiento provisional en el área de armado de cajas.

Forma de programación.- Para programar dicho procedimiento no era necesaria la creación de una entidad adicional para las tiras de cartón, sólo se requería representar el tiempo empleado por los abastecedores para amarrar las tiras y transportarlas a su sitio de almacenamiento. Para esto se crearon las variables “SCRAP” y “AMARRASCRAP”.

En este caso, como se muestra en la tabla 23, la variable “SCRAP” representa cada tira de cartón generada al repartir los paquetes de cartones a las armadoras:

**TABLA 23**  
**VARIABLE “SCRAP”**  
Routing

Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas1	FULL 1	CTPAQCAJ2=CLOCK(> GET ABASTECEDORES <u>INC SCRAP, 2</u> WAIT N<16.95,3.25> FREE ABASTECEDORES

La variable “AMARRASCRAP” fue empleada para representar cada paquete de 20 tiras amarradas y se muestra en la figura 3.4 la integración de estas variables:

```

IF SCRAP > 20 THEN
BEGIN
DEC SCRAP, 20 ← Se resta el número de tiras amarradas
GET ABASTECEDORES
WAIT N<93.59,14.15>
FREE ABASTECEDORES
INC AMARRASCRAP, 1 ← Se incrementa el número de paquetes de tiras amarradas
END

IF AMARRASCRAP > 4 THEN
BEGIN
DEC AMARRASCRAP, 4 ← Se resta el número de paquetes de tiras amarradas que
                    fueron llevados a su sitio de almacenamiento
GET ABASTECEDORES
WAIT N<44.44,6.66>
FREE ABASTECEDORES
END

```

**FIGURA 3.4 VARIABLE “AMARRASCRAP”**

Característica 4.- Las armadoras colocan cada caja ensamblada en el puesto de cajas armadas y van formando columnas de cajas. Las columnas de cajas son después retiradas por los apiladores cuando éstas poseen una altura de 10 cajas.

Forma de programación.- Nuevamente surge el problema de tener que transportar entre locaciones más de una unidad de producto con el uso de un recurso, que en este caso son los apiladores. En este caso se procedió a acumular 10 cajas y luego se las agrupó como la entidad “Columna”, es en éste

momento en el que ya puede ser retirada la columna de 10 cajas del puesto de cajas armadas por el apilador.

**TABLA 24**  
**PROGRAMACIÓN DEL ATRIBUTO “CTCAJARM”**

Entity	Location	Operation	Process		Routing		Move Logic
			Blk	Output	Destination	Rule	
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas1	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas1	CTCOL=CLOCK<>	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N<16.09.3.53> FREE APILADORES

Fue necesario acumular 10 cajas para que sea posible registrar el valor del atributo “CTCAJARM”, como se indica en la tabla 24, el mismo que debe ser tomado para cada caja antes de agruparlas como la entidad “Columna”.

Característica 5.- Para validar el modelo fue necesario el uso de atributos que registren los tiempos de ciclo de las entidades a través del proceso, con el fin de comparar éstos valores con los reales y así poder certificar que el modelo de simulación representa la situación real del proceso de armado de cajas.

Forma de programación.- Los atributos empleados en la simulación poseen los siguientes significados:

- CTPAQCAJ1: Tiempo promedio que debe esperar un paquete de cajas en el puesto del pallet antes de ser llevado al lugar de acopio.
- CTPAQCAJ2: Tiempo promedio de transporte de un paquete de cajas del lugar de acopio a un puesto de cajas.
- CTCAJ: Tiempo promedio que debe esperar una caja en el puesto de cajas antes de ser armada.
- CTCAJARM: Tiempo promedio que debe esperar una caja armada en el puesto de cajas armadas antes de acumular 10 cajas y formar una columna.
- CTCOL: Tiempo promedio transcurrido entre formación de una columna y su transporte hacia el área de inventario.

### **3.6 Validación del Modelo de Simulación**

El fin de la validación del modelo de simulación es verificar si representa de manera acertada la situación real del proceso de armado manual de cajas. Para esto será necesario definir bajo qué parámetros se realizará la comparación, por lo cual se requerirá

tomar mediciones de un día en lo que respecta a producción y tiempos de ciclo de las cajas a lo largo de los procesos de transformación.

### **3.6.1 Condiciones que Serán Recreadas en el Modelo de Simulación**

Se tomaron 5 días representativos de la época promedio, para los cuales se monitorearon los parámetros de comparación detallados en el literal 3.6.2. Las características de estos días son las que se muestran a continuación:

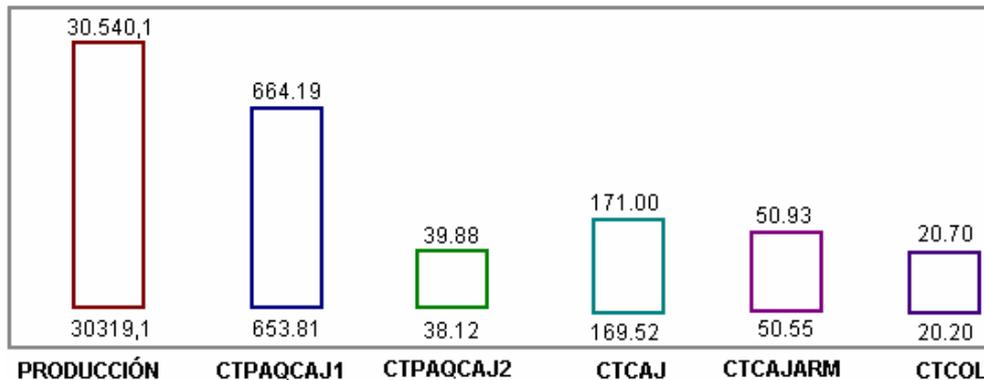
- Horas laboradas en el área de armado de cajas: 12
- Número de armadoras manuales: 10
- Número de abastecedores: 2
- Número de apiladores: 3

### **3.6.2 Parámetros de Comparación**

Los parámetros mediante los cuales se validará el modelo son la producción del día y el tiempo de ciclo de cada tipo de entidad. Estos parámetros fueron seleccionados debido a que son considerados elementales en el proceso de armado de cajas. La

producción permite comparar el número de cajas que fueron elaborados en el modelo de simulación, con aquellas elaboradas en el día tomado como muestra. El tiempo de ciclo de las entidades permite registrar el tiempo promedio de su consumo, antes de transformarse por completo en la siguiente entidad. Se registraron los siguientes tiempos:

- CTPAQCAJ1: Tiempo promedio que debe esperar un paquete de cajas en el puesto del pallet antes de ser llevado al lugar de acopio.
- CTPAQCAJ2: Tiempo promedio de transporte de un paquete de cajas entre el lugar de acopio y un puesto de cajas.
- CTCAJ: Tiempo promedio que debe esperar una caja en el puesto de cajas antes de ser armada.
- CTCAJARM: Tiempo promedio que debe esperar una caja armada en el puesto de cajas armadas antes de acumular 10 cajas y formar una columna.
- CTCOL: Tiempo promedio transcurrido entre formación de una columna y su transporte hacia el área de inventario.



**FIGURA 3.5 INTERVALOS DE 95% DECONFIANZA DE LOS PARÁMETROS DE COMPARACIÓN**

### 3.6.3 Determinación del Número de Réplicas

El número de réplicas es el número de veces que se corre el modelo de simulación de principio a fin. En este caso se trata de una simulación terminal de 10.67 horas, por lo que cada réplica realizada simulará 10.67 horas de trabajo ininterrumpidas.

La duración de cada actividad especificada en el modelo de simulación está representada por una distribución de probabilidad; debido a su naturaleza, es necesario determinar un número de réplicas ideal, que permita obtener resultados más precisos de los parámetros que se van a medir. La manera de calcular el número de réplicas se describe a continuación:

### 3.6.3.1 Prueba Piloto

La prueba piloto consiste en correr 30 réplicas del modelo y recolectar las desviaciones estándar de los parámetros ya antes mencionados.

El siguiente paso es determinar el número de réplicas “N” en base a la desviación estándar de cada parámetro, el mismo que se calcula con la ecuación que se muestra a continuación:

$$N = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \times s}{e} \right)^2$$

Donde:

- N: número de réplicas.
- $Z_{\alpha/2}$ : valor obtenido de la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar, para un nivel de confianza del 95%.
- s: desviación estándar del parámetro de evaluación.
- e: error, establecido en 3 segundos porque se considera que una amplitud del intervalo de 6 segundos es suficiente para la toma de decisiones.

Ejemplo:

$$N = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \times s}{e} \right)^2 = \left( \frac{1.96 \times 19.24}{3} \right)^2 = 158.01 \approx 159$$

En la tabla a continuación se resumen los valores de las desviaciones estándar de cada parámetro de comparación y el número de réplicas para cada uno de ellos:

**TABLA 25**  
**DESVIACIONES ESTÁNDAR Y NÚMERO DE RÉPLICAS DE LOS PARÁMETROS**

PARÁMETRO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Segundos)	N
CTPAQCAJ1	19.24	159
CTPAQCAJ2	6.66	19
CTCAJ	1.41	1
CTCAJARM	0.34	1
CTCOL	3.89	7

El número de réplicas que se debe seleccionar es el mayor de todos los calculados, porque asegura cubrir el nivel de confianza y error establecidos para los parámetros. Por lo tanto el número de réplicas que se deben realizar es: 159

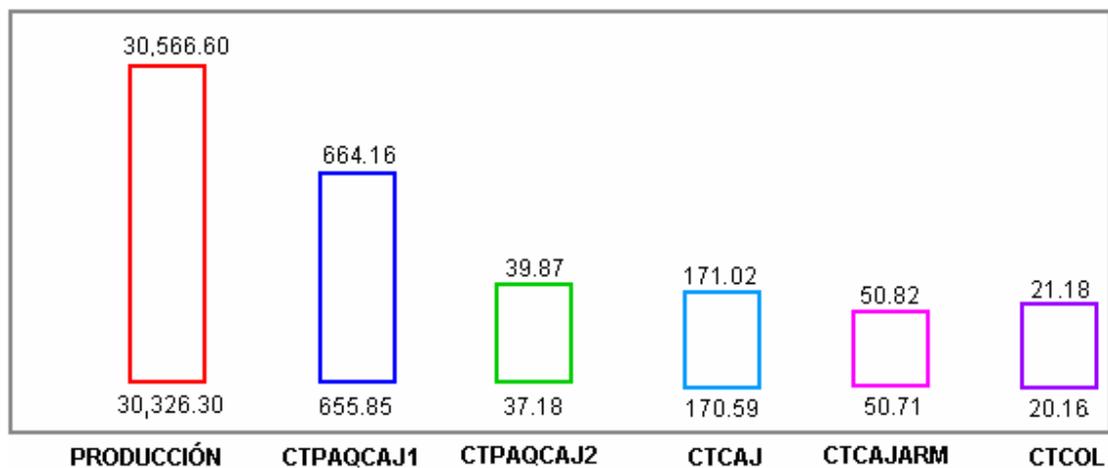
### 3.6.4 Análisis de los Resultados de la Simulación y Comparación con los Parámetros Reales

Una vez realizada la cantidad de réplicas calculada anteriormente, se procede a comparar los parámetros obtenidos de la simulación con aquellos determinados de la muestra:

**TABLA 26**

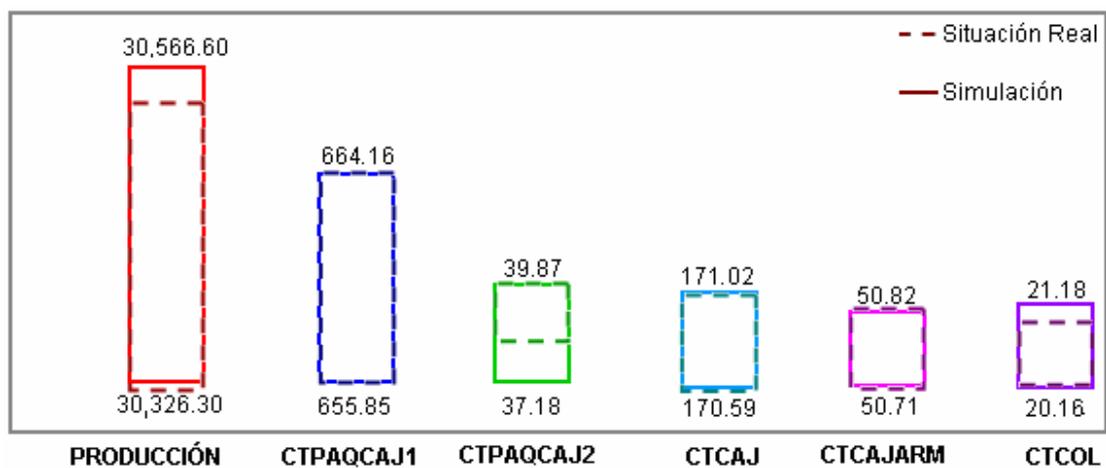
#### COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS MEDIANTE SIMULACIÓN CON LOS DE LA SITUACIÓN REAL

PARÁMETRO	SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN REAL		PROMEDIO SITUACIÓN REAL	UNIDADES
	(95% C.I. Low)	(95% C.I. High)		
PRODUCCIÓN	30,326.30	30,566.60	30,429.60	Cajas
CTPAQCAJ1	655.85	664.16	659.00	s
CTPAQCAJ2	37.18	39.87	39.00	s
CTCAJ	170.59	171.02	170.26	s
CTCAJARM	50.71	50.82	50.74	s
CTCOL	20.16	21.18	20.45	s



**FIGURA 3.6 INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS DE VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN**

Los intervalos de confianza mostrados en la tabla y figura superiores, fueron obtenidos por el programa de simulación después de haber realizado 159 réplicas. Al comparar el intervalo de cada parámetro con el valor de la situación real obtenemos la figura a continuación:



**FIGURA 3.7 COMPARACIÓN DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS**

Podemos observar que los intervalos de confianza de los parámetros de comparación de la situación real coinciden con aquellos obtenidos en la simulación, por lo que podemos concluir con un 95% de confianza que el programa de simulación refleja la situación real, validándolo de esta manera.

# CAPÍTULO 4

## 4.MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN LAS PROPUESTAS DE MEJORA CON RESPECTO A LA DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL

En este capítulo se evaluarán las mejoras con respecto a la distribución del personal, empleando para ello el modelo de simulación desarrollado a partir del capítulo 3.

### 4.1 Descripción del Problema: Flujo de Recorrido de Abastecedores y Apiladores de Cajas

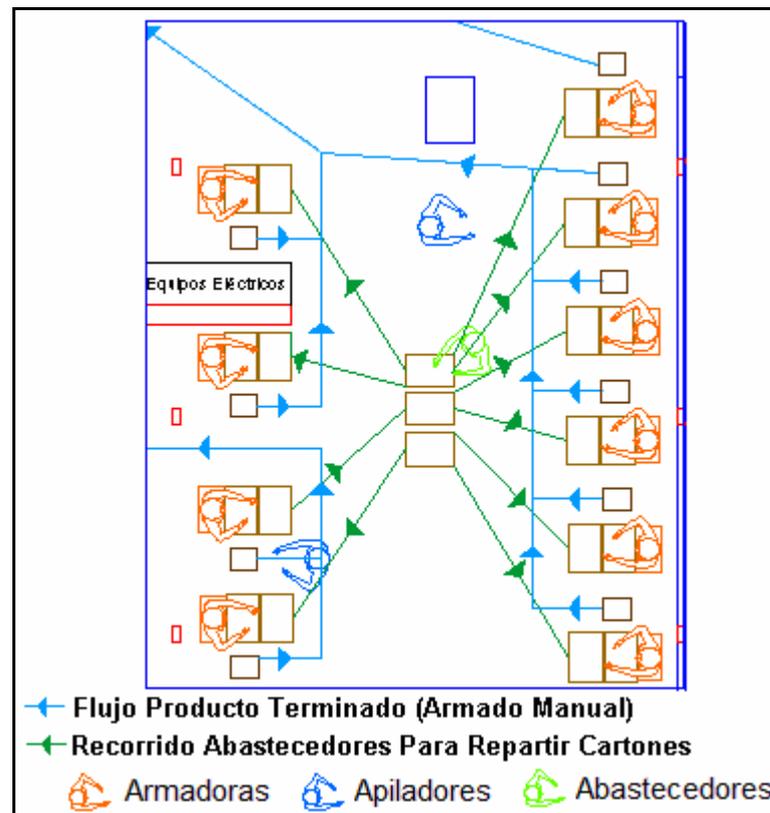
TABLA 27

#### RESUMEN DE DISTANCIAS RECORRIDAS Y TIEMPO PROMEDIO DE RECOLECCIÓN Y ABASTECIMIENTO DE CAJAS

ACTIVIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO PROMEDIO (s)
Recoger cajas armadas manualmente para envío por el ducto (uso inmediato)	24.36	18.62
Recolectar cajas armadas manualmente para ser almacenadas como inventario	15.80	14.09
Llevar cartones para armado manual desde el pallet hasta el lugar de acopio	24.22	18.96

Como observamos en la tabla 27, la segunda mayor distancia que deben recorrer los trabajadores es aquella al llevar los paquetes de cajas para armado manual desde el sitio en el cual se encuentra el pallet de cajas, hasta el lugar de acopio en el centro del área en la cual se encuentran las armadoras manuales de cajas. Esta situación no sólo hace que los abastecedores encargados de dicha labor se cansen más rápido al tener que cargar un peso aproximado de 22 kg. en paquetes de cajas, sino que también no puedan abastecer oportunamente a las armadoras de cajas. La solución a este problema sería colocar el pallet en el centro del área donde se encuentran las armadoras manuales de cajas, pero no se puede realizar debido a que el único sitio por el cual podría pasar el pallet mide 0.81 metros de ancho y un pallet mide 1.50 metros de ancho.

