

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Evaluación y Planteamiento de Mejoras y Redistribución de
Planta en un Proceso de Fabricación de Bolígrafos mediante un
modelo de Simulación”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Presentada por:

Yuli Marcela Cabrera García

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar siempre a mi lado y guiarme en cada uno de los caminos que he escogido, a Mariana por su apoyo, amor incondicional, y sus sabios consejos, por existir y ser mi madre le estoy infinitamente agradecida, a mi padre Segundo por su comprensión y aceptación a los retos que me he puesto en la vida; al igual que mis hermanos Javier y Karina. A mi director de tesis Ing. Marcos Buestán por su invaluable ayuda y enseñanza. De manera especial a Víctor por su cariño y apoyo a lo largo del desarrollo de la tesis.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

MARIANA Y SEGUNDO

A MIS HERMANOS:

JAVIER Y KARINA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Marcos Buestán B.
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Kléber Barcia V.
VOCAL

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).

Yuli Marcela Cabrera García

RESUMEN

La presente tesis se va a desarrollar en una importante empresa que lleva 29 años produciendo bolígrafos en la ciudad de Guayaquil, perteneciente a una multinacional fundada en las afueras de París en el año de 1945, y que desde entonces se ha desarrollado hasta el punto de ser hoy líder mundial en artículos de escritura.

Los problemas de la empresa surgen por el pronóstico de un aumento de su demanda actual, estimada en un 10% anual en los productos importados, y un 4.5% en las ventas del producto fabricado en esta planta, por tal motivo se ve en la obligación de aumentar su espacio disponible para el almacenamiento de sus productos importados y el aumento de su capacidad productiva para poder abastecer el mercado local y satisfacer las demandas de sus filiales. Además la empresa afronta problemas ocasionados por el sistema de manejo de materiales que utiliza actualmente, la cual afecta al desempeño del recurso humano de la compañía y la eficiencia del recorrido de las piezas.

Los principales obstáculos que tiene la empresa son; primero, la falta de capacidad para el almacenamiento de producto terminado actual y futuro, segundo; el actual sistema de manejo de materiales que ha causado molestias para el transporte, accidentes de los operarios y pérdidas de material, y tercero; la actual distribución de la planta, la cual debido a que las áreas que más interactúan se encuentra alejadas, permite que las piezas recorran mucho antes de ser ensambladas. Estos problemas son explicados con mayor detalle a lo largo del desarrollo de la tesis.

Una vez que se tiene identificados estos problemas, y se ha recopilado toda la información de distribución de planta, proceso de producción y flujo de materiales, se establecen planteamientos de solución para cada uno de ellos, los cuales son evaluados a través del uso de un modelo de simulación, herramienta que permite comparar los resultados que se obtienen programando la situación actual con los obtenidos con las propuestas de mejora. Estos planteamientos son evaluados financieramente como parte final de toda la secuencia de análisis que se ha realizado a lo largo de esta tesis, y aplicando métodos de evaluación económica, se mide la eficiencia de la inversión total involucrada.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------------------------|------|
| RESUMEN..... | II |
| ÍNDICE GENERAL..... | IV |
| ABREVIATURAS..... | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XII |
| ÍNDICE DE PLANOS..... | XIV |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1 | |
| 1. ANTECEDENTES..... | 3 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 5 |
| 1.2 Justificación del estudio..... | 12 |
| 1.3 Objetivos..... | 14 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 14 |
| 1.3.1 Objetivos Específicos..... | 14 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO..... | 15 |
| 2.1 Macro proceso de la Planta..... | 16 |
| 2.2 Flujo de Proceso de la Planta detallado por áreas..... | 18 |
| 2.3 Distribución de la Planta Actual..... | 27 |
| 2.4 Ubicación de maquinarias..... | 29 |
| 2.5 Capacidades de las máquinas de producción..... | 32 |
| 2.5.1 Capacidades de las máquinas en el área de inyección..... | 32 |
| 2.5.2 Capacidades de las maquinas en el área de extrusión..... | 32 |
| 2.5.3 Capacidades de las máquinas en el área de Sub-Ensamble..... | 33 |
| 2.5.4 Capacidades de las maquinas en el área de Ensamble..... | 34 |
| 2.6 Flujo de recorrido de piezas..... | 35 |
| 2.7 Toma de tiempos de proceso..... | 43 |
| 2.7.1 Toma de tiempos de proceso de las maquinas inyectoras..... | 44 |
| 2.7.2 Toma de tiempos de proceso de las máquinas ensambladoras.... | 47 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| 3. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN..... | 49 |
| 3.1 Objetivo del modelo de Simulación..... | 49 |
| 3.2 Fuentes de Información..... | 50 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3 | Lógica del modelo de simulación..... | 53 |
| 3.4 | Asunciones del modelo de simulación..... | 57 |
| 3.5 | Procedimiento para la elaboración del modelo de Simulación..... | 60 |
| 3.5.1 | Locaciones del modelo de Simulación..... | 60 |
| 3.5.2 | Entidades del modelo de Simulación..... | 64 |
| 3.5.3 | Recursos del modelo de Simulación..... | 65 |
| 3.5.4 | Horarios Asignados del modelo de Simulación..... | 66 |
| 3.5.5 | Variables del modelo de Simulación..... | 67 |
| 3.5.6 | Atributos del modelo de Simulación..... | 68 |
| 3.5.7 | Distribuciones estadísticas usadas en el modelo de simulación... | 69 |
| 3.5.8 | Consideraciones especiales en la programación del modelo de simulación..... | 71 |
| 3.6 | Parámetros de comparación..... | 73 |
| 3.7 | Determinación del número de réplicas..... | 75 |
| 3.8 | Validación del modelo de Simulación..... | 78 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|-----|---|----|
| 4. | PROPUESTA DE MEJORA CON RESPECTO A LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y FLUJO DE MATERIALES..... | 85 |
| 4.1 | Descripción del problema y propuestas de mejora..... | 85 |

| | |
|--|----|
| 4.1.1 Falta de espacio para almacenamiento en Bodega de Producto Terminado..... | 86 |
| 4.1.2 Sistema de manejo de materiales actuales..... | 88 |
| 4.1.3 Accidentes ocasionados por el actual sistema de manejo de materiales..... | 90 |
| 4.1.4 Partes recorren un largo trayecto antes de ser ensambladas..... | 91 |
| 4.2 Propuesta de Mejora I..... | 93 |
| 4.3 Propuesta de mejora II..... | 98 |

CAPÍTULO V

| | |
|--|-----|
| 5. MODELO BASADO EN LAS PROPUESTAS DE MEJORA..... | 103 |
| 5.1 Objetivo del modelo de simulación futuro..... | 103 |
| 5.2 Cambios a incorporar en el modelo de simulación basado en las propuestas de mejora..... | 104 |
| 5.3 Modelo de Simulación basado en las propuestas de mejora..... | 105 |
| 5.4 Consideraciones especiales en la programación del modelo de la simulación Futura..... | 112 |
| 5.5 Determinación del número de réplicas del modelo de la simulación futura..... | 114 |

| | |
|---|-----|
| 5.6 Análisis de los resultados de la situación Futura y comparación con la situación Actual..... | 117 |
|---|-----|

CAPÍTULO VI

| | |
|---|-----|
| 6. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN FINANCIERA..... | 127 |
| 6.1 Cuantificación del Impacto de Planteamiento de Mejoras..... | 128 |
| 6.1.1 Cuantificación de la Propuesta de Mejora I..... | 128 |
| 6.1.2 Cuantificación de la Propuesta de mejora II..... | 132 |
| 6.2 Evaluación de la Inversión financiera..... | 134 |

CAPÍTULO VII

| | |
|--|-----|
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 143 |
|--|-----|

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

| | |
|-------|------------------------------|
| T.C. | Tiempo de ciclo |
| Min. | Minutos |
| Seg. | Segundos |
| Prod. | Producción |
| BMP | Bodega de materia prima |
| BPT | Bodega de producto terminado |
| Iny | Inyectora |
| Ext | Extrusora |
| S-E | Sub-ensambladora |
| E | Ensambladora |
| WIP | Work in process |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | Pág. |
|----------|---|-------------|
| Tabla 1 | Cuantificación de las pérdidas anuales de la empresa XYZ..... | 10 |
| Tabla 2 | Capacidades de producción de máquinas inyectoras..... | 32 |
| Tabla 3 | Capacidades de producción de máquinas extrusoras... | 33 |
| Tabla 4 | Capacidades de producción de máquinas Sub-Ensambladoras..... | 33 |
| Tabla 5 | Capacidades de producción de las centrifugadoras..... | 34 |
| Tabla 6 | Capacidades de producción de máquinas Ensambladoras..... | 34 |
| Tabla 7 | Tiempos y distancias recorridas por el barril..... | 36 |
| Tabla 8 | Tiempos y distancias recorridas por la tapa..... | 38 |
| Tabla 9 | Tiempos y distancias recorridas por botón..... | 40 |
| Tabla 10 | Tiempos y distancias recorridas por el repuesto..... | 41 |
| Tabla 11 | Tiempos y distancias recorridas por el bolígrafo..... | 43 |
| Tabla 12 | Número de muestras para la toma de tiempos de las máquinas inyectoras..... | 46 |
| Tabla 13 | Distribución de los tiempos de proceso de las máquinas inyectoras..... | 47 |
| Tabla 14 | Número de muestras para la toma de tiempos de las máquinas ensambladoras..... | 48 |
| Tabla 15 | Distribución de los tiempos de proceso de las máquinas ensambladoras..... | 48 |
| Tabla 16 | Matriz Origen-Destino de aéreas que intervienen en el proceso de fabricación de bolígrafos..... | 51 |
| Tabla 17 | Lógica del modelo de simulación..... | 55 |
| Tabla 18 | Locaciones del modelo de simulación..... | 61 |
| Tabla 19 | Entidades del modelo de simulación..... | 64 |
| Tabla 20 | Recursos del modelo de simulación..... | 65 |
| Tabla 21 | Variables del modelo de simulación..... | 67 |
| Tabla 22 | Atributos del modelo de simulación..... | 69 |
| Tabla 23 | Distribución estadística del modelo de simulación..... | 70 |
| Tabla 24 | Cuadro de las capacidades de las tolvas..... | 71 |
| Tabla 25 | Número de réplicas de los parámetros de comparación... | 77 |
| Tabla 26 | Comparativo entre los resultados de la simulación y los | |

| | | |
|----------|--|-----|
| | reales..... | 80 |
| Tabla 27 | Gasto anual en falta de espacio en la Bodega de Producto terminado..... | 87 |
| Tabla 28 | Gasto anual ocasionado por los actuales sistemas de manejos de materiales..... | 89 |
| Tabla 29 | Gasto anual de accidentes ocasionado por los actuales sistemas de manejos de materiales..... | 91 |
| Tabla 30 | Matriz Origen-Destino de las partes antes de ser ensambladas..... | 92 |
| Tabla 31 | Lógica del modelo de simulación de la situación futura..... | 106 |
| Tabla 32 | Locaciones creadas en el modelo de simulación futuro... | 109 |
| Tabla 33 | Locaciones eliminadas en el modelo de simulación futuro... | 110 |
| Tabla 34 | Entidades eliminadas en el modelo de simulación futuro... | 110 |
| Tabla 35 | Recursos eliminados en el modelo de simulación futuro... | 111 |
| Tabla 36 | VARIABLES eliminadas en el modelo de simulación futuro... | 111 |
| Tabla 37 | Número de réplicas de los parámetros de comparación del modelo futuro..... | 116 |
| Tabla 38 | Datos de la situación actual VS futura..... | 117 |
| Tabla 39 | Ahorro económico debido a la reubicación del área de Ensamble..... | 135 |
| Tabla 40 | Ahorro económico debido a la instalación de la una banda transportadora..... | 137 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | Pág. |
|-------------|---|------|
| Figura 1.1 | Producto final en los pasillos de la bodega..... | 7 |
| Figura 1.2 | Producto importado en los pasillos de la bodega..... | 7 |
| Figura 1.3 | Área de equipos de almacenamiento..... | 9 |
| Figura 2.1 | Macro Proceso de Planta..... | 17 |
| Figura 2.2 | Recepción de material plástico..... | 18 |
| Figura 2.3 | Recepción de tintas..... | 19 |
| Figura 2.4 | Transporte de materia prima..... | 20 |
| Figura 2.5 | Picking Stock..... | 21 |
| Figura 2.6 | Mezcladora..... | 21 |
| Figura 2.7 | Material Mezclado..... | 21 |
| Figura 2.8 | Almacenadores de repuestos..... | 23 |
| Figura 2.9 | Producto terminado..... | 24 |
| Figura 2.10 | Producto paletizado..... | 24 |
| Figura 2.11 | Distribución de la planta actual..... | 27 |
| Figura 2.12 | Ubicación de maquinarias..... | 29 |
| Figura 2.13 | Recorrido del Barril..... | 35 |
| Figura 2.14 | Recorrido de la Tapa..... | 37 |
| Figura 2.15 | Recorrido del Botón..... | 39 |
| Figura 2.16 | Recorrido del Repuesto..... | 40 |
| Figura 2.17 | Recorrido del Bolígrafo..... | 42 |
| Figura 3.1 | Flujo de proceso de la fabricación del bolígrafo..... | 50 |
| Figura 3.2 | Lógica del modelo de simulación del proceso de fabricación de Bolígrafos..... | 54 |
| Figura 3.3 | Horarios asignados a los operarios de ensamble..... | 66 |
| Figura 3.4 | Intervalo de 95% de los parámetros reales de las máquinas inyectoras..... | 79 |
| Figura 3.5 | Intervalo de 95% de los parámetros reales de las máquinas ensambladoras..... | 79 |
| Figura 3.6 | Intervalo de 95% de los parámetros reales..... | 80 |
| Figura 3.7 | Intervalo de 95% de los parámetros del modelo de simulación (máquinas inyectoras)..... | 82 |
| Figura 3.8 | Intervalo de 95% de los parámetros del modelo de simulación (máquinas ensambladoras)..... | 83 |
| Figura 3.9 | Intervalo de 95% de los parámetros del modelo de simulación (tiempos de ciclo)..... | 84 |
| Figura 4.1 | Ubicación actual del área de ensamble..... | 93 |
| Figura 4.2 | Traslado del área de ensamble..... | 94 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 4.3 | Ubicación futura del área de ensamble..... | 94 |
| Figura 4.4 | Ubicación actual de la ventana del área de serigrafía..... | 96 |
| Figura 4.5 | Traslado de la ventana del área de serigrafía..... | 96 |
| Figura 4.6 | Ubicación futura de la ventana del área de serigrafía..... | 97 |
| Figura 4.7 | Ubicación de la banda transportadora..... | 99 |
| Figura 4.8 | Tramo 1 de la banda transportadora..... | 100 |
| Figura 4.9 | Tramo 2 de la banda transportadora..... | 101 |
| Figura 5.1 | Lógica del modelo de simulación de la situación futura del proceso de fabricación de Bolígrafos..... | 105 |
| Figura 5.2 | Bandas creadas en el modelo de simulación futura | 113 |
| Figura 5.3 | Comparativo de la producción entre la situación actual VS las propuestas de mejora en ensambladora 1..... | 119 |
| Figura 5.4 | Comparativo de la producción entre la situación actual VS las propuestas de mejora en ensambladora 2..... | 120 |
| Figura 5.5 | Comparativo de la producción entre la situación actual VS las propuestas de mejora en ensambladora 3..... | 121 |
| Figura 5.6 | Comparativo de la producción entre la situación actual VS las propuestas de mejora en ensambladora 4..... | 122 |
| Figura 5.7 | Comparativo de la producción Total entre la situación actual VS las propuestas de mejora..... | 123 |
| Figura 5.8 | Comparativo entre la situación actual VS las propuestas de mejora del tiempo de ciclo del barril antes de ser ensamblado..... | 124 |
| Figura 5.9 | Comparativo entre la situación actual VS las propuestas de mejora del tiempo de ciclo de la tapa antes de ser ensamblada..... | 125 |
| Figura 5.10 | Comparativo entre la situación actual VS las propuestas de mejora del tiempo de ciclo del botón antes de ser ensamblado..... | 126 |
| Figura 6.1 | Cambio del área de ensamble..... | 129 |
| Figura 6.2 | Ilustración de banda transportadora..... | 132 |

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Ubicación actual de las áreas de la empresa XYZ.....148

INTRODUCCIÓN

Esta tesis fue desarrollada en una empresa productora de bolígrafos y comercializadora de artículos de escritura y que tiene sus instalaciones en la ciudad de Guayaquil, la cual enfrenta un aumento de un 4,5% en su demanda de bolígrafos fabricados y un 10% en productos importados, por lo que necesita aumentar su capacidad de almacenamiento, mejorar su flujo de materiales e incrementar su capacidad productiva.

Los obstáculos que tiene la empresa para afrontar dicho crecimiento se pueden mencionar brevemente a continuación; la falta de capacidad de almacenamiento en las bodegas, la actual distribución de la planta y finalmente el sistema de manejo de materiales que utiliza.

Al analizar al detalle estos problemas, se plantean mejoras que son evaluadas con el uso de un modelo de simulación, herramienta que permite comparar los resultados que se obtienen en la situación actual con los emitidos al simular las mejoras establecidas.

Estos planteamientos son evaluados a través de términos financieros con el fin de medir la rentabilidad de la inversión total involucrada.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa XYZ lleva 29 años produciendo y distribuyendo bolígrafos hexagonales. Además comercializa y distribuye productos importados de otras filiales del mundo, y cuenta adicionalmente con un Área de servicios de impresión para publicidad.

XYZ pertenece a una multinacional fundada en 1945, su fundador descubrió el enorme potencial de los instrumentos de escritura y compró una fábrica a las afueras de París para la producción de bolígrafos. En 1958 se inició como corporación en Estados Unidos y desde entonces se ha desarrollado hasta el punto de ser hoy líder mundial en artículos de escritura, encendedores y máquinas de afeitar.