La mayor distancia que debe ser recorrida es aquella al recoger las cajas armadas manualmente y llevarlas al ducto para su envío al área de empaclado. Sin embargo, el inconveniente que más apremia no es éste, sino el cruce de flujos de personas, es decir, de los apiladores y abastecedores, como podemos ver en la figura 4.1:



**FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ABASTECIMIENTO DE CAJAS PARA ARMADO MANUAL Y RECOLECCIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO**

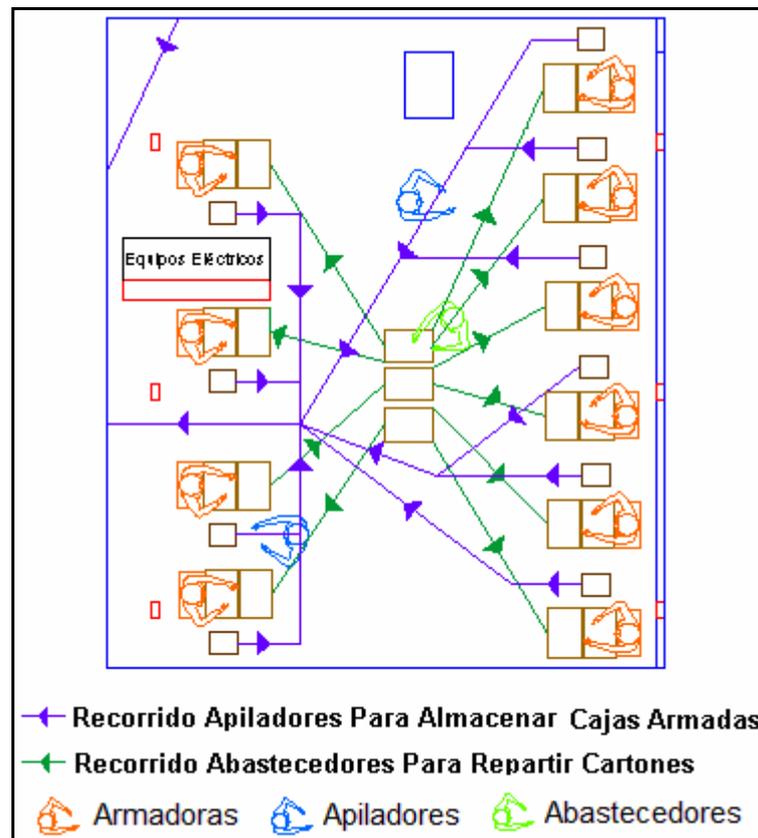
Hay un total cruce del flujo de los apiladores y abastecedores, situación que es a su vez complicada por el amontonamiento de cajas armadas en el área como se ve en la figura 4.2 a continuación:



**FIGURA 4.2 AMONTONAMIENTO DE CAJAS ARMADAS**

Las circunstancias empeoran en la época de mayor demanda, período en el cual puede haber hasta 20 armadoras manuales de cajas, obteniendo un volumen de cajas que ocupa toda el área.

En el caso del transporte de las cajas armadas manualmente hacia el área de almacenamiento como inventario y del transporte de las mismas para uso inmediato en el área de empaado, hay también un cruce del flujo de los abastecedores con los apiladores, dificultado por el amontonamiento de las cajas armadas, tal como se muestra en la figura 4.3 a continuación:



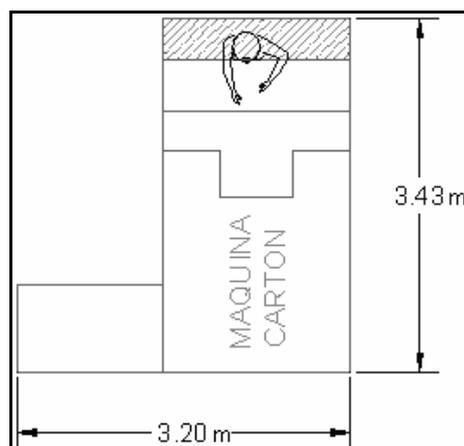
**FIGURA 4.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LOS ABASTECEDORES DE CAJAS PARA ARMADO MANUAL Y DE LOS APILADORES PARA RECOLECCIÓN DE CAJAS ARMADAS PARA INVENTARIO**

Analizando los motivos por los cuales se dan los cruces de los flujos y las largas distancias recorridas, se puede determinar que la causa raíz es la ubicación de las armadoras manuales de cajas, hecho que se busca mejorar en el presente estudio.

#### 4.1.1 Planteamiento de Mejora: Ampliación de la Plataforma del Área de Armado de Cajas

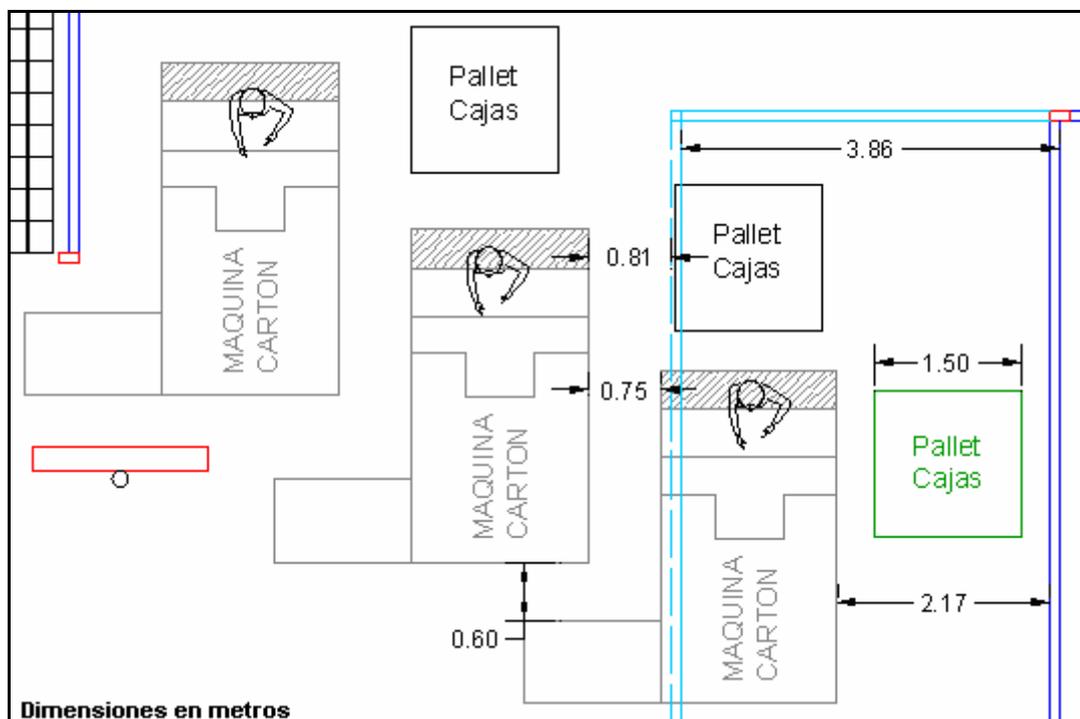
La empresa va a tener a su disposición una máquina más para armar cajas, por lo que será necesaria la ampliación de la plataforma sobre la cual se encuentra el área de armado. Esta ampliación es factible dado que en la parte inferior no hay maquinarias u otros elementos que impidan colocar los pilares nuevos requeridos para el soporte del área.

La nueva máquina tiene las mismas dimensiones que las máquinas que son propiedad de la empresa y están indicadas en la figura 4.4:



**FIGURA 4.4 MÁQUINA ARMADORA DE CAJAS**

Para determinar el tamaño de la expansión se deberá tomar en cuenta las dimensiones de la nueva máquina y el espacio adicional requerido para que pueda pasar un pallet de cajas hacia el área donde se encuentran las personas armadoras de cajas, planteándose como una opción el esquema de la figura 4.5:



**FIGURA 4.5 AMPLIACIÓN DE LA PLATAFORMA DEL ÁREA DE ARMADO DE CAJAS**

En la figura se aprecian las tres máquinas armadoras de cajas ubicadas en el mismo sitio donde se encontraban las dos primeras, al inicio del área de armado de cajas. La tercera

máquina fue colocada a la misma distancia que hay entre las dos primeras.

La línea de color celeste, denota el límite anterior del área de armado de cajas y la línea de color azul delimita el tamaño requerido para que quepa la nueva máquina y pueda pasar un pallet de cajas. En total se necesitaría una expansión de 4 metros.

#### **4.1.2 Planteamiento de Mejora: Reubicación del Personal de Armado de Cajas**

Con el fin de eliminar el cruce entre los abastecedores y los apiladores, se puede emplear una banda transportadora para llevar las cajas hacia el área de inventario de cajas para su almacenamiento o para su uso inmediato en el área de empacado. De esta forma los abastecedores podrán tener acceso a las armadoras sin problema alguno y sin la complicación de los cruces con los apiladores que retiran las cajas armadas, ni del amontonamiento de material que dificulte su paso porque todo éste sería inmediatamente enviado a la banda transportadora.

Como ya se mencionó antes, el antiguo método de trabajo contaba con un máximo de 20 personas armadoras de cajas, sin embargo debido a la adquisición de una tercera máquina, es posible trasladar a las máquinas toda la carga de trabajo de las marcas pertenecientes a la empresa, incluso con un 10% de aumento de la misma. Para demostrar esto, se tomó el día de mayor producción de cajas de marcas pertenecientes a la empresa en la temporada 2006 – 2007, que fue de 64.852 cajas:

- Empleando tres máquinas armadoras de cajas trabajando al 80% de su capacidad, es decir 4800 cajas/hora, se obtienen los siguientes volúmenes de producción:

**TABLA 28**

**VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE CAJAS ARMADAS CON MÁQUINAS**

Porcentaje	Número de Cajas Armadas	Jornada de Trabajo
100%	64852	8:00 am - 10:00 pm
104%	67200	8:00 am - 11:00 pm
111%	72000	8:00 am - 12:00 pm
118%	76800	8:00 am - 1:00 am

Tal como aprecia en la tabla 28, empleando las máquinas se lograría armar todas las cajas de aquel día trabajando hasta las 10 pm, mientras que antes era necesario trabajar con las dos máquinas y con 8 personas armadoras hasta la misma hora.

Otro aspecto importante es la diferencia de costos, siendo \$12.970 USD el costo de armar ese volumen de cajas con las 3 máquinas y \$14.558 USD el costo con 2 máquinas y 8 personas.

Dado que todas las cajas de las marcas pertenecientes a la empresa podrían ser armadas con máquina, sólo serían armadas manualmente las cajas de las demás marcas a las cuales la empresa da servicio de empaçado. Considerando esta nueva manera de trabajo, el personal requerido para el armado manual disminuiría y su cantidad se determina de la siguiente manera:

- Al conocer la producción diaria de cajas de marcas no pertenecientes a la empresa en la temporada 2006 – 2007, se realizó su clasificación detallada en la tabla a continuación:

**TABLA 29**

**CLASIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE CAJAS MANUALES**

Número de Cajas Armadas Diariamente	Número de Días de Producción en la Temporada	Porcentaje del Total de Días de Producción de Cajas Manuales	Porcentaje Acumulado	Número de Amadoras Requeridas	Costo por Día	Jornada de Trabajo
0-9.999	20	21.74%	21.74%	4	\$ 29.00	8:00 am - 7:00 pm
10.000-19.999	30	32.61%	54.35%	8	\$ 58.00	8:00 am - 7:00 pm
20.000-29.999	29	31.52%	85.87%	12	\$ 87.00	8:00 am - 7:00 pm
30.000-39.999	9	9.78%	95.65%	16	\$ 116.00	8:00 am - 7:00 pm
40.000-49.999	4	4.35%	100.00%	19	\$ 137.75	8:00 am - 7:00 pm

Como se aprecia en la tabla, un volumen de producción diario de hasta 29.999 cajas manuales, abarca el 85.87% de los días de trabajo de la temporada 2006 – 2007. Sólo durante 13 días hubo picos en la producción, llegando al volumen máximo diario de cajas manuales de 49.991. En base a ésta cantidad de cajas más un 10% adicional, es decir un total de 55.000 cajas, se determinará el número óptimo de armadoras que se requerirán para satisfacer dicha demanda diaria para la siguiente temporada.

En las tablas a continuación se detalla el volumen de producción obtenido en base al número de armadoras y el horario de trabajo, y el costo incurrido por concepto de salarios:

**TABLA 30**

**PRODUCCIÓN DE CAJAS MANUALES SEGÚN EL NÚMERO DE ARMADORAS Y EL HORARIO DE TRABAJO**

Número de Armadoras	Producción de Cajas en cada Horario de Trabajo				
	8:00 am - 5:00 pm	8:00 am - 7:00 pm	8:00 am - 9:00 pm	8:00 am - 11:00 pm	8:00 am - 1:00 am
15	31748	39523	45354	53129	57016
16	33864	42157	48377	56671	60817
17	35981	44792	51401	60213	64618
18	38097	47427	54425	63754	68419
19	40214	50062	57448	67296	72220
20	42330	52697	60472	70838	76022

**TABLA 31****SALARIOS DIARIOS EN BASE AL NÚMERO DE ARMADORAS Y EL HORARIO DE TRABAJO**

Número de Armadoras	Total Salario según Horario de Trabajo				
	8:00 am - 5:00 pm	8:00 am - 7:00 pm	8:00 am - 9:00 pm	8:00 am - 11:00 pm	8:00 am - 1:00 am
15	\$ 93.75	\$ 108.75	\$ 131.25	\$ 161.25	\$ 198.75
16	\$ 100.00	\$ 116.00	\$ 140.00	\$ 172.00	\$ 212.00
17	\$ 106.25	\$ 123.25	\$ 148.75	\$ 182.75	\$ 225.25
18	\$ 112.50	\$ 130.50	\$ 157.50	\$ 193.50	\$ 238.50
19	\$ 118.75	\$ 137.75	\$ 166.25	\$ 204.25	\$ 251.75
20	\$ 125.00	\$ 145.00	\$ 175.00	\$ 215.00	\$ 265.00

Al observar las tablas 30 y 31, podemos ver que es posible satisfacer la demanda máxima establecida de 55.000 cajas manuales en diferentes horarios de trabajo y a diferentes costos; los mismos que se resumen a continuación:

**TABLA 32****NÚMERO DE ARMADORAS MANUALES REQUERIDAS PARA ELABORAR 55.000 CAJAS**

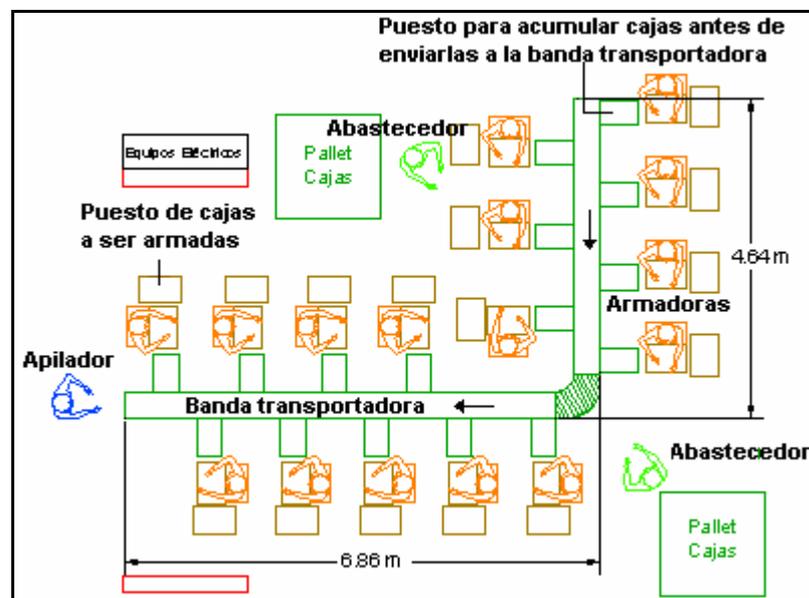
Número de Armadoras	Producción Total	Costo por Día	Jornada de Trabajo
15	57,016	\$ 198.75	8:00 am - 1:00 am
16	56,671	\$ 172.00	8:00 am - 11:00 pm
17	60,213	\$ 182.75	8:00 am - 11:00 pm
18	63,754	\$ 193.50	8:00 am - 11:00 pm
19	57,448	\$ 166.25	8:00 am - 9:00 pm
20	60,742	\$ 175.00	8:00 am - 9:00 pm

- No es aconsejable emplear 15 armadoras porque deberían trabajar hasta muy tarde y su rendimiento se vería afectado.
- Como se indica en la tabla 29, 85.87% de las veces se requerirá un máximo de 12 armadoras, por lo que si se diseña

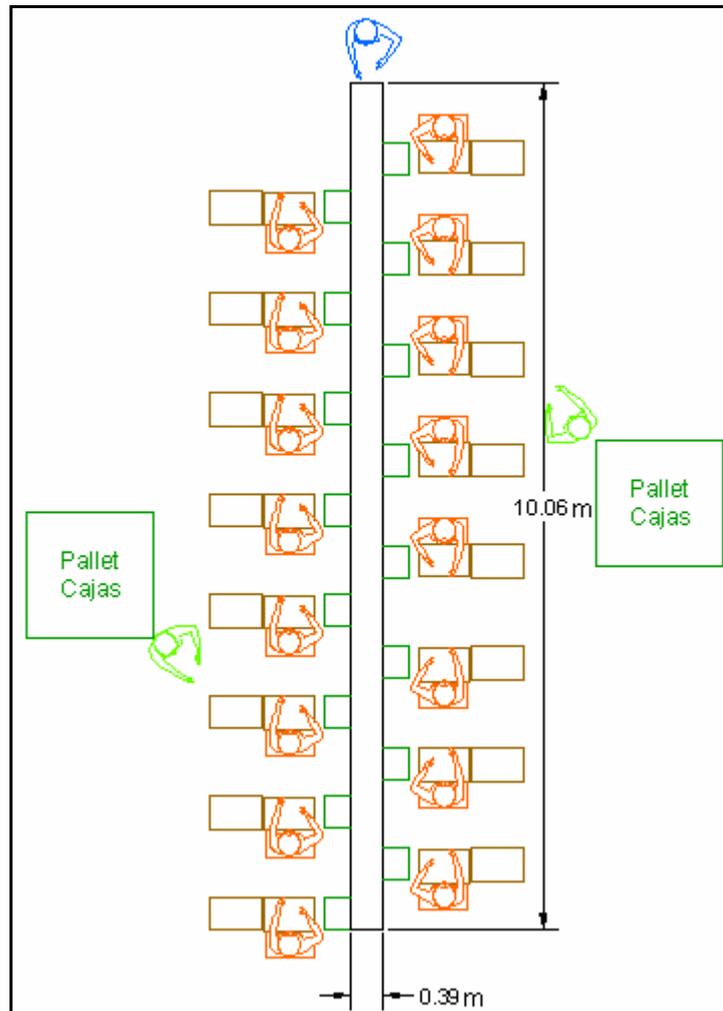
una infraestructura con 19 o 20 armadoras, 85.87% del tiempo de 7 a 8 puestos estarían vacantes, lo cual es considerado excesivo.

- Las opciones viables serían tener 16, 17 o 18 armadoras, entre las cuales no hay mayor diferencia en el costo, por lo que al consultar con el gerente de la empresa y analizar la situación, se concretó diseñar puestos de trabajo para 16 armadoras.

Hay varias formas de ubicar a las armadoras alrededor de una banda transportadora, algunas se muestran a continuación:



**FIGURA 4.6 ARREGLO DE LAS ARMADORAS MANUALES DE CAJAS ALREDEDOR DE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN L**



**FIGURA 4.7 ARREGLO DE LAS ARMADORAS MANUALES DE CAJAS ALREDEDOR DE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN LÍNEA RECTA**

De los dos arreglos de armadoras mostrados, sólo el mostrado en la figura 4.6 es factible implementar debido a que sus dimensiones son adecuadas para el espacio disponible en el área de armado de cajas (10.87m x 10.09m)<sup>1</sup>, el arreglo de la figura 4.7 no permitiría el paso del segundo pallet de cajas para

<sup>1</sup> Las dimensiones no incluyen el espacio que debe dejarse libre para el paso de los pallets de cartones de cajas de 1.50m x 1.50m

abastecer el otro lado de la línea, por lo que se dificultaría el abastecimiento de cajas a la misma.

La primera distribución de armadoras alrededor de la banda transportadora, será evaluada mediante el uso de un programa de simulación que permitirá determinar los valores de los tiempos de ciclo indicados en el capítulo 3 con el fin de compararlos con los actuales para cuantificar las mejoras realizadas.

#### **4.1.3 Cambios a Incorporar en el Modelo de Simulación Basados en las Propuestas de Mejora**

- Implementación de una banda transportadora, con capacidad para 16 personas con las dimensiones en la figura 4.6.
- Los puestos de cajas armadas tendrán capacidad para albergar 2 cajas en su base, es decir poseerá dimensiones de 0.52m x 0.33m. Los puestos de cajas armadas poseerán una separación entre sí de 1.20m y serán colocados de manera diagonal con respecto al puesto de cajas del lado opuesto de la banda transportadora.

- Se enviarán a la banda transportadora las cajas armadas en columnas de 5 unidades, que son formadas de manera provisional en el puesto de cajas armadas si se trata de cajas que serán almacenadas como inventario, si se arma cajas que se requieren para uso inmediato en el área de empacado, se formarán columnas de 4 unidades.
- El lado de la banda transportadora con la curva interna, posee una menor distancia de recorrido para repartir las cajas a las armadoras, por lo que se debe colocar de éste lado a las armadoras más veloces.
- Se repartirán dos paquetes de cajas simultáneamente a cada armadora de cajas: se removerá el material de embalaje en el puesto del pallet y después se los transporta a la armadora que posea el menor número de cajas en su puesto de cajas.
- Los apiladores de cajas receptorán las cajas al final de la banda transportadora, formarán columnas de 10 unidades y las llevarán a su respectivo lugar de almacenamiento.
- Ya no se esperará a que se termine un pallet de cajas para desembalar el siguiente, una vez que el pallet es traído desde la bodega de cajas y llevado a su sitio de uso, el

bodeguero con su asistente deberán retirar todo el material de embalaje y dejarlo listo para su uso.

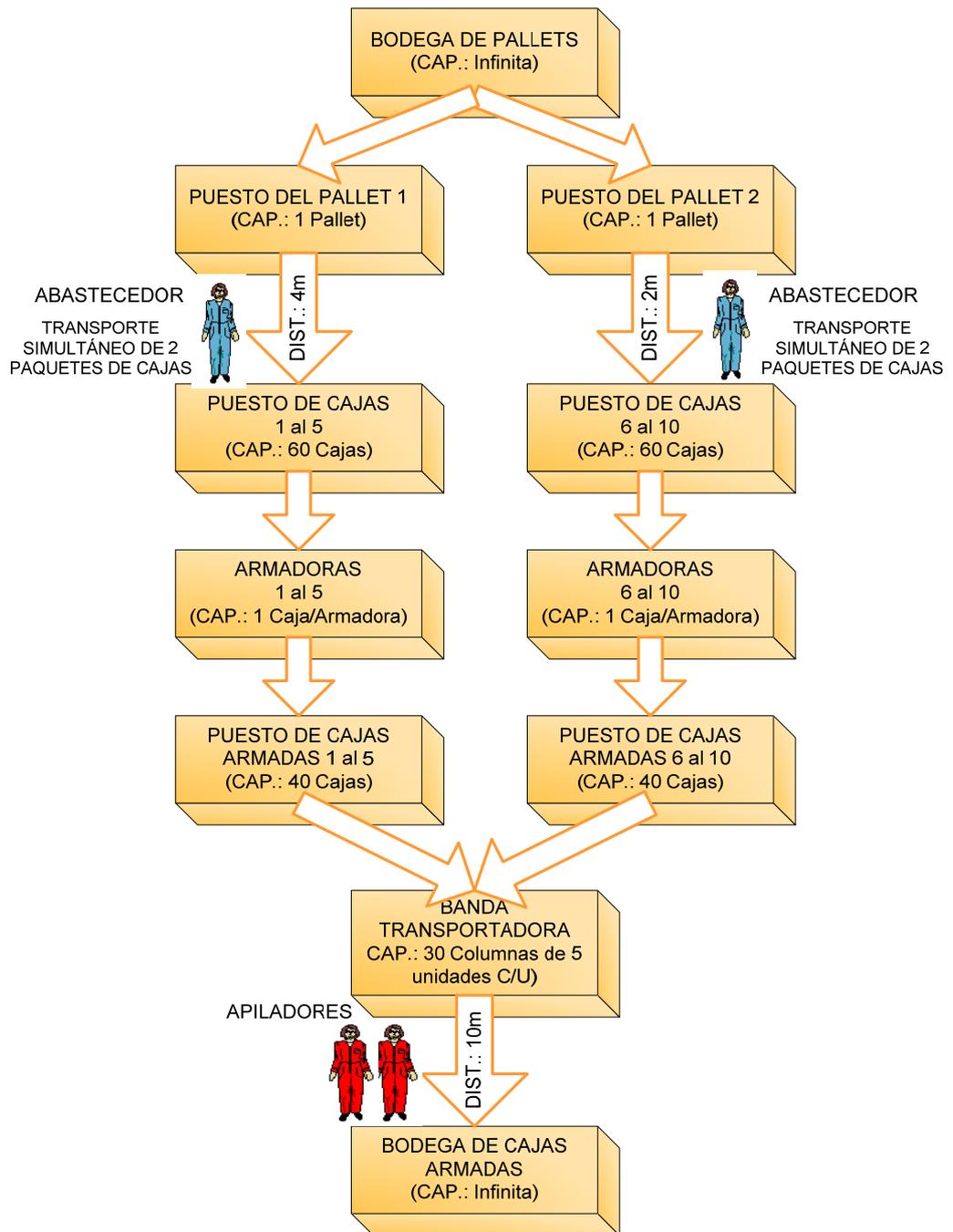
- Al contar con un recipiente especial para el almacenamiento provisional del material de embalaje del pallet y de los paquetes de cajas, se elimina la necesidad de transportar las tiras de cartón de los paquetes de cajas.
- Con el programa de producción del área de empaque implementado en el 2007(1), se reducen a la mitad el tiempo de cambio de marca de caja.

## **4.2 Modelo de Simulación con las Mejoras Propuestas**

### **4.2.1 Cambios Incorporados en el Modelo de Simulación**

- **Lógica del Modelo de Simulación**

En el siguiente diagrama se muestra la secuencia de las operaciones a programar en el modelo de simulación:



**FIGURA 4.8 SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES PARA LA MEJORA PROPUESTA DEL ARMADO MANUAL DE CAJAS**

- **Supuestos**

Para el desarrollo del modelo de simulación con las mejoras propuestas se añadieron los siguientes supuestos:

- Se incluyen paras argumentadas por el cambio de marca de caja, que inciden en una pausa de 5 minutos.
- Se creó una locación ficticia para agrupar las columnas de cajas al final de la banda transportadora y facilitar su programación.
- Cada abastecedor se encarga de repartir las cajas a las personas armadoras en su lado de la banda transportadora.

- **Creación de Entidades**

Fueron modificadas las entidades indicadas en la tabla 33:

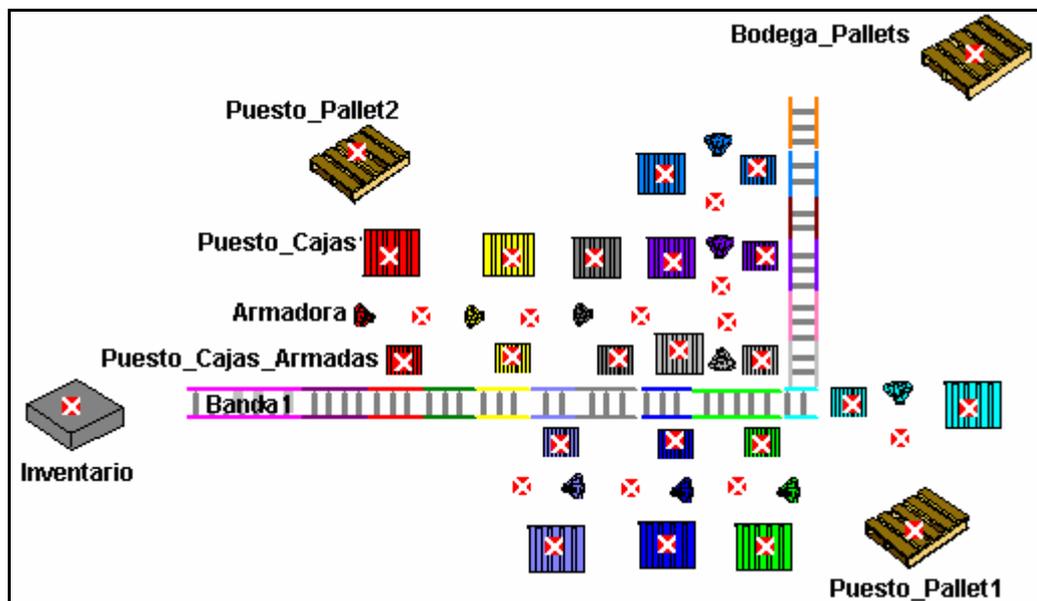
**TABLA 33**  
**DESCRIPCIÓN DE LAS ENTIDADES**

ENTIDAD	REPRESENTA A:
Columna	Columnas de 5 cajas armadas formadas por cada persona armadora.
COL2	Columnas de 10 cajas armadas formadas por el apilador al final de la banda transportadora para su transporte.

- **Creación de las Locaciones**

Las siguientes locaciones fueron alteradas o creadas:

- **Puesto\_Pallet:** se creó una locación adicional.
- **Puesto\_Cajas:** su capacidad fue aumentada a 60 cajas.
- **Puesto\_Cajas\_Armadas:** su capacidad es 10 cajas.
- **Banda:** representan los tramos de la banda transportadora contiguos al puesto de cada armadora.
- **Loc1:** es una locación ficticia creada para agrupar las columnas de 5 cajas en columnas de 10 unidades.



**FIGURA 4.9 LOCACIONES**

- **Creación de Recursos**
  - Se representaron los abastecedores como dos recursos distintos de manera que cada uno pueda se

empleado en su lado correspondiente de la banda transportadora.

- Se disminuyó el número de apiladores de 3 a 2.

- **Creación de Variables**

Se eliminó la variable “AMARRASCRAPI”, debido a que una de las mejoras de propuesta es el uso de un recipiente para el almacenamiento adecuado del material de embalaje, por lo que los abastecedores ya no tendrán que transportar dicho material a su sitio de almacenamiento.

- **Creación de los Atributos**

A continuación se describe el significado de los atributos creados:

- CTPAL1: Tiempo promedio de transporte de un paquete de cajas entre el Puesto\_Pallet1 y un puesto de cajas del 6 a 10.
- CTPAL2: Tiempo promedio de transporte de un paquete de cajas entre el Puesto\_Pallet2 y un puesto de cajas del 1 al 5.

- CTCAJ: Tiempo promedio que debe esperar una caja en el puesto de cajas antes de ser armada.
  - CTCAJARM: Tiempo promedio que debe esperar una caja armada en el puesto de cajas armadas antes de acumular 5 cajas y formar una columna.
  - CTCOL: Tiempo promedio transcurrido entre el envío de una columna de 5 cajas a la banda transportadora y su arribo al final de la misma.
  - CTINV: Tiempo promedio transcurrido entre la formación de una columna de 10 cajas y su arribo al área de almacenamiento.
- **Programación del Modelo**

En la tabla 34 a continuación se muestra la secuencia de las operaciones en la programación del modelo de simulación:

**TABLA 34**

**PROGRAMACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN LAS PROPUESTAS DE MEJORA**

```

*****
Processing
*****

```

		Process			Routing		
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Pallet	Bodega_Pallets		1	Pallet Pallet	Puesto_Pallet1 Puesto_Pallet2	FIRST 1 FIRST	
Pallet	Puesto_Pallet1	SPLIT 24 AS Paquete_Cajas					
Pallet	Puesto_Pallet2	SPLIT 24 AS Paquete_Cajas					

Paquete_Cajas	Puesto_Pallet1	IF SCRAP > 32 THEN BEGIN DEC SCRAP,32 GET ABASTECEADOR1 WAIT N<63.28,13.5> FREE ABASTECEADOR1 END	1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas3	FULL	1	CTPAL1=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<9.87,2.5> FREE ABASTECEADOR1
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas4	FULL		CTPAL1=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<9.87,2.5> FREE ABASTECEADOR1
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas5	FULL		CTPAL1=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<9.87,2.5> FREE ABASTECEADOR1
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas6	FULL		CTPAL1=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<9.87,2.5> FREE ABASTECEADOR1
Paquete_Cajas	Puesto_Pallet2	IF SCRAP > 32 THEN BEGIN DEC SCRAP,32 GET ABASTECEADOR2 WAIT N<63.28,13.5> FREE ABASTECEADOR2 END	1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas11	FULL	1	CTPAL2=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<10.89,2.45> FREE ABASTECEADOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas12	FULL		CTPAL2=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<10.89,2.45> FREE ABASTECEADOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas13	FULL		CTPAL2=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<10.89,2.45> FREE ABASTECEADOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas14	FULL		CTPAL2=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<10.89,2.45> FREE ABASTECEADOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas15	FULL		CTPAL2=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<10.89,2.45> FREE ABASTECEADOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas16	FULL		CTPAL2=CLOCK(<) GET ABASTECEADOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<10.89,2.45> FREE ABASTECEADOR2
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas16	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA						
Caja	Puesto_Cajas16	CTCAJ=CLOCK(<)	1	Caja	Armadora16	FIRST	1	
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas16	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA						
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas16	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda15	FIRST	1	
Columna	Banda15		1	Columna	Banda14	FIRST	1	
Columna	Banda14		1	Columna	Banda13	FIRST	1	
Columna	Banda13		1	Columna	Banda12	FIRST	1	
Columna	Banda12		1	Columna	Banda11	FIRST	1	
Columna	Banda11		1	Columna	Banda10	FIRST	1	
Columna	Banda10		1	Columna	Banda9	FIRST	1	
Columna	Banda9		1	Columna	Banda8	FIRST	1	
Columna	Banda8		1	Columna	Banda5	FIRST	1	
Columna	Banda5		1	Columna	Banda4	FIRST	1	
Columna	Banda4		1	Columna	Banda7	FIRST	1	
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1	
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1	
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1	
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1	
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1	
Columna	LOC1	LOG "CTCOL", CTCOL GROUP 2 AS COL2						
COL2	LOC1	CTINU=CLOCK(<)	1	COL2	Inventario	FIRST	1	GET APILADORES WAIT N<10.26,2.83> FREE APILADORES
COL2	Inventario	LOG "CTINU", CTINU WAIT N<11.05,2.28> WAIT N<10.97,2.64> WAIT N<13.28,2.69>	1	COL2	EXIT	FIRST	1	INC PRODUCCION,10

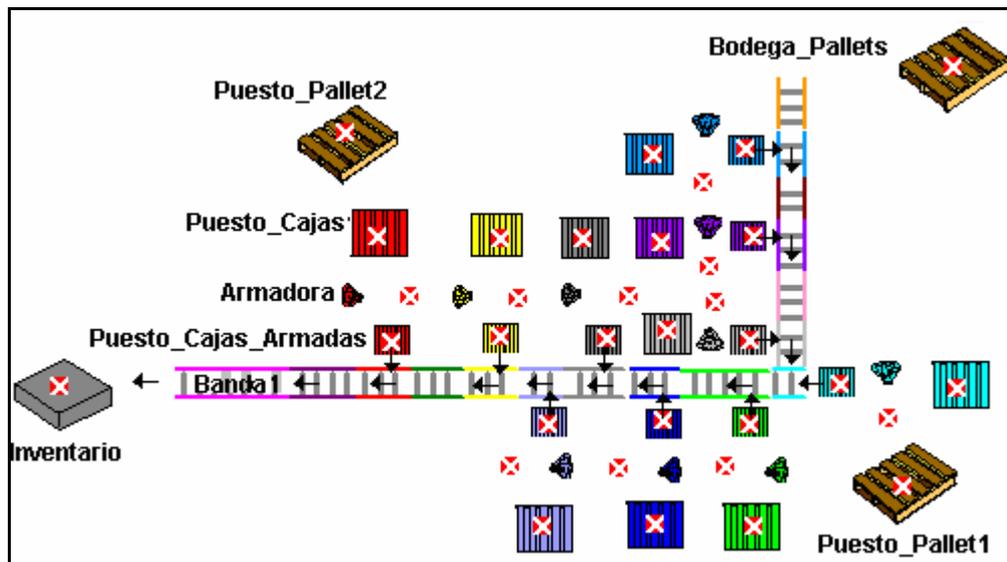
La secuencia de operaciones es la misma para las demás unidades de las locaciones múltiples y su programación completa puede ser consultada en el Anexo 2.