De esta manera nace una filial ecuatoriana siendo fundada en el año de 1978 con 15 personas, importando las partes terminadas para ensamblarlas localmente, se completa la planta en el año de 1981 para la manufactura de los bolígrafos en Ecuador, llegando a liderar el mercado ecuatoriano en el año de 1986, y exportando a Colombia, Perú, Venezuela, Bolivia, Argentina.

La empresa cuenta con un terreno de casi 3000 m², lo que le permite tener una capacidad de producción de 504000 bolígrafos diarios, bajo un sistema de producción make to stock (Fabricar para inventario), en el cual el producto va pasando por diferentes procesos que van dando valor a su transformación.

La empresa XYZ se enfoca en el mejoramiento continuo, con un interés alto en la investigación y la calidad, por lo que aplica y cumple con la Norma de Aseguramiento de Calidad 2002.

La filial ecuatoriana produce bolígrafos en tres presentaciones diferentes, los mismos que se producen en colores como negro, rojo, azul y verde.

En el último año han surgido una serie de problemas debido a la cantidad de producción y productos comercializados, una de las grandes consecuencias es la reducción de espacio disponible en la planta, además de poseer un excesivo recorrido de material, por lo que se debe incrementar la disponibilidad de espacio, mejorar la distancia recorrida por las partes a través de la planta, y aumentar la eficiencia en tiempos de ciclo.

1.1 Planteamiento del Problema

Los problemas actuales de la empresa surgen debido al aumento de la demanda y la falta de espacio existente en la planta para enfrentarla, además del largo trayecto que actualmente recorren los materiales en la planta. El detalle de los problemas puede observarse a continuación:

- Falta de espacio para almacenamiento de producto final:
 - Esto sucede en la Bodega de Producto Terminado, en la cual se coloca el producto en los pasillos de la bodega, creando doble trabajo para los bodegueros cuando se

quiere sacar material de los racks, ya que se encuentran obstaculizados por los pallets (Véase figura 1.1). Además esto también sucede con los productos que la empresa comercializa de otras filiales (Véase figura 1.2), ya que necesitan un tiempo dentro de las bodegas para realizar los respectivos controles de calidad.

- Los espacios para el almacenamiento de productos que tiene la empresa no satisfacen todas las necesidades, por lo que una vez llegados los contenedores que envían las otras filiales del mundo con producto para comercializar, se los almacenan en lugares alquilados donde permanecen hasta que se tiene espacio para almacenar la mitad de un contenedor, ya que la otra mitad se lo puede almacenar en los pasillos. El problema en este punto no es sólo que actualmente no cuentan con el espacio suficiente para almacenamiento, si no que uno de los proyectos para el siguiente año es ingresar a nuevos mercados como el de papel adhesivo para impresión por lo que el problema de almacenamiento será aún más preocupante para la empresa.



FIGURA 1.1 PRODUCTO FINAL EN LOS PASILLOS DE LA BODEGA



FIGURA 1.2 PRODUCTO IMPORTADO EN LOS PASILLOS DE LA BODEGA

- Espacio y tiempo invertido en manejo de equipos de almacenamiento y traslado de material dentro de la planta:
 - Para transportar y almacenar una de las piezas, se requiere del recurso humano para que cambie los equipos de almacenamiento de una a tres veces por turno, en siete

máquinas diferentes, además existe un área física para ubicar estos equipos (Véase la figura 1.3), que disminuye el espacio disponible en la planta, que ocupan 81 m², y más de la mitad se encuentran sin uso.

- Utilizando los equipos de almacenamiento para el traslado de material entre áreas, ocurren accidentes de dos tipos, el primero, cuando las personas corren el riesgo de ser atropelladas por los equipos de transportación, y el segundo, cuando estos equipos debido a su altura se voltean, en el peor de los casos sobre una persona o al menos generando un desperdicio de tiempo, que es lo que le toma al operario recoger todo el material caído. La empresa ha experimentado estas dos situaciones, sin pérdidas humanas que lamentar hasta ahora.
- Debido a este sistema de transporte, utilizado en dos áreas, las piezas no llegan su destino con la frecuencia que deberían, ocasionando pérdidas en tiempo de espera y paros de máquinas.



FIGURA 1.3 ÁREA DE EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO

- Partes recorren un largo trayecto antes de ser ensambladas:
 - En la área de inyección se producen cuatro diferentes piezas tales como; barril, tapa, botón, y soporte, los tres primeros son enviados al área final directamente para su ensamble, por lo que debido al largo trayecto entre estas dos áreas, existen pérdidas de tiempo al trasladar el material, ya que el operario traslada tres piezas diferentes en tres ocasiones diferentes.

- Accidentes ocasionados por el movimiento de los equipos de almacenamiento:
 - El transporte de los equipos de almacenamiento ha causado accidentes de trabajo, cuando estos equipos son transportados de un área a otra, la visibilidad de la persona que los está empujando se pierde por el alto de estos

equipos, y debido al pasillo angosto que une las dos áreas por las cuales se transportan estos equipos, cualquier descuido del personal puede terminar en un accidente de trabajo.

A continuación se muestra una cuantificación de las pérdidas anuales de la empresa considerando los problemas que hemos nombrado anteriormente:

TABLA 1
CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ANUALES DE LA EMPRESA XYZ

| Problema | Costo Unit. (\$) | Cantidad requerida | Frecuencia anual (# veces) | Costo anual (\$) |
|---|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| <i>Bodegueros realizan doble trabajo cuando se obstaculiza el pasillo con producto local e importado.</i> | \$ 1,60 / hora-hombre | 3.5 hora-hombre | 336 | 1881,60 |
| <i>Alquiler de bodegas</i> | \$4.5 / m ² | 188 m ² | 12 | 10152,00 |

| | | | | |
|---|---|--------------------------|------|---------|
| <i>Cambio de equipos de almacenamiento</i> | \$1,6 / hora-hombre | 0.1667 hora-hombre | 2160 | 576,12 |
| <i>Espacio utilizado por los equipos de almacenamiento.</i> | \$4.5 / m ² | 81 m ² | 12 | 4374,00 |
| <i>Material caído debido a volteos de equipos de almacenamiento y transporte</i> | \$1.6/ hora-hombre | 3 hora-hombre | 36 | 172,80 |
| <i>Área parada.</i> | \$1.6 / hora-hombre-máquina | 0.67 hora-hombre-máquina | 144 | 154,37 |
| <i>Accidentes por atropellamiento con equipos de almacenamiento y transporte.</i> | \$ 2,000/ gastos por consecuencias del accidente (estimado histórico) | 1 persona | 1 | 2000,00 |
| <i>Días aproximados que falta el operario por accidente de trabajo.</i> | \$1.6/ hora-hombre | 15 día-persona | 2 | 48,00 |

| | | | | |
|---|---|-----------|---|----------|
| <i>Accidentes por volteos de equipos de almacenamiento y transporte</i> | \$1,000 / gastos por consecuencias del accidente (estimado histórico) | 1 persona | 1 | 1000,00 |
| TOTAL | | | | 20358,89 |

Como se muestra en la Tabla 1, se puede cuantificar los problemas que actualmente tiene la empresa y se llega a un costo de \$20358.89, sin contar los costos por el momento intangibles, ni los impactos de las ineficiencias y tiempos de ciclo en el producto, además sin dejar de lado los potenciales peligros de pérdida de vida por accidentes.

1.2 Justificación del Estudio

La empresa XYZ se encuentra en crecimiento y busca ampliar su mercado con diferentes productos, además siempre está pendiente de la mejora continua y de actualizar sus procesos, pero el espacio que requiere la empresa para estos nuevos proyectos junto con la necesidad de mejorar el flujo del material de la planta se obstaculizan debido a los problemas que ya fueron mencionados anteriormente. La

posibilidad de trasladar el área de ensamble a una zona más cercana al área de plásticos, eliminando con medidas correctivas el sistema de almacenamiento y transporte con equipos de gran dimensión y altura, con esto se puede asegurar el espacio disponible para los nuevos proyectos e incluso para eliminar el sistema de almacenamiento en otras bodegas, este espacio disponible es el que queda del área de ensamble. En el caso de que el cambio sea factible se mejora el recorrido del material ya que las partes se ensamblan en una zona cercana al área de inyección y su trayecto no es tan largo antes de ser ensamblado. Debido a esta mejora, el tiempo de ciclo de fabricación de bolígrafos hexagonales disminuye, se aumenta la tasa de producción y se elimina el wip del barril, y el producto en proceso de las otras piezas disminuye notablemente.

Adicionalmente a estos beneficios, si se cambia el sistema de transporte y almacenamiento de barriles, se elimina el peligro potencial de accidentes y muertes que puedan ocurrir con los equipos de almacenamiento y transporte llamados tolvas.