#### **4.2.2 Características Relevantes en el Modelo de Simulación Basado en las Propuestas de Mejora**

A continuación se presenta la manera en que fueron programadas ciertas características de mejora al proceso de armado de cajas:

Característica 1.- Implementación de una banda transportadora.

Forma de programación.- En ProModel al crear una banda transportadora, todas las entidades enviadas a la misma comienzan su trayectoria desde el final de la misma. Sin embargo, esto no ocurriría en la realidad porque cada armadora envía las columnas de cajas armadas a la banda transportadora a la altura a la cual se encuentra su puesto de armado. Por este motivo se crearon 10 tramos individuales de banda transportadora para cada armadora de cajas, de manera que el recorrido de las columnas de cajas armadas sea desde su puesto de trabajo, como se muestra en la figura 4.10.



**FIGURA 4.10 MOVIMIENTO DE LAS CAJAS ARMADAS POR LA BANDA TRANSPORTADORA**

Característica 2.- Los abastecedores reparten de manera simultánea dos paquetes de cajas a cada armadora.

Forma de programación.- Los abastecedores como recurso, sólo pueden ser utilizados para mover un producto entre locaciones; y en este caso se requiere que sean 2 unidades transportadas de manera simultánea. La manera en que se logró que se hiciera esto, fue en lugar de dividir al pallet en 48 paquetes de cajas, se lo dividió en 24 y en el momento en que el abastecedor tomaba un paquete de cajas, realmente estaba tomando dos, que al llegar a su destino se transformaban en 60 cajas.

Característica 3.- Los abastecedores reparten los paquetes de cajas a cada una de las armadoras, y cada paquete puede ser utilizado únicamente por una armadora.

Forma de programación.- Fue necesaria la creación de un puesto de cajas para cada armadora, de manera que cuando un abastecedor colocara un paquete de cajas en su sitio, éste sea sólo empleado por dicha armadora.

Característica 4.- Los paquetes de cajas vienen envueltos por dos tiras de cartón, las mismas que son removidas cuando los abastecedores reparten los paquetes de cajas a cada armadora. Al acumular 32 tiras de cartón aproximadamente, los abastecedores las amarran.

Forma de programación.- Para programar dicho procedimiento no era necesaria la creación de una entidad adicional para las tiras de cartón, sólo se requería representar el tiempo empleado por los abastecedores para amarrar las tiras y transportarlas a su sitio de almacenamiento. Para esto se creó la variable "SCRAP".

En este caso, la variable “SCRAP” representa cada tira de cartón generada al repartir los paquetes de cartones a las armadoras:

**TABLA 35**  
**PROGRAMACIÓN DE LA VARIABLE “SCRAP”**  
Routing

Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas6	FULL 1	CTPAQCAJ2=CLOCK(> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<9.25,2.05> FREE ABASTECEDOR2

Característica 5.- Las armadoras colocan cada caja ensamblada en el puesto de cajas armadas y van formando columnas de cajas. Las columnas de cajas son después enviadas a la banda transportadora cuando éstas poseen una altura de 5 cajas.

Forma de programación.- Las locaciones “Puesto\_Cajas\_Armadas” poseen una capacidad de 10 unidades, que son agrupadas para su envío a la banda transportadora con el uso de la función ACCUM, que reúne 5 cajas y la función GROUP las agrupa en una sola entidad.

**TABLA 36**  
**FUNCIONES ACCUM Y GROUP**

Entity	Location	Process		Routing			Move L
		Operation	Blk	Output	Destination	Rule	
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas1	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas1	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda1	FIRST 1	

Fue necesario acumular 5 cajas para que sea posible registrar el valor del atributo "CTCAJARM", el mismo que debe ser tomado para cada caja antes de agruparlas como la entidad "Columna", tal como se muestra en la tabla 36.

Característica 6.- Para poder medir el desempeño de las mejoras realizadas, fue necesario el uso de atributos que registren los tiempos de ciclo de las entidades que fueron registrados en el modelo inicial, con el fin de compararlos y de ésta manera cuantificar los posibles beneficios.

Forma de programación.- Los atributos empleados en la simulación son:

- o CTPAL1
- o CTPAL2
- o CTCAJ
- o CTCAJARM
- o CTCOL
- o CTINV

### **4.2.3 Condiciones que Serán Recreadas en el Modelo de Simulación**

Se tomaron 5 días representativos de la época promedio, para los cuales se monitorearon los parámetros de comparación detallados en el literal 3.6.2. Las características de estos días son las que se muestran a continuación:

- Horas laboradas en el área de armado de cajas: 12
- Número de armadoras manuales: 10
- Número de abastecedores: 2
- Número de apiladores: 3

### **4.2.4 Determinación del Número de Réplicas**

El número de réplicas es el número de veces que se corre el modelo de simulación de principio a fin. En este caso se trata de una simulación terminal de 10.67 horas, por lo que cada réplica realizada simulará 10.67 horas de trabajo ininterrumpidas en el área de armado de cajas.

La duración de cada actividad especificada en el modelo de simulación está representada por una distribución de probabilidad; debido a su naturaleza, es necesario determinar un número de réplicas ideal, que permita obtener resultados más precisos de los parámetros que se van a medir. La manera de calcular el número de réplicas es la que se describe a continuación:

#### 4.2.4.1 Prueba Piloto

La prueba piloto consiste en correr 30 réplicas del modelo y recolectar las desviaciones estándar de los parámetros ya antes mencionados.

El siguiente paso es determinar el número de réplicas “N” en base a la desviación estándar de cada parámetro, el mismo que se calcula con la ecuación que se muestra a continuación:

$$N = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \times s}{e} \right)^2$$

Donde:

- N: número de réplicas.

- $Z_{\alpha/2}$ : valor obtenido de la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar, para un nivel de confianza del 95%.
- s: desviación estándar del parámetro de evaluación.
- e: error, establecido en 3 segundos porque se considera que una amplitud del intervalo de 6 segundos es suficiente para la toma de decisiones.

Ejemplo:

$$N = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \times s}{e} \right)^2 = \left( \frac{1.96 \times 2.84}{3} \right)^2 = 3.44 \approx 4$$

En la tabla 37 a continuación se resumen los valores de las desviaciones estándar de cada parámetro de comparación y el número de réplicas para cada uno:

**TABLA 37**  
**DESVIACIONES ESTÁNDAR Y NÚMERO DE RÉPLICAS DE LOS PARÁMETROS**

PARÁMETRO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Segundos)	N
CTPAL1	2.84	4
CTPAL2	2.19	3
CTCAJ	1.16	2
CTCAJARM	0.10	1
CTCOL	0.01	1
CTINV	3.10	5

El número de réplicas que se debe seleccionar es el mayor de todos los calculados, porque esto asegura cubrir el nivel de confianza y error establecidos para los parámetros. Por lo tanto el número de réplicas que se deben realizar es 5, cantidad que fue cubierta en la prueba piloto de 30 réplicas.

#### 4.2.5 Análisis de Resultados de la Simulación y Comparación con los Parámetros Iniciales

Una vez realizado el número de réplicas determinado anteriormente, se procede a comparar los parámetros obtenidos de la simulación de las propuestas de mejora con respecto a aquellos determinados con el modelo de simulación de la situación actual, mostrados en la tabla 38:

**TABLA 38**

#### PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

PARÁMETRO	Simulación de la Situación Real		Simulación de las Propuestas de Mejora		UNIDADES
	(95% C.I. Low)	(95% C.I. High)	(95% C.I. Low)	(95% C.I. High)	
CTPAQCAJ1	655.85	664.16	-	-	Seg.
CTPAQCAJ2	37.18	39.87	-	-	Seg.
CTPAL1	-	-	40.24	42.36	Seg.
CTPAL2	-	-	27.03	28.66	Seg.
CTCAJ	170.59	171.02	334.26	335.13	Seg.
CTCAJARM	50.71	50.82	22.39	22.47	Seg.
CTCOL	20.16	21.18	7.46	7.47	Seg.
CTIHV	-	-	7.02	9.34	Seg.
<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>30,326.30</b>	<b>30,566.60</b>	<b>32,620.60</b>	<b>32,700.70</b>	<b>Cajas</b>

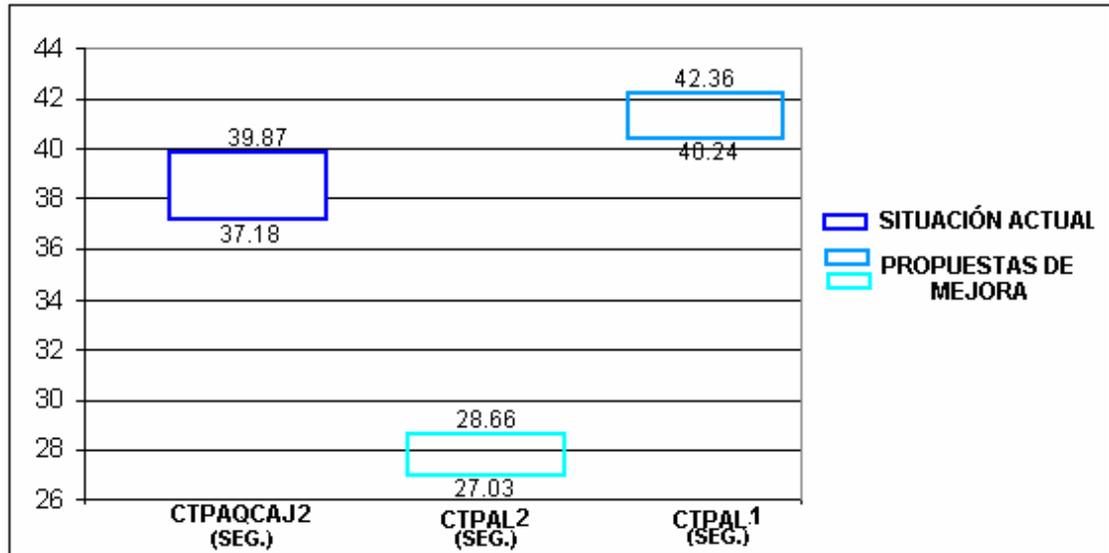
- **CTPAL1,CTPAL2:** Estos atributos en el caso de la situación actual, son equivalentes al atributo CTPAQCAJ2, pero poseen diferentes valores al medir el tiempo de abastecimiento de cajas a las armadoras a través de diferentes distancias, indicadas en la tabla a continuación:

**TABLA 39**

**DISTANCIAS Y TIEMPOS PROMEDIO DEL ABASTECIMIENTO DE CAJAS**

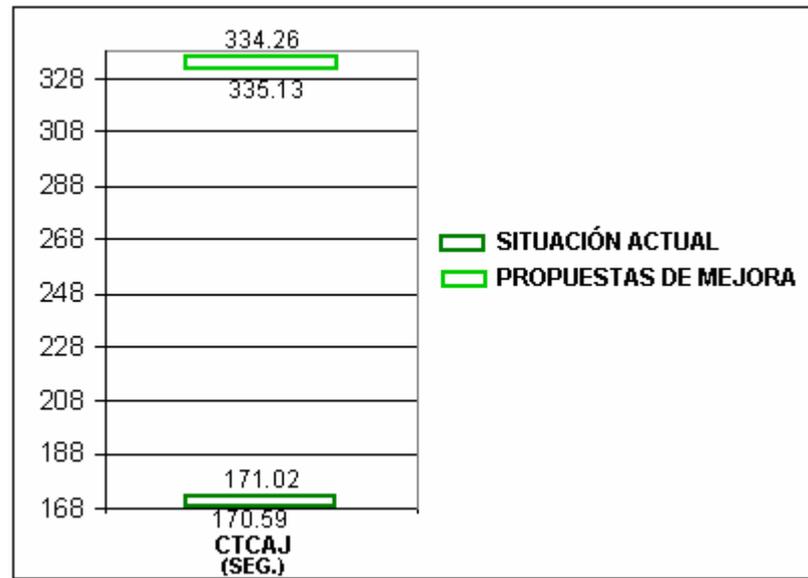
<b>Atributo</b>	<b>Distancia Promedio (m)</b>	<b>Tiempo Promedio (s)</b>	<b>Número de Paquetes Repartidos</b>
CTPAQCAJ2	4.37	16.95	1
CTPAL1	5.19	24.16	2
CTPAL2	2.4	11.15	2

En el caso de las propuestas de mejora, CTPAL1 y CTPAL2 miden el tiempo que le toma a cada abastecedor repartir dos paquetes de cajas a cada armadora de su lado de la banda transportadora. CTPAL2 es menor que CTPAL1 al tratarse del abastecimiento de cajas en el lado de la banda transportadora con la curva interna, por lo que la distancia promedio a recorrer para llegar a cada armadora es menor.



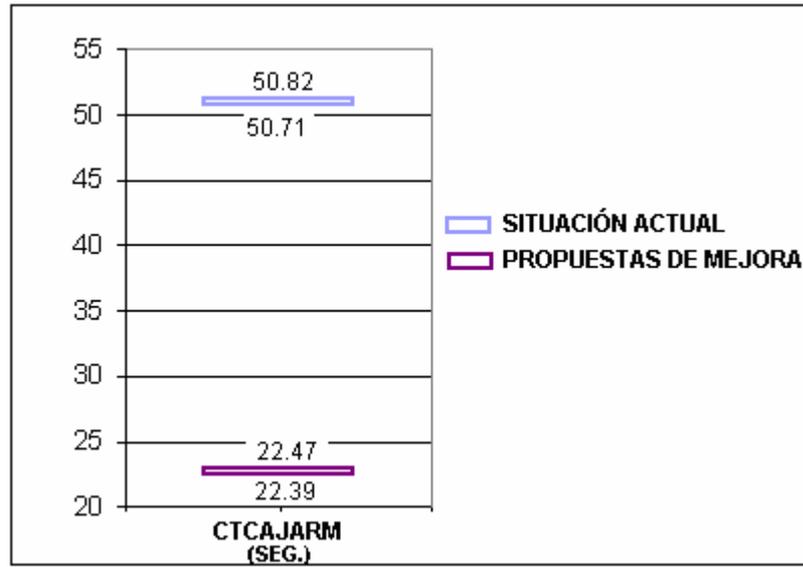
**FIGURA 4.11 INTERVALOS DE CONFIANZA DEL PARÁMETRO CTPAL**

- CTCAJ:** En la situación actual corresponde al tiempo que debía esperar una caja de un paquete de 30 cajas antes de ser armada, pero en la propuesta de mejora, es el tiempo que debe esperar una caja de 2 paquetes de 30 cajas, por lo que el tiempo se duplicó como se muestra en la figura 4.12 a continuación.



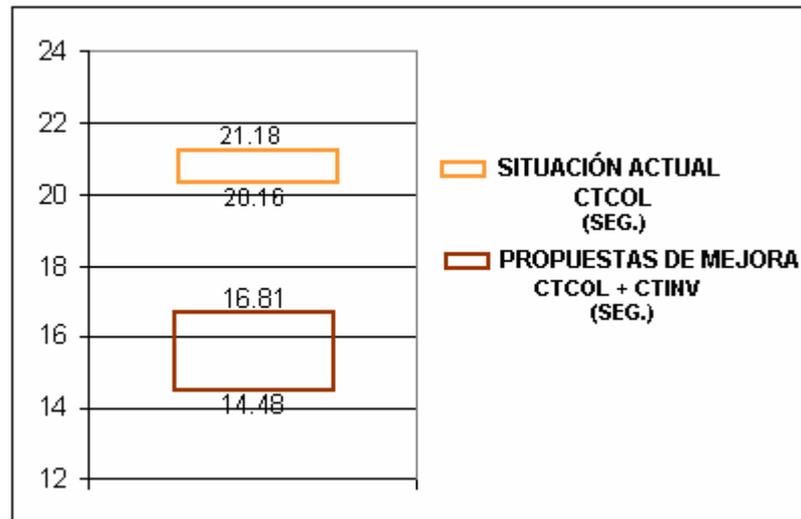
**FIGURA 4.12 INTERVALOS DE CONFIANZA PARA EL PARÁMETRO CTCAJ**

- CTCAJARM:** En la situación actual medía el tiempo promedio que debe esperar una caja armada en el puesto de cajas armadas antes de acumular 10 cajas y formar una columna, en las propuestas de mejora, se cambió el número de cajas con las que se formaba una columna a 5, por lo que el tiempo promedio de espera disminuyó en un 44%, como se muestra en la figura 4.13.



**FIGURA 4.13 INTERVALOS DE CONFIANZA PARA EL PARÁMETRO CTCAJARM**

- CTCOL + CTINV:** La unión de estos dos parámetros en la simulación con las propuestas de mejora es el equivalente al CTCOL obtenido en la simulación de la situación actual, que es el tiempo promedio transcurrido entre la formación de una columna y su transporte hacia el área de inventario. Los intervalos de confianza se muestran en la figura 4.14 a continuación:



**FIGURA 4.14 INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS CTCOL Y CTINV**

En la propuesta de mejora se obtuvo un intervalo de confianza en un rango menor de valores debido a que la distancia recorrida en promedio por los apiladores disminuyó como se muestra en la tabla a continuación:

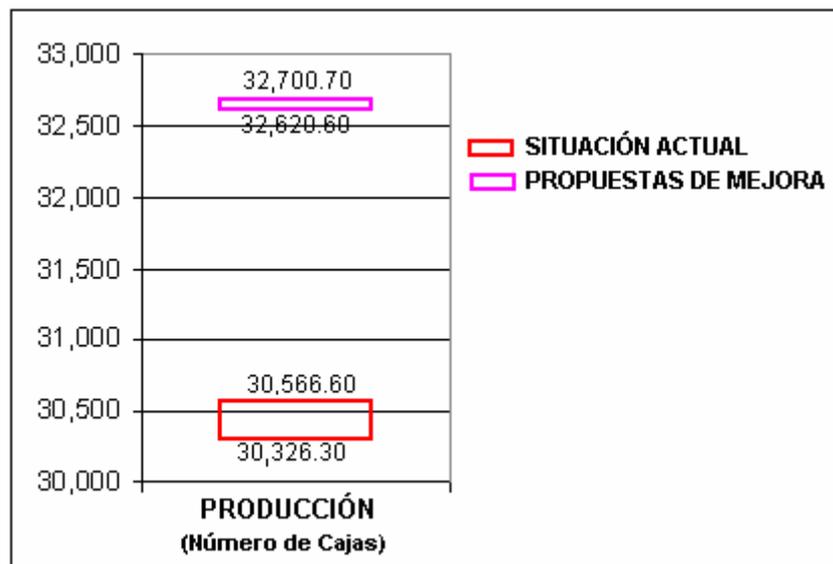
**TABLA 40**

**DISTANCIAS Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LOS APILADORES**

	Atributo	Distancia Recorrida (m)	Tiempo Promedio (s)
Actual	CTCOL	15.80	16.09
Propuesta	CTCOL+CTINV	5.60	6.84

- **Producción:** Como podemos observar en la figura 4.15 a continuación, el intervalo de confianza de la variable

producción para la simulación de la propuesta de mejora se encuentra en un rango de valores mayor a aquel obtenido en la simulación de la situación actual. La producción aumentó en un 7.27%, que es equivalente a 2.214 cajas armadas en promedio.

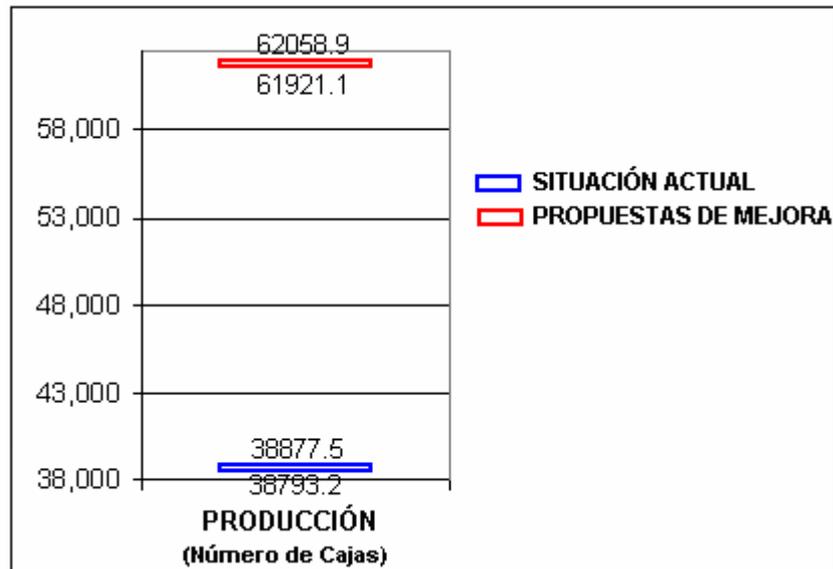


**FIGURA 4.15 INTERVALO DE CONFIANZA DE LA VARIABLE PRODUCCIÓN**

La mejora en la producción de cajas no es muy alta al tratarse de períodos promedios, pero al conocer las condiciones de la época pico detalladas en la tabla 41 y representarlas en los modelos de simulación actual y basado en las mejoras, la diferencia de producción obtenida fue del 59.62%, tal como se aprecia en la figura 4.16.

**TABLA 41**  
**CONDICIONES DE LA ÉPOCA PICO**

	Simulación	
	Actual	Con Mejoras
<b>Jornada de trabajo</b>	8 am - 2 am	8 am - 2 am
<b>Número de armadoras</b>	16	16
<b>Número de abastecedores</b>	2	2
<b>Número de apiladores</b>	4	3



**FIGURA 4.16 INTERVALO DE CONFIANZA DE LA PRODUCCIÓN DE LA SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y CON LAS MEJORAS**

En la simulación de la situación actual se obtuvo un volumen de producción promedio de 38.835 cajas, mientras que para la simulación basada en las mejoras fue de 61.990 cajas, siendo la diferencia 23.154 cajas.

# **CAPÍTULO 5**

## **5. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS Y PROPUESTAS DE MEJORA CON RESPECTO AL FLUJO DE MATERIALES**

En este capítulo se describen con mayor profundidad los problemas con respecto al flujo de materiales detectados en el área de armado de cajas, todo esto con el fin de obtener una mejor comprensión de sus causas y poder así determinar propuestas de mejora efectivas.

### **5.1 Descripción del Problema: Ineficiente Conexión entre el Área de Armado de Cajas y el Área de Empacado**

Existe una deficiencia en el abastecimiento de cajas a las líneas de empacado, ya sean éstas armadas con el uso de la máquina o manualmente. Todas las cajas requeridas son enviadas por un solo ducto desde el área de armado hasta el área de empacado, en ese lugar son receptadas por trabajadores del área de cajas que las colocan en una línea provisional para posteriormente colocarlas de 4

en 4 en las líneas de empackado que estén trabajando. Un total de 7 personas realizan dicho procedimiento en la época pico, mientras que se requieren de 5 en períodos de menor demanda. Este proceso está ejemplificado en la figura 5.1.



**FIGURA 5.1 ABASTECIMIENTO DE CAJAS EN EL ÁREA DE EMPACADO**

Con este sistema de abastecimiento, se observaron numerosas interrupciones del empackado por falta de cajas para las empackadoras, esto trajo como consecuencia disminución de la productividad de la línea de empackado y desmotivación de las empackadoras al perder la oportunidad de empackar más cajas.

### 5.1.1 Planteamiento de Mejora: Diseño de Rieles de Transporte

La empresa posee dos áreas separadas de empacado, una para mango con destino a Estados Unidos y la otra para mango con destino a Europa. La línea de empacado para Europa está actualmente conectada directamente con el área de armado de cajas por medio de dos rieles para el envío de cajas que se observan en la figura 5.2.



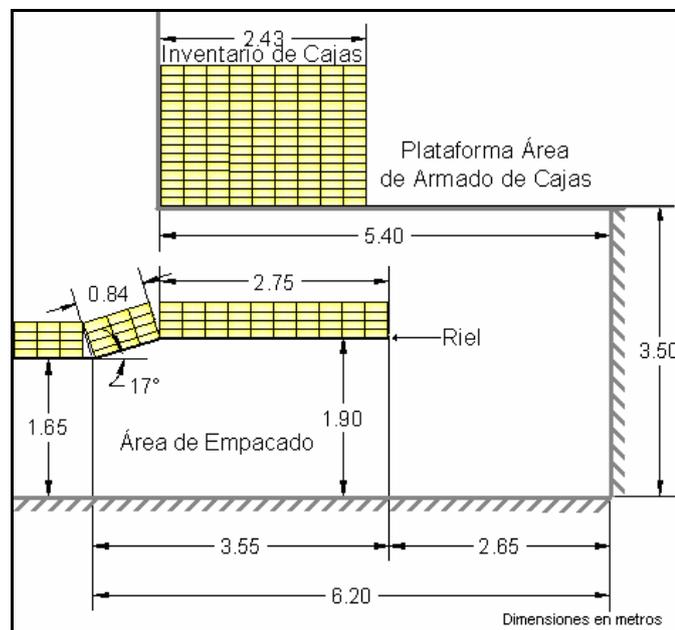
**FIGURA 5.2 RIELES PARA ENVÍO DE CAJAS A LAS LÍNEAS DE EMPACADO PARA EUROPA**

Uno de los rieles posee un ángulo de inclinación de  $22^\circ$ , mientras que el otro posee un ángulo de  $18^\circ$ .

Es posible unir el área de empacado para Estados Unidos con el área de armado de cajas de manera similar, para lo cual sería

necesario la construcción de tres rieles para el envío de las cajas a las líneas de empacado.

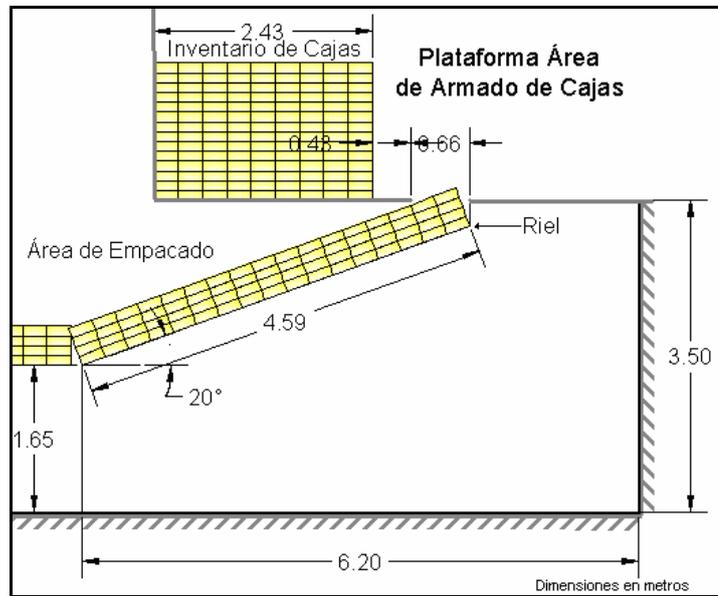
En la figura 5.3 se detallan las dimensiones y especificaciones de los rieles actuales para abastecimiento de cajas a las líneas de empacado:



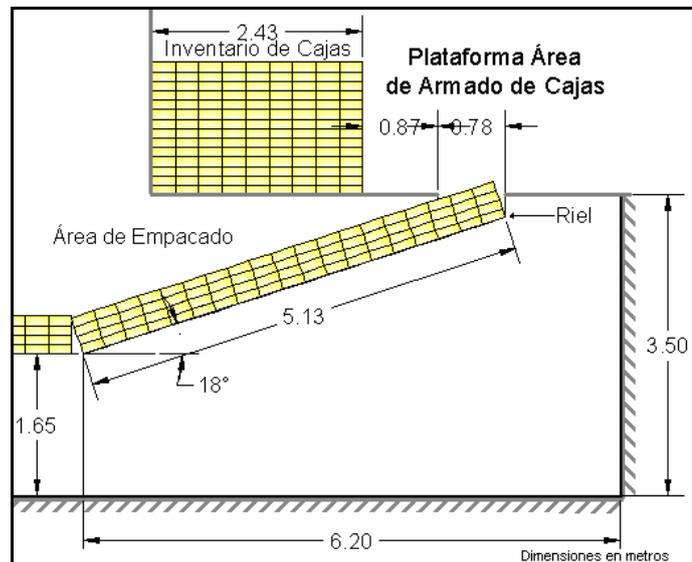
**FIGURA 5.3 DIMENSIONES DE LOS RIELES ACTUALES**

Como se puede observar en la figura anterior, la plataforma del área de armado de cajas se extiende 5.40 metros hacia el interior del área de empacado. De estos 5.40 metros, aproximadamente los 2.43 metros iniciales están ocupados por el inventario de cajas. Tomando en consideración estas dimensiones y espacios ocupados, se puede plantear la creación

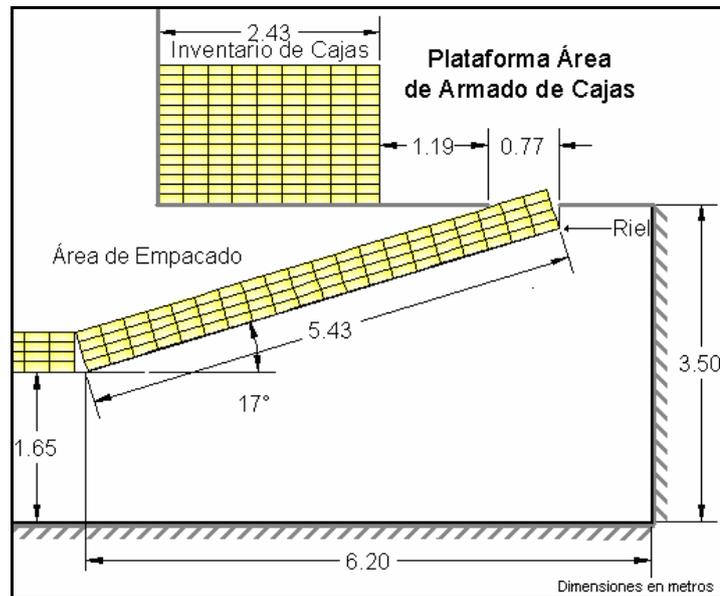
de rieles que conecten ambas áreas con las dimensiones indicadas en las figuras 5.4, 5.5 y 5.6:



**FIGURA 5.4 DIMENSIONES DE LOS RIELES PROPUESTOS CON INCLINACIÓN DE 20°**



**FIGURA 5.5 DIMENSIONES DE LOS RIELES PROPUESTOS CON INCLINACIÓN DE 18°**



**FIGURA 5.6 DIMENSIONES DE LOS RIELES PROPUESTOS CON INCLINACIÓN DE 17°**

De las tres propuestas, aquella indicada en la figura 5.6 provee la mayor distancia entre el inventario de cajas y la abertura para el envío de cajas por el riel hacia el área de empacado, esto es conveniente ya que permite el paso de una persona en el caso de que se requiera almacenar cajas frente a la abertura.

Las tres líneas para abastecer de cajas a las empacadoras poseen las mismas dimensiones, por lo que las especificaciones propuestas para los rieles que conecten las áreas pueden ser empleadas en todas las líneas de abastecimiento.

Al implementar el método de abastecimiento de cajas al área de empacado por medio de los rieles, se suscita una diferencia en el número de trabajadores requeridos en relación con la situación actual, tal como se muestra en la tabla a continuación:

**TABLA 42**

**NÚMERO DE TRABAJADORES REQUERIDOS PARA ALIMENTAR A LAS LÍNEAS DE EMPACADO**

CARGO	SITUACIÓN ACTUAL		SITUACIÓN PROPUESTA	
	PROMEDIO	ÉPOCA PICO	PROMEDIO	ÉPOCA PICO
Receptores de cajas	2	2	0	0
Alimentadores de las líneas de cajas	2 por línea	2 por línea	2 por línea	2 por línea

**5.2 Descripción del Problema: Inadecuado Almacenamiento del Material de Embalaje de los Pallets de Cajas**

No hay un debido almacenamiento del material de embalaje con el que vienen los pallets de cajas y cada paquete de cajas, el mismo es almacenado en una esquina del área de armado o desechado, cuando éste puede ser aprovechado para reciclaje.