1.3 Objetivos

A continuación se mencionan el objetivo general y los objetivos específicos:

1.3.1 Objetivo General:

Evaluar diferentes alternativas de diseño de planta y de manejo de materiales, a través del desarrollo de un modelo de simulación, en un proceso de fabricación de bolígrafos con el fin de reducir el nivel de espacio utilizado y movimiento de materiales.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Desarrollar un análisis de la situación actual del flujo de materiales del proceso de fabricación de bolígrafos.
- Desarrollar un modelo de simulación de la situación actual del proceso de fabricación de bolígrafos.
- Establecer alternativas de diseño de planta y de transporte de material, orientados a reducir el nivel de espacio utilizado y el movimiento de material.
- Evaluación de alternativas de diseño de planta y de transporte de material a través de un modelo de simulación.
- Análisis financiero de las alternativas seleccionadas.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

En el desarrollo de este capítulo se detalla el proceso de fabricación de bolígrafos, el cual comprende desde la recepción de materias primas hasta que se entrega el producto final, con el objetivo de mostrar la situación actual de la empresa y que se obtenga una visión macro de las actividades de la misma, adicionalmente se ilustran las capacidades de producción, la cantidad de máquinas disponibles en cada área ilustradas con un layout que de una mejor visión de la ubicación de las mismas, seguido de una descripción más detallada de los sub-procesos con el fin de realizar un análisis de flujo de material, conociendo la cantidad y tiempo que recorre el material cuando espera y se traslada de un área a otra.

2.1 Macro proceso de la Planta

El macro proceso de la planta que fabrica bolígrafos (Figura 2.1) empieza con la recepción de la materia prima, la cual es recibida y almacenada en las bodegas para su posterior despacho a las áreas de producción.

Dentro de las operaciones de la planta tenemos cuatro áreas de producción; inyección, extrusión, sub-ensamble y ensamble, y la materia prima se despacha a las tres primeras mencionadas.

El proceso de producción empieza en el área de inyección donde se fabrican las siguientes piezas; barril, botón, soporte y tapa, las cuales se producen paralelamente con el tubo que se fabrica en el área de extrusión, se continúa el proceso en el área de sub-ensamble la cual recibe el tubo que proviene de extrusión y el soporte que proviene del área de inyección para junto con la materia prima poder fabricar el repuesto, el cual se ensambla en la última área junto con los demás componentes que provienen del área de inyección.

Una vez ensambladas estas partes, se obtiene el bolígrafo el cual es trasladado a la bodega de producto terminado para su posterior despacho al cliente.

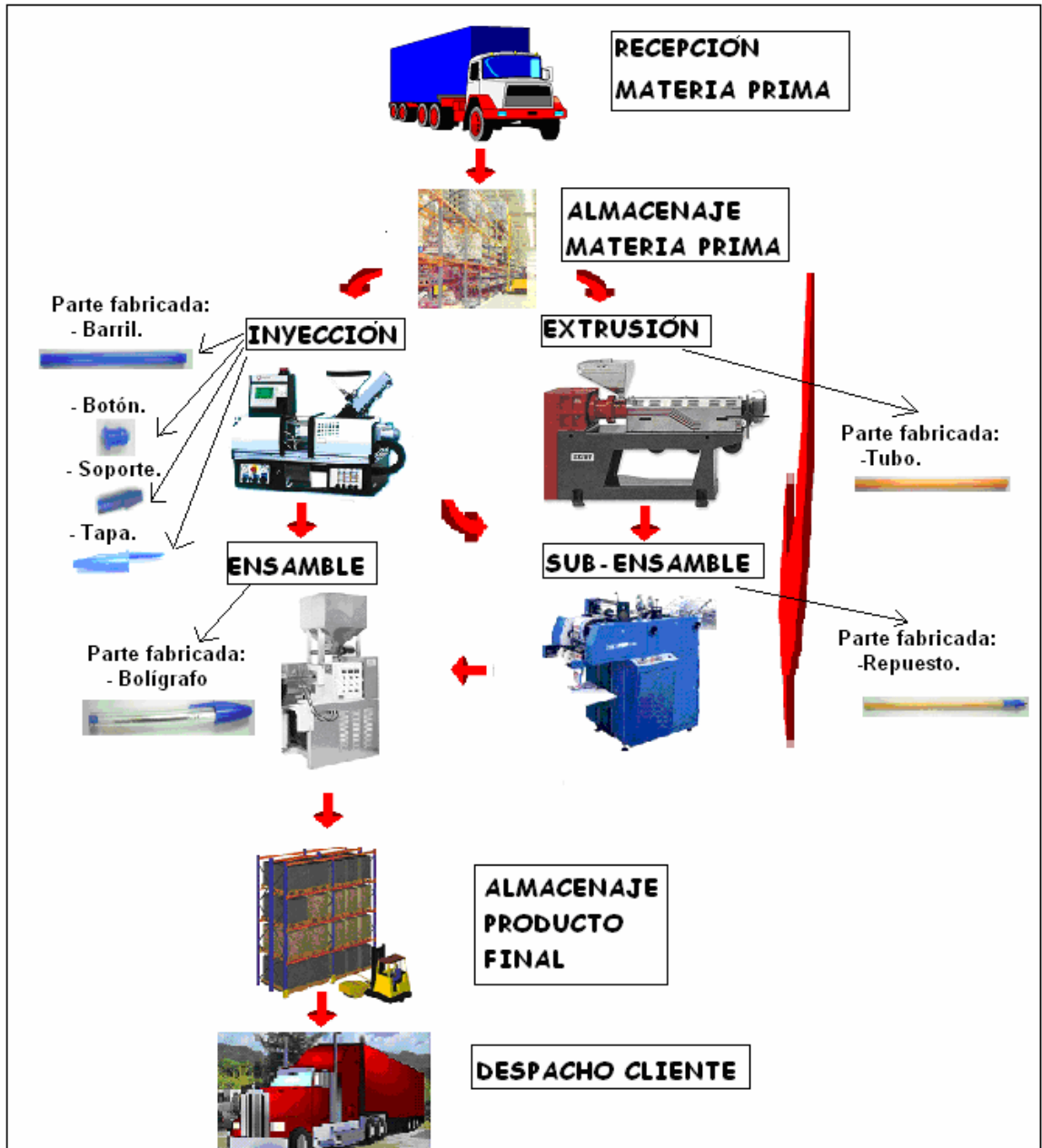


FIGURA 2.1 MACRO PROCESO DE PLANTA

2. 2 Flujo de Proceso de la Planta detallado por áreas.

Recepción de Materia prima:

La recepción de la materia prima es realizada en el único acceso que tiene la planta para la llegada de camiones, ubicada en la bodega de producto terminado, en la cual llegan los camiones transportadores de material plástico, colorantes y demás componentes, para proceder a su desembarco y posterior traslado de la bodega de materia prima, no se realizan controles de calidad debido a que todo el material viene con una certificación del proveedor, solo se verifica la cantidad recibida. (Véase figura 2.2 y 2.3)



FIGURA 2.2 RECEPCIÓN DE MATERIAL PLÁSTICO



FIGURA 2.3 RECEPCIÓN DE TINTAS

Almacenaje de Materia prima:

El almacenaje de materia prima se lo realiza con la ayuda de un montacargas y carretillas manuales para agilizar el desembarco, trasladando el material recibido desde la bodega de producto terminado hasta la bodega de materia prima, separando el material para consumo local del material para exportación, por motivos de impuestos. La bodega de materia prima consta de racks selectivos de doble profundidad, la política de almacenamiento es FIFO, el producto primero en entrar, será el producto primero en salir, la empresa cuenta con un stock de seguridad bastante alto en cuanto a materia prima, por lo que la planta jamás se ha quedado sin material para producir. Se despacha la materia prima hacia un picking stock ubicado dentro del área de Inyección, realizando este despacho dos veces por semana. (Véase

figura 2.4). Además se despacha según el requerimiento de materiales, la tinta y puntos al área de sub-Ensamble.



FIGURA 2.4 TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA

Área de Inyección:

En el área de inyección se elaboran las piezas plásticas como; barril, botón, soporte, y tapa, para esto se utilizan máquinas inyectoras, cada una con un molde para fabricar una pieza en particular, el proceso en esta área parte desde que el operario toma la materia prima del picking stock (Véase figura 2.5), para proceder a mezclarla con los colorantes, en una máquina mezcladora (Véase figura 2.6), después de que el material se encuentra mezclado (Véase figura 2.7), se procede a alimentar a los receptores de cada una de las máquinas, si no existiera la necesidad de mezclar el material, lo que sucede cuando es

transparente, el material se lo toma directamente del picking stock a las alimentadoras, una vez que las inyectoras fabrican las piezas plásticas estas se encuentran en espera hasta ser trasladadas al siguiente proceso. El barril se traslada en equipos de transporte llamados tolvas, los botones y soportes en gavetas y las tapas en fundas, todos estos en una unidad de carga establecida. El soporte va al área de sub-ensamble, y las demás partes como barril, botón y tapa van directamente al área de ensamble.



FIGURA 2.5 PICKING STOCK



FIGURA 2.6 MEZCLADORA



FIGURA 2.7 MATERIAL MEZCLADO

Área de Extrusión:

En el área de extrusión llega el material dos veces por semana, en esta área se fabrican tubos de dos tipos, transparente y de color naranja, si fuera del primero se procede a alimentar la máquina de material directamente, si estuviera programado en producción el tubo naranja se envía el material al picking stock directamente y se lo trae mezclado. Una vez alimentada la extrusora, esta procede a fabricar los tubos que posteriormente son cortados por cuchillas anexadas a las máquinas, se almacena en los cartones y por propiedades del material se tiene que esperar cinco días antes de utilizarlos en el siguiente proceso.

Área de Sub-Ensamble:

En el área de Sub-ensamble, arriba el soporte proveniente del área de inyección, también llega el tubo que viene del área de extrusión, y se recibe los puntos y la tinta que son despachados por la bodega de materia prima. Se alimentan las tolvas designadas para las partes en cada máquina y esta procede a armar los repuestos y llenarlos con tinta, una vez que se encuentra listos caen en unos recipientes (Véase figura 2.8) donde esperan para poder centrifugarlos, donde se tiene que poner

los repuestos por cinco minutos, posteriormente se almacena en una gaveta para trasladarlos al área de ensamble final.



FIGURA 2.8 ALMACENADORES DE REPUESTOS

Área de Ensamble:

Ensamble es el área donde se procesa finalmente el bolígrafo, aquí llegan los botones, barriles, tapas del área de inyección, y el repuesto del área de sub-ensamble, los barriles parten de los equipos de almacenamiento llamados tolvas que suben por una pequeña banda transportadora inclinada hasta una casilla que alimenta a la máquina ensambladora, los botones, las tapas, y los repuestos son alimentados manualmente en la máquina, la cual procede a ensamblar el bolígrafo, que cae en una gaveta y es colocado posteriormente en un cartón, (Véase figura 2.9), se pesa el cartón y luego se almacena en un pallet para su encajillamiento, si fuera necesario.



FIGURA 2.9 PRODUCTO TERMINADO

Almacenamiento de Producto Final:

Una vez que el producto se encuentra en el área de espera que es donde lo dejan los encajilladores, se traslada a las bodegas de producto final (Véase figura 2.10). Y se almacena en los racks disponibles, ya que es un almacenamiento por sistema aleatorio, si no hubiera espacio, se tiene que almacenar en los pasillos de la bodega hasta encontrar un lugar para el producto.



FIGURA 2.10 PRODUCTO PALLETIZADO

Despacho al cliente:

Una vez que el producto se encuentra disponible en las bodegas se procede al despacho al cliente. Los bolígrafos son trasladados desde los racks hasta el área de Salida de la bodega y se los coloca en el camión que los lleva a su destino primario que son los distribuidores.

Las etapas de proceso donde interviene el departamento de Control de Calidad son los siguientes:

-En el área de Inyección: Se realizan controles de calidad en cuanto a la forma de las partes y en cuanto al peso, todas las partes deben cumplir con un rango de peso establecido y no deben estar con rebaba, además deben cumplir con otras características dependiendo de cada pieza, los barriles no deben estar cortos y deben cumplir con el agujero en uno de sus lados hexagonales. Los soportes deben cumplir con el diámetro establecido para poder ensamblarse sin problemas, además las tapas no deben tener selladas las ventilas.

-En el área de extrusión: El mismo operario realiza los controles de calidad, verificando el diámetro, que es un punto crítico para el proceso, ya que el soporte y el tubo deben encajar perfectamente para

poder proceder al llenado de tinta, además la máquina cuenta con un sistema de rechazo automático si el diámetro del tubo no está dentro de los rangos establecidos.

-En el área de sub-ensamble se pone papel debajo de los repuestos mientras son centrifugados, si se encuentra tinta esparcida en los paños el repuesto no sirve, además se los pesa y tienen que cumplir con una prueba de fuerza que se la realiza en el dinamómetro que no debe ser menor de 2 Kg-F.

-Finalmente el área de ensamble se verifican que las partes no se hayan estropeado en el momento de la unión.

2.3 Distribución de la Planta Actual.

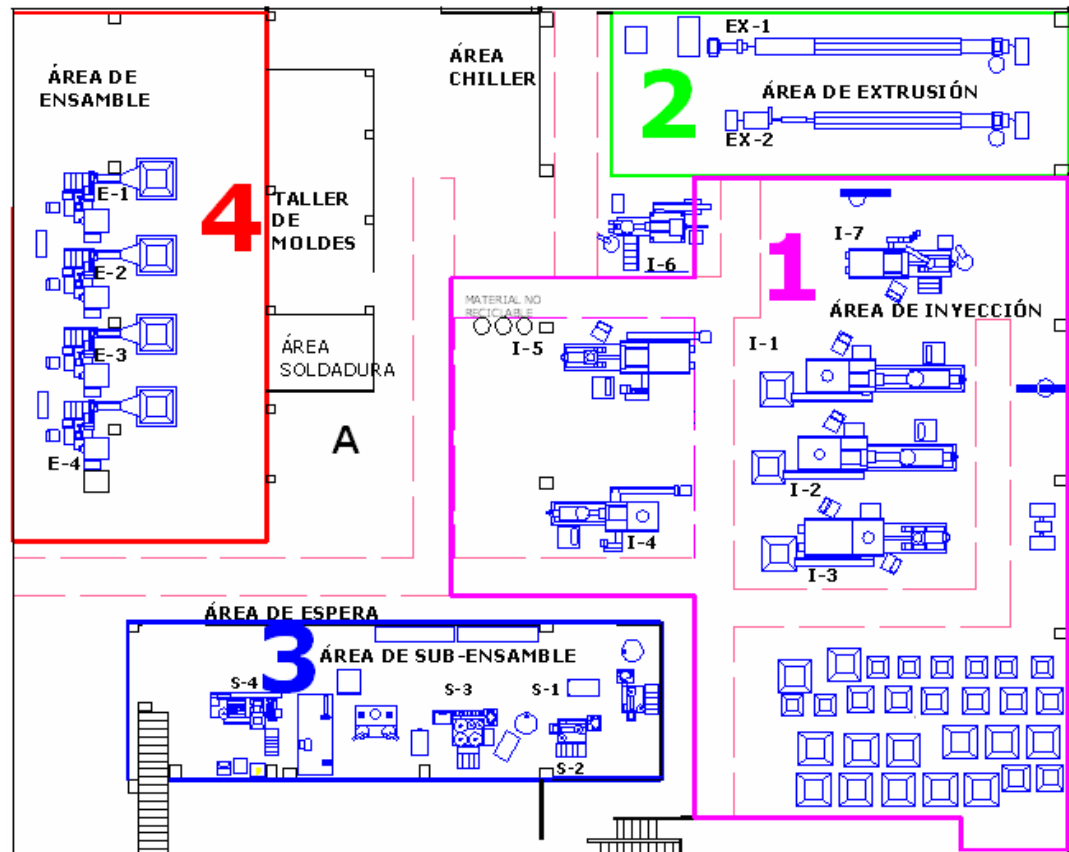


FIGURA 2.11 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA ACTUAL

- 1.- ÁREA DE INYECCIÓN
- 2.- ÁREA DE EXTRUSIÓN
- 3.- ÁREA DE SUB-ENSAMBLE
- 4.- ÁREA DE ENSAMBLE

¹ Dentro del gráfico no se encuentra la zona de encajillado, debido a que en la actualidad no es fija, por lo regular se realiza este proceso en la parte baja del área de soldadura denotada en el gráfico por la letra A

En el gráfico se puede apreciar el espacio ocupado por las áreas de los procesos involucrados dentro de la fabricación de bolígrafos, las cuales son las siguientes:

Área de Inyección (1)

Área de Extrusión (2)

Área de Sub-Ensamble (3)

Área de ensamble (4)

También se muestran las siguientes áreas que se encuentran dentro del cuadro y son de apoyo para el proceso de producción:

Área de Chiller.- En esta área se encuentra ubicados los chillers que ayudan a enfriar el agua para que los moldes de las inyectoras no se sobrecalienten.

Taller de Moldes.- Esta área es donde se realizan los mantenimientos correctivos y preventivos de los moldes de las inyectoras.

Área de Soldadura.- Es el área donde se realiza los diferentes trabajos de soldadura para la planta.

Este estudio se enfoca en 2 áreas de interés para la empresa, estas áreas son la de Inyección (1) y la de Ensamble (4).

Para poder saber más sobre las áreas se establece el flujo de recorrido que se genera dentro de la planta, el tiempo que se tardan en realizar la actividad, distancia recorrida y los tiempos de espera para ser trasladados a su posterior proceso.

2. 4 Ubicación de maquinarias.

A continuación se muestra la ubicación de las maquinarias dentro de cada una de ellas (Figura 2.12), las maquinarias fueron identificadas a través de código, para su mejor ilustración.