El material de empaque más abundante y problemático son las tiras de cartón con las que viene envuelto cada paquete de cajas. Los trabajadores las apilan en el piso y por su forma larga rectangular de

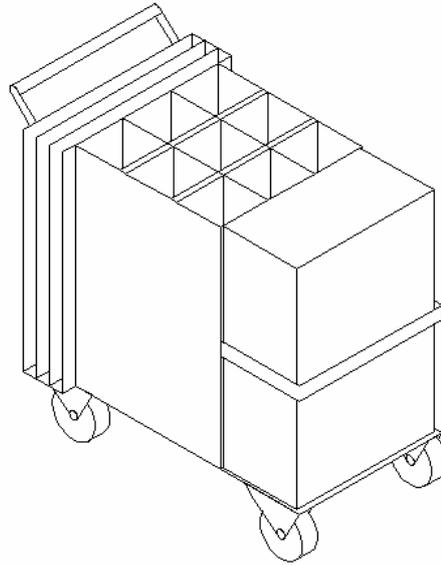
17cm x 147cm, éstos se caen fácilmente y restan tiempo productivo al trabajador mientras éste tiene que reacomodarlos una y otra vez.

Una causa básica para aquello es la falta de recipientes designados para aquella tarea, de manera que permita acomodar rápidamente el material de empaque y el trabajador no tenga que realizar la misma labor más de una vez.

### **5.2.1 Planteamiento de Mejora: Diseño de un Recipiente para Almacenamiento Adecuado del Material de Embalaje**

Para evitar que los trabajadores inviertan tiempo productivo en llevar el material de empaque hacia el otro extremo de la plataforma de armado de cajas o tener que apilar constantemente las tiras de empaque caídas, se propone el diseño de un recipiente para el correcto almacenamiento de los mismos junto al sitio en que se encuentra el pallet de cajas y que a su vez permita el fácil transporte de todos los materiales hacia un sitio apropiado para su almacenamiento, como la bodega de cajas.

Esto puede ser logrado con un recipiente como el que se muestra en la figura 5.7:



**FIGURA 5.7 CONTENEDOR PARA ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL DE EMBALAJE**

Este contenedor con ruedas posee prácticas divisiones para el almacenamiento de los diferentes materiales de embalaje provenientes de los pallets de cartones.

- Hay 9 casilleros para el almacenamiento de las tiras largas de cartón que envuelven a los paquetes individuales de cartones, con capacidad de 32 tiras cada uno, obteniendo espacio para albergar dicho material de embalaje procedente de 3 pallets.
- Cuenta con tres divisiones para colocar las láminas grandes de cartón que cubren la base y la cima del pallet dobladas

por la mitad. Se pueden ubicar 4 láminas por sección, proveyendo espacio para recolectar dicho material proveniente de 3 pallets.

- Finalmente, tiene un recipiente rectangular removible, para el almacenamiento de la película plástica que envuelve al pallet y de las cintas plásticas que sujetan los paquetes de cajas.

Las dimensiones del recipiente pueden ser revisadas en el Anexo 3.

### **5.3 Descripción del Problema: Falta de un Sistema para el Retorno de Cajas Armadas no Utilizadas**

En el cambio de marca de caja en el área de empaçado, las cajas que no fueron empleadas de la marca anterior son retiradas de las líneas de abastecimiento y acomodadas a los lados del área de empaçado. Éstas cajas permanecen ahí toda la temporada recolectando polvo por lo mismo que no vuelven a ser empleadas, dando un mal aspecto al área de empaçado, tal como se observa en las figuras 5.8 y 5.9.

El problema ocurre por la falta de un sistema para devolver las cajas al área de armado, donde podrían ser debidamente almacenadas y empleadas nuevamente. Resulta imposible enviarlas devuelta por el ducto que une a éstas áreas debido a que el mismo está siendo constantemente empleado para el envío de cajas al área de empacado.

El efecto más importante de este problema son los costos del mismo. Se incurre en un costo para armar las cajas que no son empleadas y se añade un costo al pagar a personas que las desarmen para su almacenamiento al final de la temporada.



**FIGURA 5.8 CAJAS ARMADAS NO UTILIZADAS ACUMULADAS EN EL ÁREA DE EMPACADO**

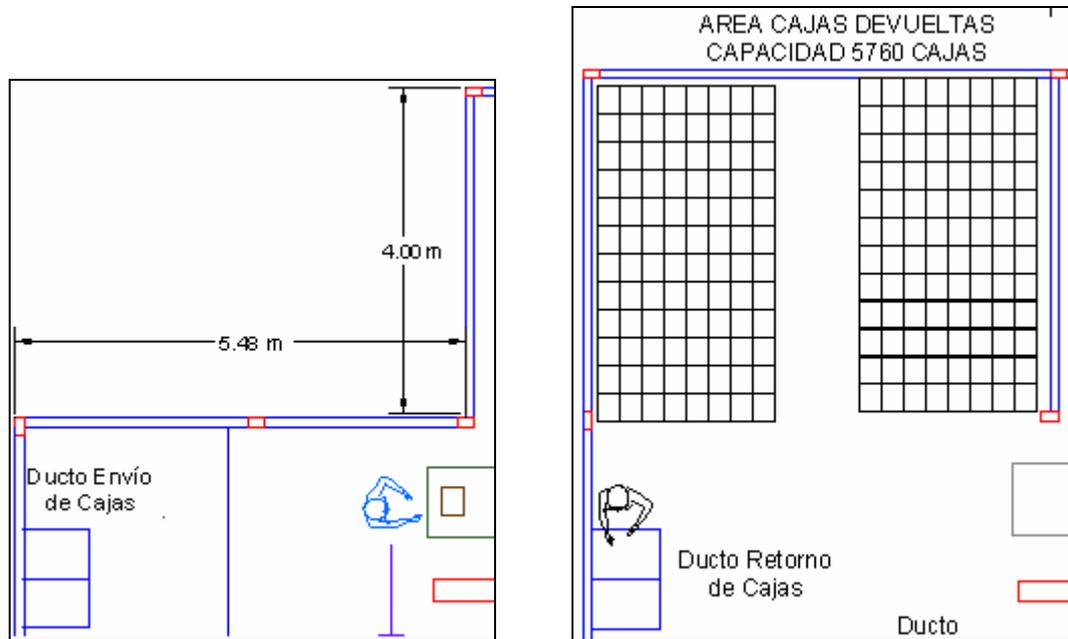
### **5.3.1 Planteamiento de Mejora: Establecimiento de un Área Especial para Almacenamiento Provisional de las Cajas no Utilizadas**

La solución a este problema es enviar las cajas que no fueron utilizadas al área de armado de cajas y hacer de esta tarea un hábito. Las cajas pueden ser enviadas por el ducto por el cual se enviaba antiguamente las cajas y ser receptadas en la parte del área de armado de cajas por un trabajador que las acomode.

En el área donde se almacena el inventario en la actualidad, no hay espacio suficiente para el almacenamiento provisional de dichas cajas, por lo cual se requeriría otra ampliación de la plataforma del área de armado de cajas, como se muestra en las figuras 5.10 y 5.11:



**FIGURA 5.9 ÁREA SUGERIDA PARA ALMACENAMIENTO DE CAJAS DEVUELTAS**



**FIGURA 5.10 SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL ÁREA DE CAJAS DEVUELTAS**

El concepto es almacenar provisionalmente en dicha área las cajas que no fueron utilizadas en el área de empaclado y que no poseen un área designada en el área de inventario de cajas, con el fin de brindar mejores condiciones de almacenamiento y evitar el congestionamiento. Cada vez que sea requerida una marca se deberá revisar primero si se cuenta con la misma en el área de cajas devueltas, con el fin de utilizarlas y tomar en cuenta su cantidad para la planificación del número de cajas que realmente deberán ser armadas.

# CAPÍTULO 6

## 6. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN FINANCIERA Y CONCLUSIONES

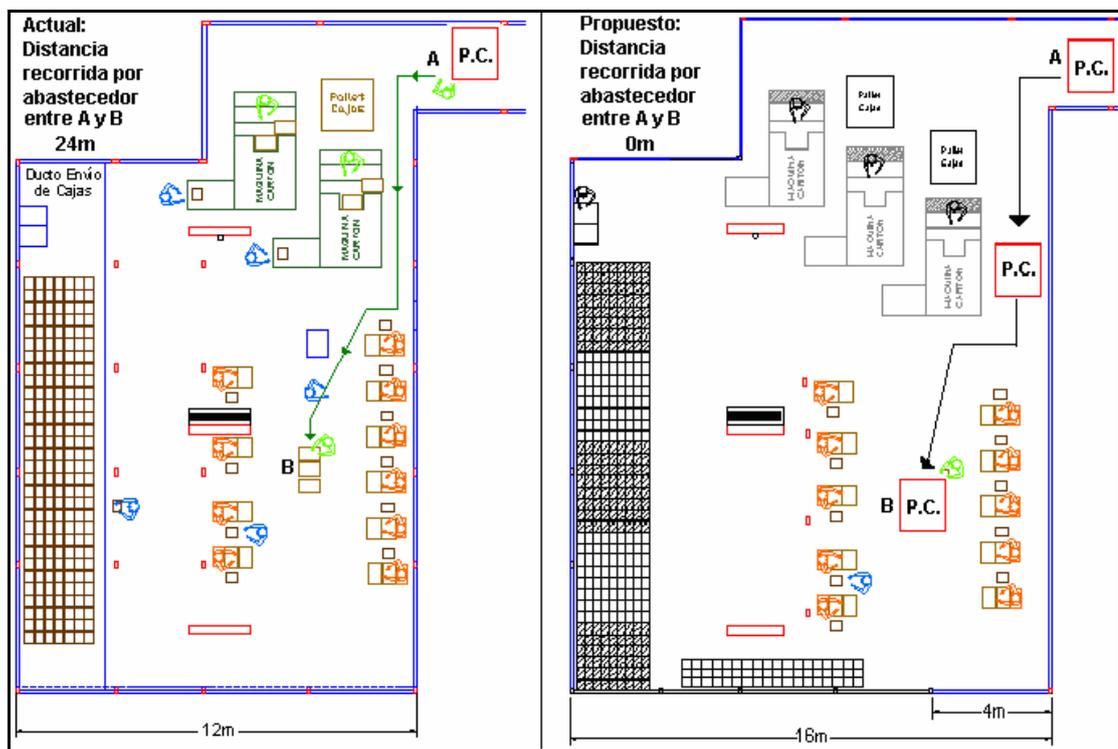
En este capítulo se cuantificará el impacto de los planteamientos de mejora para el área de armado de cajas con respecto a la distribución del personal y del flujo de materiales para proceder a su evaluación financiera con el fin de arribar a las conclusiones de esta tesis.

### 6.1 Cuantificación del Impacto de los Planteamientos de Mejora

- **Planteamiento de Mejora: Ampliación de la Plataforma del Área de Armado de Cajas**

Como se observa en el lado izquierdo de la figura 6.1, en la situación actual no es posible acercar el pallet a su punto de uso, por lo que se propuso la ampliación del área de armado de cajas para que fuera posible el paso de los pallets y reducir así el transporte de paquetes de cajas a lo largo de una distancia de 24

m aproximadamente, como podemos observar en el lado derecho de la figura 6.1.



**FIGURA 6.1 AMPLIACIÓN DE LA PLATAFORMA DEL ÁREA DE ARMADO DE CAJAS**

Trabajando una jornada de 12 horas con 10 armadoras, se consumen 20 pallets en promedio de cajas para armado manual. El equivalente de los 20 pallets de cajas es 960 paquetes de cajas, que al ser transportados por los abastecedores de tres en tres requieren hacer 320 viajes con una duración promedio de 31.18 segundos, que en total suman 2.77 horas. Este tiempo puede ser

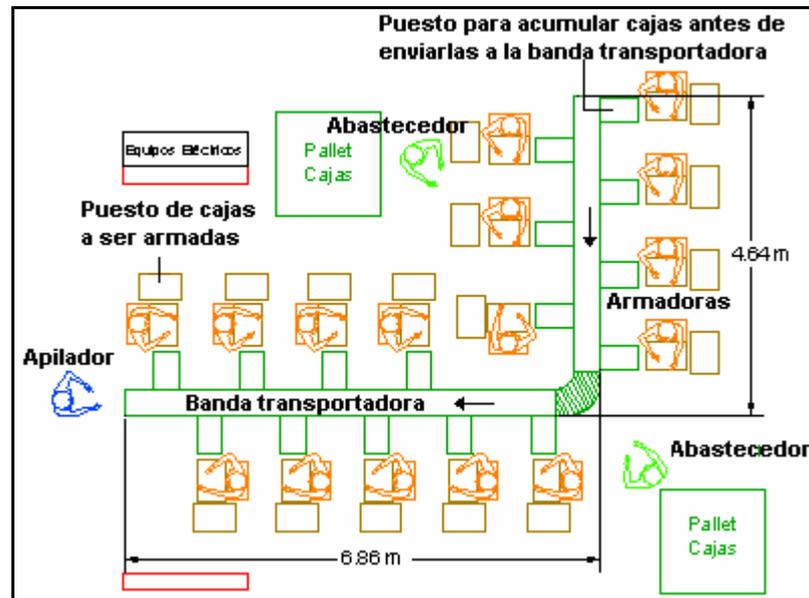
mejor empleado abasteciendo con mayor prontitud a las armadoras de cajas y evitando que ellas paren de trabajar.

**Impacto: Aumento del tiempo productivo de los  
abastecedores en 2.77 horas**

- **Planteamiento de Mejora: Reubicación del Personal de Armado de Cajas**

Al colocar a las armadoras alrededor de una banda transportadora como se muestra en la figura 6.2, se obtienen beneficios como:

- Orden en el área de armado de cajas, ya que no hay cajas dispersas por toda la plataforma, que dificultaban el abastecimiento de cajas a las armadoras y la recolección de aquellas que estaban armadas.
- Se eliminan los cruces entre los abastecedores y los apiladores, hecho que dificultaba su trabajo.
- Se disminuye el número de apiladores requeridos de tres a dos.
- Se reduce la distancia que deben recorrer los apiladores para recoger las cajas armadas de 16 a 6 metros, por lo que las cajas serán colocadas en su sitio de almacenamiento con mayor prontitud y se evitará la aglomeración de cajas armadas.



**FIGURA 6.2 ARREGLO DE LAS ARMADORAS MANUALES DE CAJAS ALREDEDOR DE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN L**

Mediante la comparación de los resultados obtenidos de la simulación de la situación actual y de aquella con las mejoras se destaca lo siguiente:

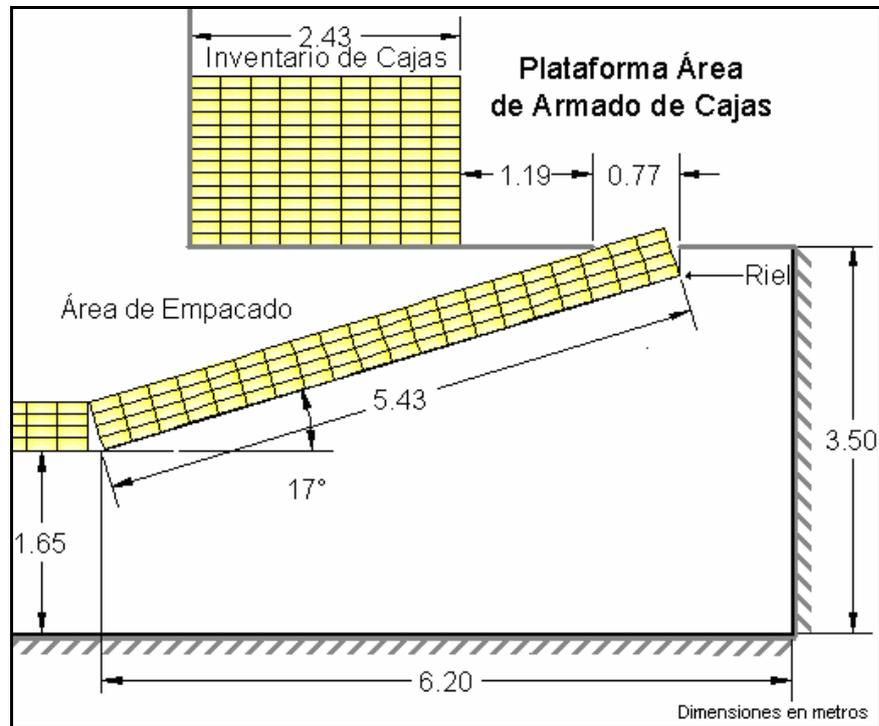
- La utilización de las armadoras aumentó de un promedio de 89.90% a 95.85%
- En la situación inicial, en promedio 11.26% del tiempo de la simulación estuvieron vacíos los puestos de cajas, mientras que en el modelo basado en las propuestas de mejora, éste tiempo disminuyó a 5.11%.
- El número de veces que debieron los abastecedores amarrar las tiras de cartón provenientes de los paquetes de cajas disminuyó de 101 a 68 veces. Esta tarea dura en

promedio 63 segundos, por lo que el tiempo ahorrado es de 35 minutos.

- La producción en la simulación basada en las propuestas de mejora aumentó a 32.660 cajas, en comparación con las 30.446 cajas obtenidas en la simulación inicial, el aumento es del 7.27% para épocas promedio.
- En las simulaciones representando las condiciones de la época pico, se obtuvo una producción promedio de 61.990 cajas para aquella con las mejoras, mientras que en la situación actual se obtuvo una producción promedio de 38.835 cajas; obteniendo en total un aumento de la producción en un 59.62%.