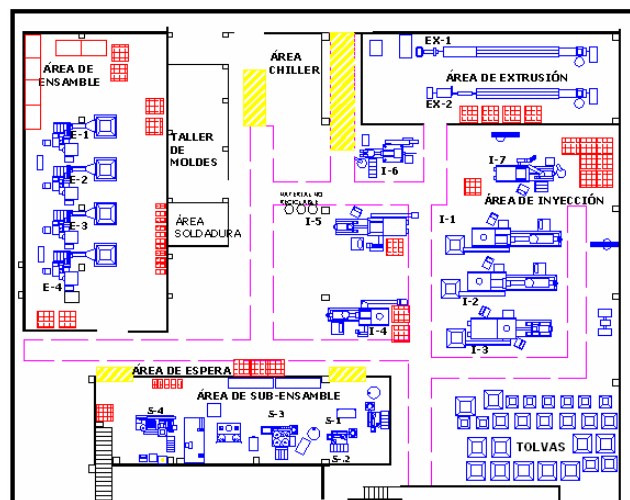


FIGURA 2.12 UBICACIÓN DE LA MÁQUINAS

Ubicación de maquinaria en el Área de Inyección.- En esta área se ubican las máquinas inyectoras que producen las piezas inyectadas, a continuación se realiza una descripción de cada maquinaria con su respectivo código:

I-1: Inyectora 1 que fabrica barril.

I-2: Inyectora 2 que fabrica barril.

I-3: Inyectora 3 que fabrica barril.

I-4: Inyectora 4 que fabrica tapas.

I-5: Inyectora 5 que fabrica tapas.

I-6: Inyectora 6 que fabrica botón.

I-7: Inyectora 7 que fabrica soporte.

Dentro de esta área también se encuentran ubicados los equipos de almacenamiento de barriles, los cuales son nombrados como tolvas.

Ubicación de maquinaria en el Área de Extrusión.- En esta área se ubican las máquinas extrusoras que producen las piezas extruidas, a continuación se realiza una descripción de cada maquinaria con su respectivo código:

EX-1: Extrusora 1 que fabrica tubos.

EX-2: Extrusora 2 que fabrica tubos.

Ubicación de maquinaria en el Área de Sub-Ensamble.- En esta área se ubican las máquinas sub-ensambladoras que producen los repuestos, a continuación se realiza una descripción de cada maquinaria con su respectivo código:

S-1: Sub-ensambladora 1 que produce repuestos.

S-2: Sub-ensambladora 2 que produce repuestos.

S-3: Sub-ensambladora 3 que produce repuestos.

S-4: Sub-ensambladora 4 que produce repuestos.

Ubicación de maquinaria en el Área de Ensamble.- En esta área se ubican las máquinas ensambladoras que producen el bolígrafo ya terminado, a continuación se realiza una descripción de cada maquinaria con su respectivo código:

E-1: Ensambladora 1 que produce el bolígrafo.

E-2: Ensambladora 2 que produce el bolígrafo.

E-3: Ensambladora 3 que produce el bolígrafo.

E-4: Ensambladora 4 que produce el bolígrafo.

2.5 Capacidades de las máquinas de producción.

A continuación se detallan las capacidades de las diferentes áreas de producción que intervienen en el proceso de producción de bolígrafos:

2.5.1 Capacidades de las máquinas en el Área de inyección.

En esta área existen siete máquinas inyectoras con sus respectivas tolvas y aspiradores para alimentarlas de material, y una máquina mezcladora.

En inyección se realizan tres turnos de ocho horas, las máquinas no tienen paras si es que el operario debe ir a comer o ir al a baño, ya que trabajan automáticamente, las capacidades de producción de las máquinas se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 2

CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS INYECTORAS

| Máquina | I-1 | I-2 | I-3 | I-4 | I-5 | I-7 | I-8 |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Cavidades | 32 | 28 | 28 | 44 | 44 | 120 | 64 |
| T.C.(seg.) | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Prod.(partes/min.) | 142 | 124 | 124 | 220 | 220 | 626 | 320 |
| Prod.(parteshora) | 8533 | 7467 | 7467 | 13200 | 13200 | 37566 | 19200 |
| Prod.(partesturno) | 68267 | 59733 | 59733 | 105600 | 105600 | 300522 | 153600 |

2.5.2 Capacidades de las máquinas en el área de extrusión

En el área de extrusión se encuentran dos máquinas extrusoras con sus respectivas tolvas y aspiradores, además del equipo

adicional que son las cortadoras para darle la longitud deseada a los tubos. Esta área solo realiza un turno en el día, ya que con esto es capaz de satisfacer a la planta. Las capacidades de producción de las máquinas se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 3
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS EXTRUSORAS

| Máquina | 1 | 2 |
|----------------------|---------|---------|
| T.C.(seg.) | 0.12521 | 0.12521 |
| Prod. (partes/min) | 480 | 480 |
| Prod. (partes/hora) | 28,750 | 28,750 |
| Prod. (partes/turno) | 230,000 | 230,000 |

2.5.3 Capacidades de las máquinas en el área de Sub-Ensamble

En el área de Sub-Ensamble se encuentran tres máquinas sub-ensambladoras, además dos máquinas centrifugadoras.

Las capacidades de producción de las máquinas se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 4
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS SUB-ENSAMBLADORAS

| Máquina | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| T.C.(seg.) | 0.67 | 0.55 | 0.35 | 0.10 |
| Prod. (partes/min) | 90.00 | 110.00 | 170.00 | 600.00 |
| Prod. (partes/hora) | 5,400.00 | 6,600.00 | 10,200.00 | 36,000.00 |
| Prod. (partes/turno) | 43,200.00 | 52,800.00 | 81,600.00 | 288,000.00 |

TABLA 5
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS CENTRIFUGADORAS

| | | |
|---------------------|--------|--------|
| Centrífuga | 1 | 2 |
| T.C.(minutos/lote.) | 5 | 5 |
| Prod. (partes/lote) | 2,250 | 2,250 |
| Prod. (partes/hora) | 27,000 | 27,000 |

2.5.4 Capacidades de las máquinas en el área de Ensamble

En el área de ensamble se encuentran cuatro máquinas ensambladoras, con las siguientes capacidades de producción:

TABLA 6
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS
ENSAMBLADORAS

| Máquina | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T.C.(seg.) | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.44 |
| Prod. (partes/min) | 120.00 | 120.00 | 125.00 | 136.00 |
| Prod. (partes/hora) | 7,200.00 | 7,200.00 | 7,500.00 | 8,160.00 |
| Prod. (partes/turno) | 57,600.00 | 57,600.00 | 60,000.00 | 65,280.00 |

2.6 Flujo de recorrido de piezas.

Flujo del Barril:

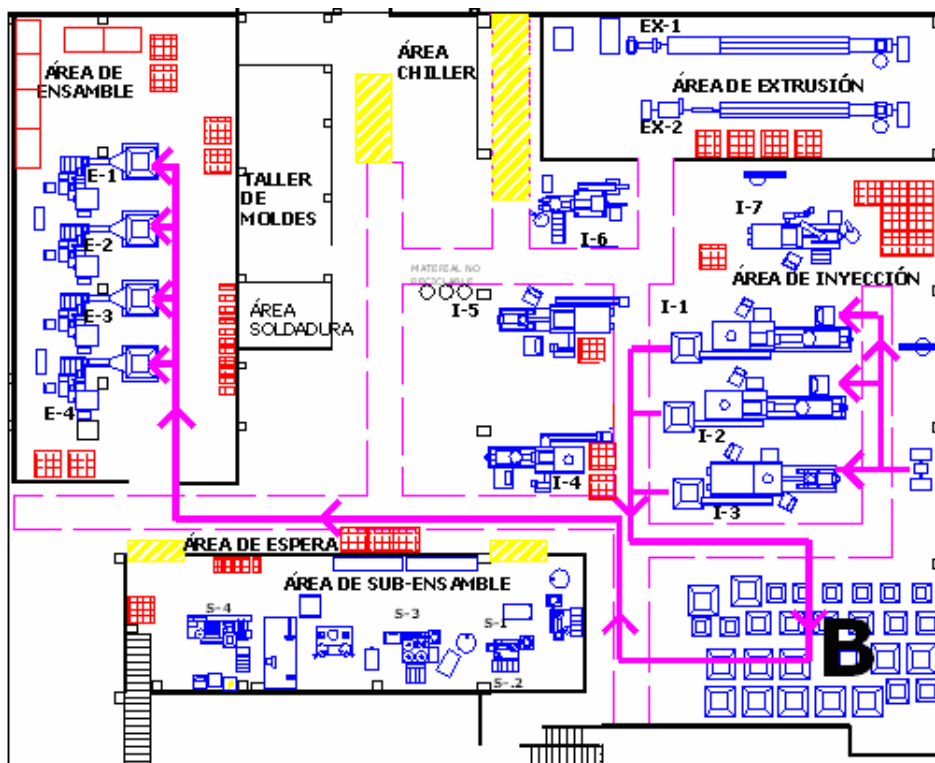


FIGURA 2.13 RECORRIDO DEL BARRIL

— RECORRIDO DEL BARRIL

En la figura 2.13 se muestra la trayectoria del barril, que empieza cuando se toma la materia prima en el picking stock, se alimenta con nueve sacos de 25 Kilogramos de material plástico a cada una de las

inyectoras I-1; I-2; e I-3, en cada turno, una vez fabricados, los barriles caen en uno de los equipos de almacenamiento llamados tolvas, la empresa cuenta con 8, 21, 6 tolvas, con capacidades de 25,000; 30,000; y 50,000 unidades, respectivamente. Una vez llenas se trasladan al área para que los equipos de transporte y almacenamiento denotados en el gráfico por la letra B, posteriormente se envían estas tolvas al área de ensamble en un promedio de una a tres veces por turno por cada máquina ensambladora, o si fuera necesario en el momento que se necesite. Los tiempos y las distancias recorridas se muestran en la tabla 7.