**Impacto: Aumento de la producción desde 7.27% hasta 59.62%, disminución de la mano de obra requerida.**

- **Planteamiento de Mejora: Diseño de Rieles de Transporte**



**FIGURA 6.3 DIMENSIONES DE LOS RIELES QUE CONECTAN EL ÁREA DE ARMADO DE CAJAS CON EL ÁREA DE EMPACADO**

Al implementar el método de abastecimiento de cajas al área de empacado por medio de los rieles con las dimensiones indicadas en la figura 6.3, cambia el número de trabajadores requeridos en relación con la situación actual, tal como se muestra en la tabla 43:

TABLA 43

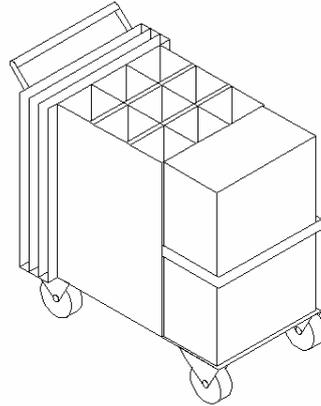
**NÚMERO DE TRABAJADORES REQUERIDOS PARA ALIMENTAR A LAS  
LÍNEAS DE EMPACADO**

CARGO	SITUACIÓN ACTUAL		SITUACIÓN PROPUESTA	
	PROMEDIO	ÉPOCA PICO	PROMEDIO	ÉPOCA PICO
Receptores de cajas	2	2	0	0
Alimentadores de las líneas de cajas	2 por línea	2 por línea	2 por línea	2 por línea

Con el empleo de los rieles ya no se requieren los receptores de cajas, reduciendo los costos para la empresa. Adicionalmente, se eliminan los pasos de recepción y colocación de las cajas en la línea provisional, lo que agiliza el abastecimiento de cajas y se evita que haya falta de las mismas.

**Impacto: Menor requerimiento de mano de obra, agilización del  
abastecimiento de cajas al área de empacado**

- **Planteamiento de Mejora: Diseño de un Recipiente para Almacenamiento Adecuado del Material de Embalaje**



**FIGURA 6.4 RECIPIENTE PARA ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL DE EMBALAJE**

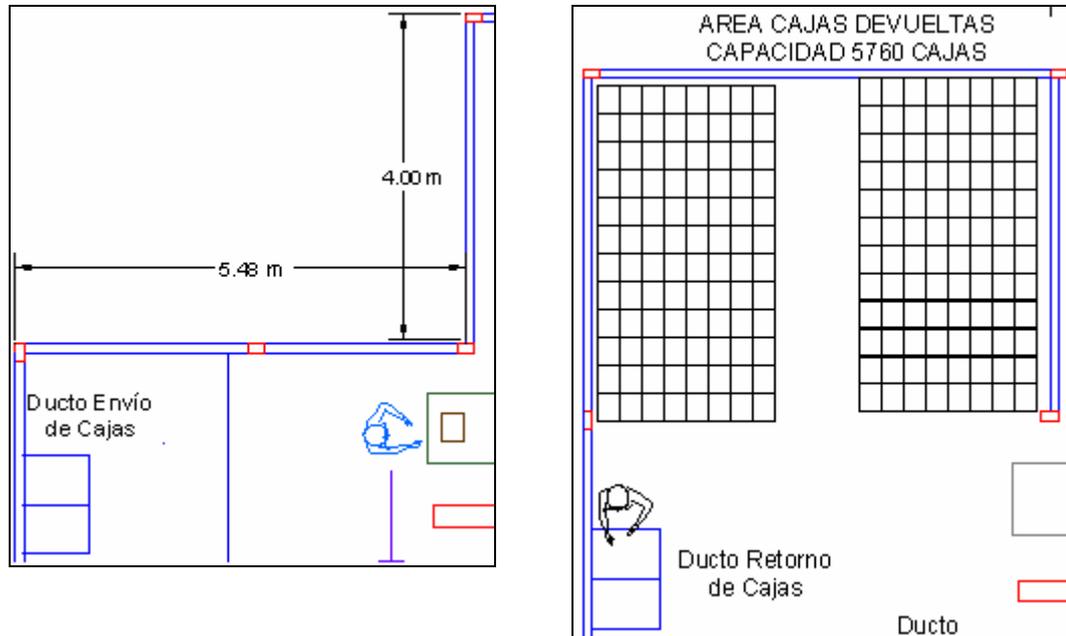
Con el uso de recipientes como el mostrado en la figura 6.4, se obtendrían los siguientes beneficios:

- Mejor aseo del área de armado de cajas.
- Disminuye el número de veces que se deben amarrar las tiras de cartón, lo que representa un ahorro de 35 minutos aproximadamente.
- Elimina la necesidad de transportar el material de embalaje de manera continua hacia su lugar de almacenamiento.

**Impacto: Orden, facilita el reciclaje, el tiempo productivo**

**disponible de los abastecedores aumenta en 35 minutos.**

- **Planteamiento de Mejora: Establecimiento de un Área Especial para Almacenamiento Provisional de las Cajas no Utilizadas**



**FIGURA 6.5 SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL ÁREA DE CAJAS DEVUELTAS**

Con la ampliación del área de armado de cajas mostrada en la figura 6.5, se lograrían las siguientes mejoras:

- Eliminación de los costos de cajas desechadas.
- Eliminación de los costos de mano de obra empleada para armar y desarmar las cajas.
- Orden en el área de empacado al no acumular las cajas de cartón.
- Disminuye el monto de cajas que requieren ser armadas al contar ya con algunas en inventario.

**Impacto: Reducción de costos por desperdicio de cajas en al menos**

**un 90%, orden.**

## 6.2 Evaluación de la Inversión Financiera

Los beneficios monetarios percibidos en cada planteamiento de mejora fueron calculados para toda la temporada siguiente, comprendida entre septiembre y enero 2007.

- **Planteamiento de Mejora: Ampliación de la Plataforma del Área de Armado de Cajas y Reubicación del Personal de Armado de Cajas**

### **Monto de la inversión:**

- Ampliación de la plataforma: \$6.800 USD
- Banda transportadora: \$10.000 USD

TOTAL: \$16.800 USD

**Beneficio monetario:** con la ampliación de la plataforma del área de armado de cajas, se elimina la necesidad de transportar los paquetes de cajas hacia el centro del área donde están las armadoras, lo mismo que se tradujo en un ahorro de 2.77 horas de trabajo de los abastecedores. Este tiempo es invertido de una manera más productiva abasteciendo con mayor prontitud a las armadoras de cajas, por lo que la producción de cajas aumentó. Esto incide en los costos de armado de cada caja, como se muestra en la tabla a continuación que resume los costos en la

época promedio y pico, de la producción de cajas manuales obtenida de los modelos de simulación:

**TABLA 44**

**PRODUCCIÓN DE CAJAS Y COSTOS DE MANO DE OBRA EN LAS ÉPOCAS PROMEDIO Y PICO**

	Época Promedio		Época Pico	
	Situación Actual	Situación con Mejoras	Situación Actual	Situación con Mejoras
Producción diaria de cajas	30,446	32,660	38,835	61,990
Jornada de trabajo	8:00 am - 8:00 pm		8:00 am - 2:00 am	
Número de trabajadores	15	14	22	21
Costo mano de obra	\$ 120.00	\$ 112.00	\$ 291.50	\$ 278.25
Costo mano de obra por caja	\$ 0.0039414	\$ 0.0034293	\$ 0.0075061	\$ 0.0044886

- El ahorro en costo de mano de obra por caja en la época promedio es de: \$0.0005121 USD, que con una aproximada producción de cajas manuales para la temporada de 1'397.000, se incurre en un ahorro total de \$715,45 USD.
- El ahorro en costo de mano de obra por caja en la época pico es de: \$0.0027769 USD, que con una producción de cajas manuales para la temporada estimada de 550.000, se incurre en un ahorro total de \$1.659,62 USD.

El ahorro total en la temporada se estima en \$2.375,07

- **Planteamiento de Mejora: Diseño de Rieles de Transporte**

**Monto de la inversión:** \$570 USD<sup>1</sup>

**Beneficio monetario:** \$1.200 USD por temporada por concepto de los salarios de dos trabajadores que ya no se requieren para el abastecimiento de cajas a las empacadoras.

- **Planteamiento de Mejora: Diseño de un Recipiente para Almacenamiento Adecuado del Material de Embalaje**

**Monto de la inversión:** \$600 USD<sup>2</sup>

**Beneficio monetario:** almacenamiento correcto del material de embalaje para que pueda ser posteriormente reciclado. El volumen estimado del cartón que puede ser reciclado durante cada temporada es de 48.715 kilogramos, por lo que se obtendría un retorno de \$3.410 USD, al vender cada kg. por \$0.07 USD a las empresas de reciclaje.

---

<sup>1</sup> Costo total por tres unidades

<sup>2</sup> Costo total por tres unidades

- **Planteamiento de Mejora: Establecimiento de un Área Especial para Almacenamiento Provisional de las Cajas no Utilizadas**

**Monto de la inversión:** \$2.300 USD

**Beneficio monetario:** reducción del 90% de los costos de cajas desperdiciadas que en la temporada 2006 – 2007 que fueron de \$12.151 USD, por lo que el ahorro total sería \$11.047 USD.

**Inversión Total: \$20.270 USD**

**Ahorro Total: \$18.032 USD**

**VAN \$15.130**

**TIR 56.9%<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> Ver Análisis Económico en el Anexo 4

# **CAPÍTULO 7**

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1. Se desarrolló un modelo de simulación de la situación actual del armado manual de cajas, el mismo que fue validado a través de los parámetros analizados durante el armado manual de cajas en la empresa. Al corresponder los resultados de la simulación con aquellos obtenidos en la empresa, se concluyó que el modelo representaba la situación actual del armado manual de cajas con un 95% de confianza.
2. Con la ampliación de la plataforma del área de armado de cajas y le distribución del personal de armado se obtuvo un aumento de la producción del 7.27% al 59.62%.

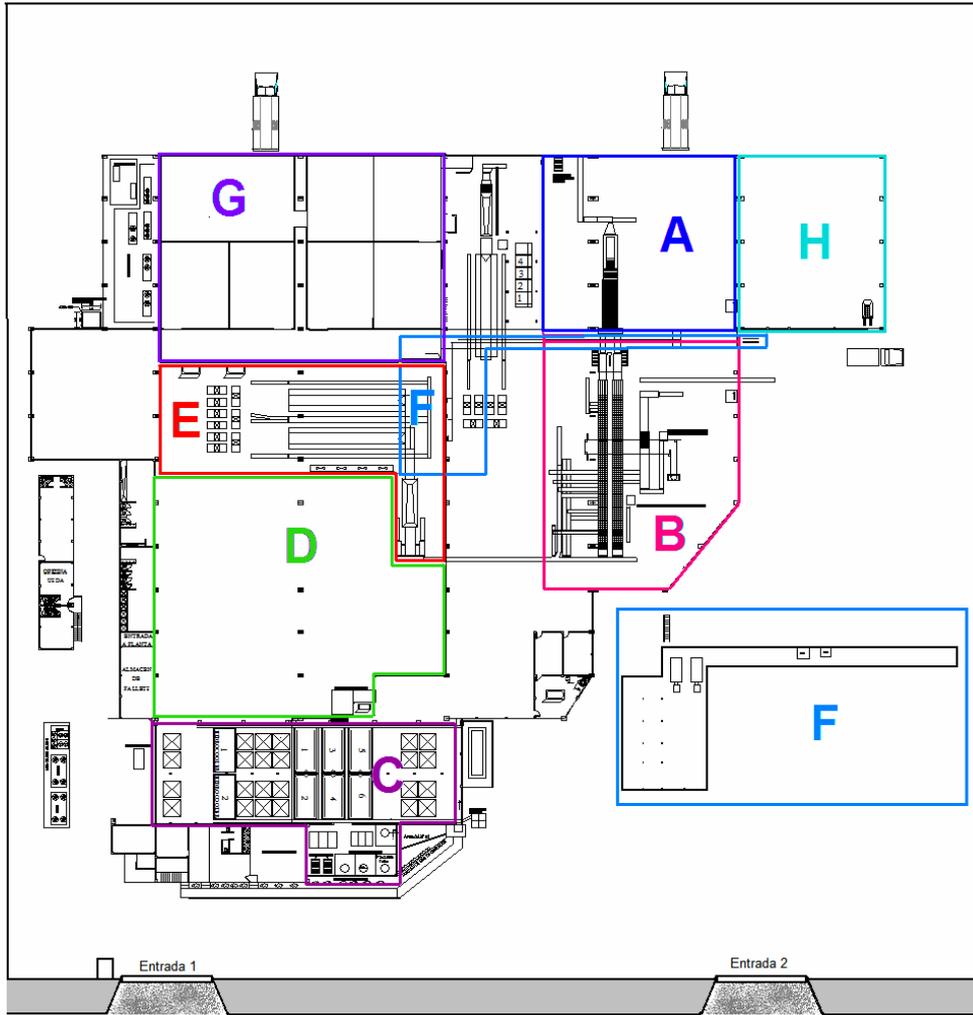
3. Con la distribución propuesta del personal alrededor de una banda transportadora se abastece más oportunamente con el material requerido a las personas armadoras y se elimina la acumulación de producto terminado a lo largo del área de armado de cajas. Se redujo el costo de mano de obra por caja en \$0.0005121 USD en la época promedio y en \$0.0027769 USD para la época pico.
4. Al emplear recipientes especialmente diseñados para el almacenamiento del material de embalaje se reduciría el tiempo invertido por los abastecedores en acomodarlo y transportarlo. Adicionalmente se percibiría un ingreso aproximado de \$3.410 USD al poder reciclar dicho material, por temporada.
5. El uso de los rieles para el abastecimiento de cajas al área de empacado es efectivo dado que elimina dos de los tres procedimientos antes realizados para dicha labor y reducen el número de trabajadores requeridos, obteniendo un ahorro de \$1.200 USD por temporada.
6. El diseño del área para el almacenamiento de cajas no utilizadas en el área de empacado es necesario para que sea posible su uso posterior y eliminar el desorden que causan en el área de

empacado, junto con los costos adicionales que traen a la empresa, que en la temporada 2006 -2007 fueron alrededor de \$12.151 USD.

## **RECOMENDACIONES**

1. Es posible desarrollar un programa de producción para coordinar el armado de cajas con máquina y manual, tomando en cuenta la nueva capacidad instalada en el armado manual una vez implementadas las mejoras. Se debe programar la producción en base al programa de producción del área de empacado, procurando realizar el armado de las cajas de las marcas pertenecientes a la empresa por medio de máquina y sólo el resto manualmente.
2. Para el uso de las cajas que no fueron utilizadas en el área de empacado, es importante tener un sistema de inventario para poder contar oportunamente con la información de existencia de cajas al momento de programar su producción. Adicionalmente se puede implementar el mismo sistema para el área en la que se almacenan actualmente las cajas armadas para inventario.

# PLANOS



Km. 14 1/2 Vía Daule

- |  |                                  |                                    |
|--|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>A</b> Área de Recepción y Lavado        | <b>D</b> Área de Reposo          | <b>G</b> Área de Refrigeración     |
| <b>B</b> Área de Clasificación por Tiempos | <b>E</b> Área de Empacado        | <b>H</b> Bodega de Cajas y Rechazo |
| <b>C</b> Área de Tratamiento Térmico       | <b>F</b> Área de Armado de Cajas |                                    |

**PLANO 1 MACRO MAPA DE DUREXPORTA  
ESCALA 1:1158**

# **ANEXOS**

# 1. PROGRAMACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

```

*****
Processing
*****

```

			Process		Routing		
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Pallet	Bodega_Pallets	WAIT N<43.91.7.44>	1	Pallet	Puesto_Pallet	FIRST	1
Pallet	Puesto_Pallet	WAIT L<2.17.0.553.1.7>					
		WAIT N<21.31.4.37>					
		WAIT N<229.09.26.81>					
		SPLIT 48 AS Paquete_Cajas					
Paquete_Cajas	Puesto_Pallet	CTPAQCAJ1=CLOCK<SEC>	1	Paquete_Cajas	Loc1	FULL	1
Paquete_Cajas	Loc1	GROUP 3 AS PAQ_CAJ	1	PAQ_CAJ	Lugar_Acopio	FULL	1
PAQ_CAJ	Loc1						GET ABASTECEDORES WAIT N<31.18.4.23> FREE ABASTECEDORES
PAQ_CAJ	Lugar_Acopio	UNGROUP					
Paquete_Cajas	Lugar_Acopio	LOG "CTPAQCAJ1", CTPAQCAJ1					
		IF SCRAP > 20 THEN					
		BEGIN					
		DEC SCRAP,20					
		GET ABASTECEDORES					
		WAIT N<93.59.14.15>					
		FREE ABASTECEDORES					
		INC AMARRASCRAP, 1					
		END					
		IF AMARRASCRAP > 4 THEN					
		BEGIN					
		DEC AMARRASCRAP, 4					
		GET ABASTECEDORES					
		WAIT N<44.44.6.66>					
		FREE ABASTECEDORES					
		END					
			1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas1	FULL	1
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas2	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas3	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas4	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas5	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas6	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas7	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas8	FULL	
							CTPAQCAJ2=CLOCK<> GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N<16.95.3.25> FREE ABASTECEDORES

				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas9	FULL	CTPAQCAJ2=CLOCK() GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N(16.95,3.25) FREE ABASTECEDORES
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas10	FULL	CTPAQCAJ2=CLOCK() GET ABASTECEDORES INC SCRAP, 2 WAIT N(16.95,3.25) FREE ABASTECEDORES
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas1	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas1	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora1	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas2	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas2	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora2	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas3	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas3	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora3	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas4	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas4	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora4	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas5	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas5	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora5	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas6	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas6	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora6	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas7	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas7	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora7	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas8	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas8	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora8	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas9	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas9	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora9	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas10	LOG "CTPAQCAJ2", CTPAQCAJ2 SPLIT 30 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas10	CTCAJ=CLOCK()	1	Caja	Armadora10	FIRST	1
Caja	Armadora1	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.1+M(2.08,1.74)					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas1	FIRST	1
Caja	Armadora2	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.1+M(2.08,1.74)					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas2	FIRST	1
Caja	Armadora3	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.1+M(2.08,1.74)					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas3	FIRST	1
Caja	Armadora4	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./(1.+EXP(-N(0.,1.)-0.799)/0.833))					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas4	FIRST	1
Caja	Armadora5	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./(1.+EXP(-N(0.,1.)-0.799)/0.833))					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas5	FIRST	1
Caja	Armadora6	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./(1.+EXP(-N(0.,1.)-0.799)/0.833))					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas6	FIRST	1
Caja	Armadora7	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./(1.+EXP(-N(0.,1.)-0.799)/0.833))					
			1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas7	FIRST	1

Caja	Arnadora8	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U(9.755,2.755)	1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas8	FIRST 1	CTCAJARM=CLOCK()
Caja	Arnadora9	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U(9.755,2.755)	1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas9	FIRST 1	CTCAJARM=CLOCK()
Caja	Arnadora10	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U(9.755,2.755)	1	Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas10	FIRST 1	CTCAJARM=CLOCK()
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas1	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas1	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas2	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas2	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas3	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas3	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas4	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas4	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas5	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas5	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas6	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas6	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas7	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas7	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1	GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES

Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas8	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA				
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas8	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1 GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas9	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA				
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas9	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1 GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Caja_Arnada	Puesto_Cajas_Arnadas10	ACCUM 10 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 10 AS COLUMNA				
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas10	CTCOL=CLOCK()	1	Columna	Inventario	FIRST 1 GET APILADORES WAIT N(16.09,3.53) FREE APILADORES
Columna	Inventario	LOG "CTCOL", CTCOL WAIT N(11.05,2.28) WAIT N(10.97,2.64) WAIT N(13.28,2.69)				
			1	Columna	EXIT	FIRST 1 INC PRODUCCION,10

## 2. PROGRAMACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN LAS PROPUESTAS DE MEJORA

\*\*\*\*\*  
 \* Processing \*  
 \*\*\*\*\*

		Process		Routing			
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Pallet	Bodega_Pallets		1	Pallet Pallet	Puesto_Pallet1 Puesto_Pallet2	FIRST FIRST	1
Pallet	Puesto_Pallet1	SPLIT 24 AS Paquete_Cajas					
Pallet	Puesto_Pallet2	SPLIT 24 AS Paquete_Cajas					
Paquete_Cajas	Puesto_Pallet1	IF SCRAP > 32 THEN BEGIN DEC SCRAP, 32 GET ABASTECEDOR1 WAIT N<63.28.13.5> FREE ABASTECEDOR1 END	1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas3	FULL	1 CTPAL1=CLOCK<> GET ABASTECEDOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<24.16.2.5> FREE ABASTECEDOR1
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas4	FULL	CTPAL1=CLOCK<> GET ABASTECEDOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<24.16.2.5> FREE ABASTECEDOR1
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas5	FULL	CTPAL1=CLOCK<> GET ABASTECEDOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<24.16.2.5> FREE ABASTECEDOR1
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas6	FULL	CTPAL1=CLOCK<> GET ABASTECEDOR1 INC SCRAP, 2 WAIT N<24.16.2.5> FREE ABASTECEDOR1
Paquete_Cajas	Puesto_Pallet2	IF SCRAP > 32 THEN BEGIN DEC SCRAP, 32 GET ABASTECEDOR2 WAIT N<63.28.13.5> FREE ABASTECEDOR2 END	1	Paquete_Cajas	Puesto_Cajas11	FULL	1 CTPAL2=CLOCK<> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<11.15.2.05> FREE ABASTECEDOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas12	FULL	CTPAL2=CLOCK<> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<11.15.2.05> FREE ABASTECEDOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas13	FULL	CTPAL2=CLOCK<> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<11.15.2.05> FREE ABASTECEDOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas14	FULL	CTPAL2=CLOCK<> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<11.15.2.05> FREE ABASTECEDOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas15	FULL	CTPAL2=CLOCK<> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<11.15.2.05> FREE ABASTECEDOR2
				Paquete_Cajas	Puesto_Cajas16	FULL	CTPAL2=CLOCK<> GET ABASTECEDOR2 INC SCRAP, 2 WAIT N<11.15.2.05> FREE ABASTECEDOR2
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas3	LOG "CTPAL1", CTPAL1 SPLIT 60 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas3	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora3	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas4	LOG "CTPAL1", CTPAL1 SPLIT 60 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas4	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora4	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas5	LOG "CTPAL1", CTPAL1 SPLIT 60 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas5	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora5	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas6	LOG "CTPAL1", CTPAL1 SPLIT 60 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas6	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora6	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas11	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas11	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora11	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas12	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA					
Caja	Puesto_Cajas12	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora12	FIRST	1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas13	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA					

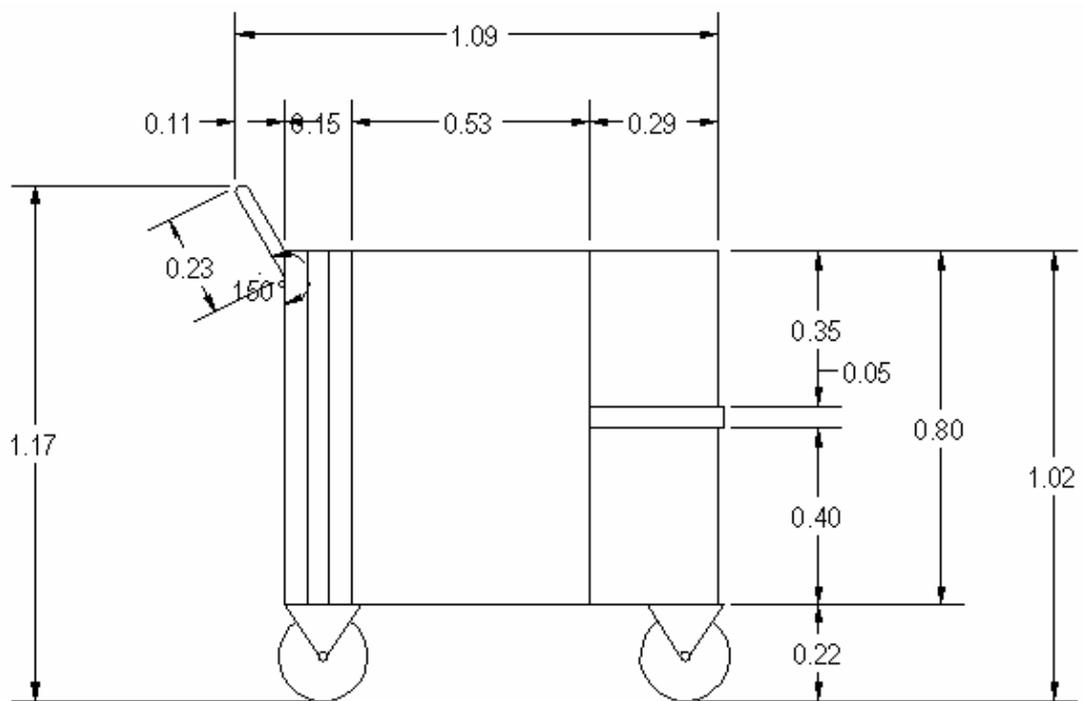
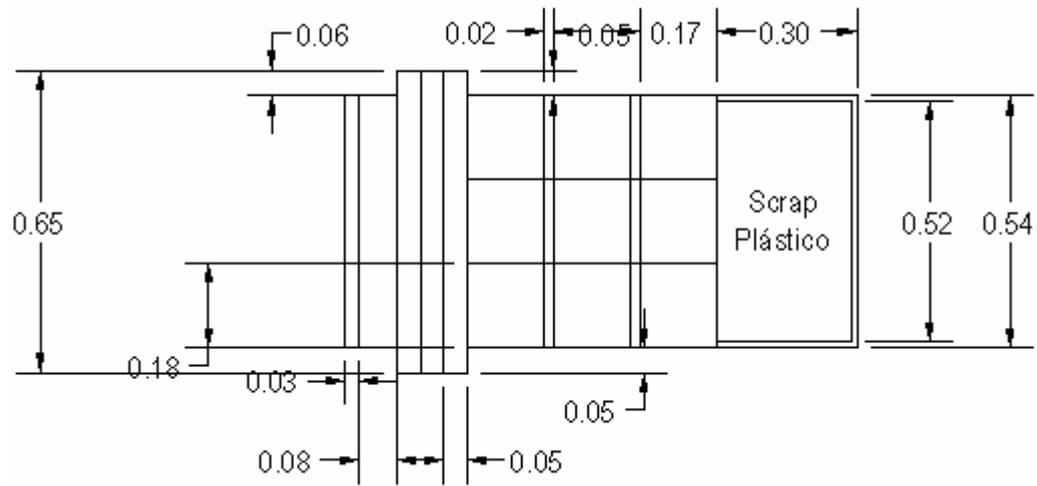
Caja	Puesto_Cajas13	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora13	FIRST 1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas14	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA				
Caja	Puesto_Cajas14	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora14	FIRST 1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas15	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA				
Caja	Puesto_Cajas15	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora15	FIRST 1
Paquete_Cajas	Puesto_Cajas16	LOG "CTPAL2", CTPAL2 SPLIT 60 AS CAJA				
Caja	Puesto_Cajas16	CTCAJ=CLOCK<>	1	Caja	Armadora16	FIRST 1
Caja	Armadora3	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U<9.755,2.755>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas3	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora4	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U<9.755,2.755>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas4	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora5	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U<9.755,2.755>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas5	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora6	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT U<9.755,2.755>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas6	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora11	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.1+W<2.08,1.74>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas11	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora12	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.1+W<2.08,1.74>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas12	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora13	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.1+W<2.08,1.74>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas13	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora14	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./<1.+EXP<-N<0.,1.>-0.799>/0.833>>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas14	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora15	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./<1.+EXP<-N<0.,1.>-0.799>/0.833>>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas15	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja	Armadora16	LOG "CTCAJ", CTCAJ WAIT 6.2+6.36*(1./<1.+EXP<-N<0.,1.>-0.799>/0.833>>	1	Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas16	FIRST 1 CTCAJARM=CLOCK<>
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas3	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA CTCOL=CLOCK<>	1	Columna	Banda4	FIRST 1
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas3			Columna	Banda7	FIRST 1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda3	FIRST 1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda6	FIRST 1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda2	FIRST 1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda1	FIRST 1
Columna	Banda2		1	Columna	LOC1	FIRST 1
Columna	Banda1		1			
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas4	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA CTCOL=CLOCK<>	1	Columna	Banda8	FIRST 1
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas4			Columna	Banda5	FIRST 1
Columna	Banda8		1	Columna	Banda4	FIRST 1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda7	FIRST 1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda3	FIRST 1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda6	FIRST 1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda2	FIRST 1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda1	FIRST 1
Columna	Banda2		1	Columna	LOC1	FIRST 1
Columna	Banda1		1			
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas5	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA CTCOL=CLOCK<>	1	Columna	Banda9	FIRST 1
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas5			Columna	Banda8	FIRST 1
Columna	Banda9		1	Columna	Banda5	FIRST 1
Columna	Banda8		1	Columna	Banda4	FIRST 1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda7	FIRST 1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda3	FIRST 1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda6	FIRST 1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda2	FIRST 1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda1	FIRST 1
Columna	Banda2		1	Columna	LOC1	FIRST 1
Columna	Banda1		1			
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Arnadas6	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA CTCOL=CLOCK<>	1	Columna	Banda10	FIRST 1
Columna	Puesto_Cajas_Arnadas6					

Columna	Banda10		1	Columna	Banda9	FIRST	1
Columna	Banda9		1	Columna	Banda8	FIRST	1
Columna	Banda8		1	Columna	Banda5	FIRST	1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda4	FIRST	1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda7	FIRST	1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas11	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas11	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas12	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas12	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda7	FIRST	1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas13	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas13	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda5	FIRST	1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda4	FIRST	1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda7	FIRST	1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas14	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas14	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda11	FIRST	1
Columna	Banda11		1	Columna	Banda10	FIRST	1
Columna	Banda10		1	Columna	Banda8	FIRST	1
Columna	Banda8		1	Columna	Banda5	FIRST	1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda4	FIRST	1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda7	FIRST	1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas15	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas15	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda13	FIRST	1
Columna	Banda13		1	Columna	Banda12	FIRST	1
Columna	Banda12		1	Columna	Banda11	FIRST	1
Columna	Banda11		1	Columna	Banda10	FIRST	1
Columna	Banda10		1	Columna	Banda9	FIRST	1
Columna	Banda9		1	Columna	Banda8	FIRST	1
Columna	Banda8		1	Columna	Banda5	FIRST	1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda4	FIRST	1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda7	FIRST	1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
Caja_Armada	Puesto_Cajas_Armadas16	ACCUM 5 LOG "CTCAJARM", CTCAJARM GROUP 5 AS COLUMNA					
Columna	Puesto_Cajas_Armadas16	CTCOL=CLOCK(<)	1	Columna	Banda15	FIRST	1
Columna	Banda15		1	Columna	Banda14	FIRST	1
Columna	Banda14		1	Columna	Banda13	FIRST	1
Columna	Banda13		1	Columna	Banda12	FIRST	1
Columna	Banda12		1	Columna	Banda11	FIRST	1
Columna	Banda11		1	Columna	Banda10	FIRST	1
Columna	Banda10		1	Columna	Banda9	FIRST	1
Columna	Banda9		1	Columna	Banda8	FIRST	1
Columna	Banda8		1	Columna	Banda5	FIRST	1
Columna	Banda5		1	Columna	Banda4	FIRST	1
Columna	Banda4		1	Columna	Banda7	FIRST	1
Columna	Banda7		1	Columna	Banda3	FIRST	1
Columna	Banda3		1	Columna	Banda6	FIRST	1
Columna	Banda6		1	Columna	Banda2	FIRST	1
Columna	Banda2		1	Columna	Banda1	FIRST	1
Columna	Banda1		1	Columna	LOC1	FIRST	1
COL2	LOC1	LOG "CTCOL", CTCOL GROUP 2 AS COL2 CTINU=CLOCK(<)	1	COL2	Inventario	FIRST	1

GET APILADORES  
WAIT NCG.84.2.23)  
FREE APILADORES

```
COL2      Inventario      LOG "CTINU", CTINU  1  COL2      EXIT      FIRST 1  INC PRODUCCION,10
          WAIT N<11.05,2.28>
          WAIT N<10.97,2.64>
          WAIT N<13.28,2.69>
```

### 3. DIMENSIONES DEL RECIPIENTE PARA ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL DE EMBALAJE



#### 4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN FINANCIERA

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>1.- Inversiones Iniciales</b>						
Ampliación de la plataforma del área de armado de cajas	10,000					
Banda transportadora	6,800					
Rieles para abastecimiento de cajas (3)	570					
Recipientes para almacenamiento del material de embalaje (3)	600					
Área para almacenamiento de cajas no utilizadas en el área de empacado	2,300					
<b>Total Inversión</b>	<b>(20,270)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>2.- Flujo de Fondos Operativos durante el horizonte del proyecto</b>						
<b>Ingresos operativos</b>	<b>18,032</b>	<b>18,321</b>	<b>18,611</b>	<b>18,900</b>	<b>19,189</b>	<b>19,478</b>
<b>Egresos operativos</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	<b>16,032</b>	<b>16,321</b>	<b>16,611</b>	<b>16,900</b>	<b>17,189</b>	<b>17,478</b>
<b>Impuesto a la renta + participación trabajadores (36,250%)</b>	<b>5,812</b>	<b>5,916</b>	<b>6,021</b>	<b>6,126</b>	<b>6,231</b>	<b>6,336</b>
<b>Utilidad operativa después de impuesto a la renta</b>	<b>10,220</b>	<b>10,405</b>	<b>10,589</b>	<b>10,774</b>	<b>10,958</b>	<b>11,142</b>
<b>Amortizaciones + Depreciaciones</b>						
<b>Total Flujo de fondos operativo</b>	<b>10,220</b>	<b>10,405</b>	<b>10,589</b>	<b>10,774</b>	<b>10,958</b>	<b>11,142</b>
<b>3.- Flujo de fondos de valores residuales</b>						
Retorno del capital de trabajo neto						
Perpetuidad						<b>36,527</b>
<b>Total Flujo de fondos de valores residuales</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36,527</b>
<b>4.- Flujo Neto de Fondos</b>	<b>(20,270)</b>	<b>10,220</b>	<b>10,405</b>	<b>10,589</b>	<b>10,774</b>	<b>47,485</b>
Flujo acumulado	(20,270)	(10,050)	355	10,945	21,718	69,203
Flujo Neto Descontado	(20,270)	7,862	6,157	4,820	3,772	12,789
<b>VVAN</b>	<b>\$ 15,130</b>					
<b>T TIR</b>	<b>56.90%</b>					
<b>P PAY-BACK EN AÑOS</b>	<b>2.0</b>					
<b>T TASA DE CORTE</b>	<b>300%</b>					

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. SARMIENTO FREDDY, “Evaluación y Planteamiento de Mejoras en una Línea de Empacado de Mangos para Exportación” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007)
2. Niebel, Benjamín W., Ingeniería Industrial Estudio de Tiempos y Movimientos, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., Cuarta Edición.
3. ProModel Corporation, User Guide Version 7, 2006.
4. Konz, Stephan. Diseño de Instalaciones Industriales, Editorial LIMUSA. 1991.