TABLA 7

TIEMPOS Y DISTANCIAS RECORRIDAS POR EL BARRIL

| ORIGEN \ DESTINO | | I-2 | I-3 | I-1 | Area de tolvas | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|------|------|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-------|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Mezcladora | Distancia(m) | 6.44 | 3.06 | 9.14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.11 | 0.05 | 0.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I-2 | Distancia(m) | | | | | | | | | 19.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | | | | | | | 0.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I-3 | Distancia(m) | | | | | | | | | | | | | | | | 16.42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | | | | | | | | | | | | | | 0.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I-1 | Distancia(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21.70 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.55 | | | | | | | | | | | | | | |
| Area de tolvas | Distancia(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 48.90 | 46.10 | 42.98 | 40.30 | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.23 | 1.16 | 1.09 |

Flujo de la Tapa:

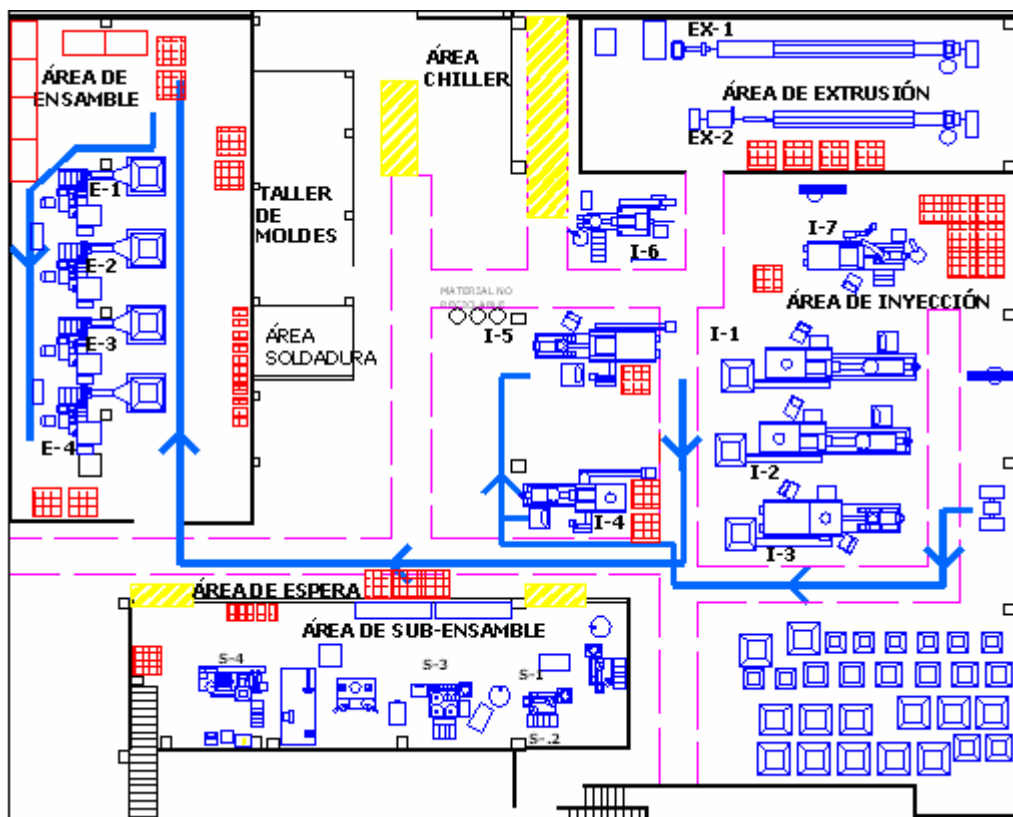


FIGURA 2.14 RECORRIDO DE LA TAPA

— FLUJO DE LA TAPA

Se alimentan las máquinas I-4 e I-5 con cuatro sacos de 25 Kilogramos de material plástico cada una en un turno, tomados del área de picking stock.

Ingresado este material se fabrican las piezas, que posteriormente caen en una funda, que se llena con 10,000 unidades, y se coloca en un pallet, en el cual sólo se pueden almacenar hasta 20 fundas, se traslada diariamente lo producido en pallets llenos a una zona dentro de ensamble del cual se toman las fundas para alimentar las máquinas ensambladoras. Las distancias recorridas y el tiempo invertido en trasladar el material se muestran en la tabla 8:

TABLA 8

TIEMPOS Y DISTANCIAS RECORRIDAS POR LA TAPA

| ORIGEN | DESTINO | Pallet Ensamble | | | | | | |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | I-4 | I-5 | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 | |
| Mezcladora | Distancia(m) | 25.02 | 30.54 | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.42 | 0.51 | | | | | |
| I-4 | Distancia(m) | | | 41.90 | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | 0.79 | | | | |
| I-5 | Distancia(m) | | | 45.69 | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | 0.87 | | | | |
| Pallet Ensamble | Distancia(m) | | | | 6.89 | 10.04 | 13.04 | 16.73 |
| | Tiempo viaje (min) | | | | 0.11 | 0.17 | 0.22 | 0.28 |

Flujo del botón:

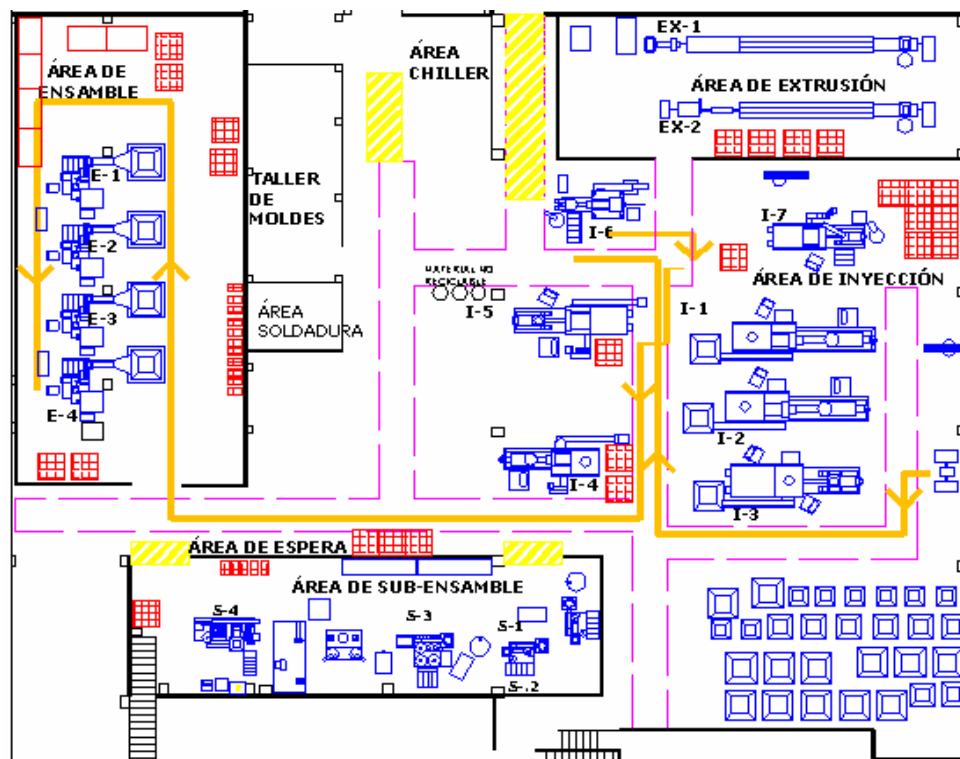


FIGURA 2.15 RECORRIDO DEL BOTÓN

— FLUJO DEL BOTÓN

La materia prima parte de la mezcladora y se envían dos sacos de 25 Kilogramos de material plástico por día a la máquina I-7, una vez fabricado el botón cae en unas fundas donde se almacenan hasta 50,000 botones, la cual se envía a unas gavetas, entran tres fundas en cada gaveta y estas se apilan en un pallet, se trasladan cada dos días el material hacia una zona donde se almacenan las gavetas, y de ahí se toman las fundas hacia las máquinas ensambladoras. Los tiempos

invertidos en transporte de material y las distancias recorridas se muestran en la tabla 9:

TABLA 9

TIEMPOS Y DISTANCIAS RECORRIDAS POR EL BOTÓN

| ORIGEN | DESTINO | I-75 | Pallet Ensamble 2 | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 |
|------------|--------------------|------------|----------------------|-------|------|------|-------|
| | | Mezcladora | Distancia(m) | 28.80 | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.48 | | | | | |
| I-75 | Distancia(m) | | 49.26 | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | 0.93 | | | | |
| Pallet | Distancia(m) | | | 3.75 | 6.62 | 9.14 | 12.11 |
| Ensamble 2 | Tiempo viaje (min) | | | 0.06 | 0.11 | 0.15 | 0.20 |

Flujo del repuesto:

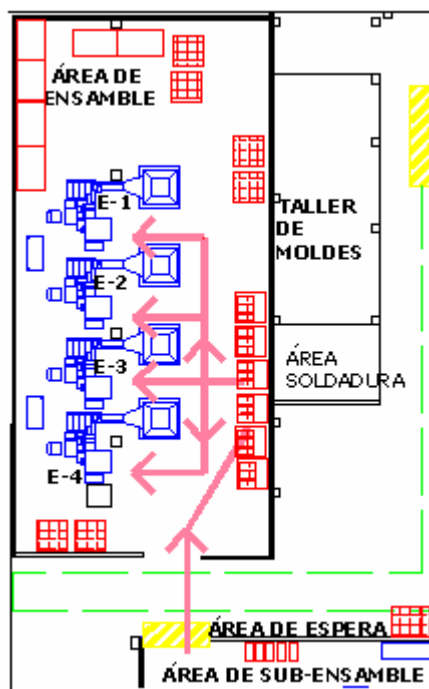


FIGURA 2.16 RECORRIDO DEL REPUESTO

— RECORRIDO DEL REPUESTO

El repuesto llega al área final en una columna de ocho gavetas de 5,000 unidades cada una, cada día, siendo ubicadas en una zona de repuestos dentro de ensamble, posteriormente se toma la misma cantidad hacia la máquina ensambladora y se alimenta, debido a que esta área produce una capacidad mayor a la de ensamble y el programa de producción se realiza de tal forma que esta área al igual que extrusión sean equivalentes para no exceder de producto en proceso por tal motivo se asume que se dispone de repuestos infinitamente:

TABLA 10

TIEMPOS Y DISTANCIAS RECORRIDAS POR EL REPUESTO

| ORIGEN \ DESTINO | | Gavetas con repuestos | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|------|------|------|------|
| | | | | | | |
| Sub-Ensamble | Distancia(m) | 8.66 | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.14 | | | | |
| Gavetas con repuestos | Distancia(m) | | 9.02 | 6.23 | 4.03 | 7.13 |
| | Tiempo viaje (min) | | 0.15 | 0.10 | 0.07 | 0.12 |

Flujo de Bolígrafo:

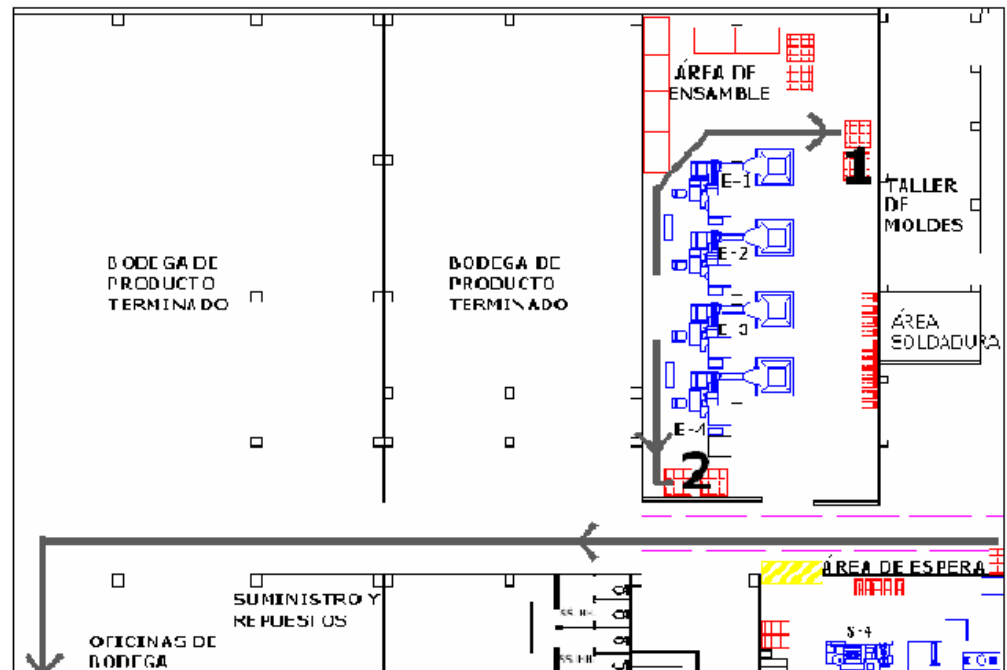


FIGURA 2.17 RECORRIDO DEL BOLÍGRAFO

———— FLUJO DEL BOLIGRAFO

El bolígrafo se ensambla en las máquinas E-1; E-2; E-3; E-4, una vez fabricado se almacena en cajas de 1,500 unidades, llenas estas cajas se trasladan hacia el pallet que apila hasta 119 cajas. Las ensambladoras E-1 y E-2 apilan en la zona de pallet denotado en el gráfico con el número 1 y las ensambladoras E-3 y E-4 apilan en el

pallet denotado en el gráfico con el 2, posteriormente dejándolo listo en el área de espera, luego el material lo retira el montacargas y lo almacena en la bodega de producto terminado. Las distancias y los tiempos se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 11
TIEMPOS Y DISTANCIAS RECORRIDAS POR EL BOLÍGRAFO

| DESTINO | | Area de espera | Bodega y entrega | |
|----------------|--------------------|----------------|------------------|-------|
| ORIGEN | | | | |
| E-1 | Distancia(m) | 8.48 | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.14 | | |
| E-2 | Distancia(m) | 12.06 | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.20 | | |
| E-3 | Distancia(m) | 6.44 | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.11 | | |
| E-4 | Distancia(m) | 3.59 | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.06 | | |
| Area de espera | Distancia(m) | | | 14.21 |
| | Tiempo viaje (min) | | | 0.27 |

2.7 Toma de tiempos de proceso

Se procede a tomar tiempos de proceso a las máquinas inyectoras y a las máquinas ensambladoras con el fin de establecer muestras que permitan obtener la distribución estadística con la que se comportan los tiempos de producción.

2.7.1 Toma de tiempos de proceso de las máquinas inyectoras

Los tiempos que se utilizan en este proyecto son los tiempos de ciclo que le toma a cada máquina inyectora fabricar un número determinado de piezas, dependiendo de cada molde.

Se toman 20 muestras para cada máquina, y se calcula el número de observaciones (N), que se deben tomar para obtener las distribuciones estadísticas de los tiempos de ciclo de cada inyectora y ensambladora, se empleo la siguiente fórmula:

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

Donde:

N = Número de observaciones necesarias para obtener la distribución estadística de los tiempos de ciclo.

s = Desviación estándar de la muestra.

t = Valor de la tabla de los valores críticos de la distribución t de student, según el tamaño n de muestras (en esta caso 20) y el valor de $\alpha = 1\%$, dado un porcentaje de confianza de 99%.

x = Promedio de la muestra.

k = Porcentaje de error máximo que se permite de la media, para el análisis será 1 %.

Se muestra un ejemplo usando la fórmula ilustrada, para calcular el número de observaciones de las máquinas inyectoras y ensambladoras. En la cual se tomó como número de muestra 20 observaciones, para la máquina I-7;

$$N = \frac{(0.15809391) \times (2.86)}{(0.01) \times (10.634)} = 18.08 \approx 18 \text{ muestras}$$

El número de observaciones $N = 18$, indica que esta cantidad de muestras tomadas es suficiente para obtener la distribución estadística del tiempo de proceso de la inyectora I-7

En el estudio si el número de observaciones es menor o igual a 30, se tomará la cantidad de 30, caso contrario será el valor obtenido por la fórmula.

A continuación se ilustra una tabla con el número de muestras necesarias para cada máquina inyectora:

TABLA 12

NÚMERO DE MUESTRAS PARA LA TOMA DE TIEMPOS DE PROCESO DE LAS MÁQUINAS INYECTORAS

| Máquina | I-1 | I-2 | I-3 | I-4 | I-5 | I-6 | I-7 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| N° muestras | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 18 |

Para determinar la distribución estadística de los tiempos de proceso, se utiliza el software Stat::Fit, en el cual se ingresan estos datos, se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se determina la bondad de ajuste, por el cual, el programa muestra los resultados de las alternativas de distribución de probabilidad.

A continuación se muestra una tabla con las distribuciones de las máquinas del área de inyección:

TABLA 13

DISTRIBUCIONES DE TIEMPOS DE PROCESO DE LAS MÁQUINAS INYECTORAS

| Máquina | Distribución | Media | Desviación Estándar |
|----------------|---------------------|-----------------|----------------------------|
| I-1 | Log-normal | 15.969 segundos | 0.0289 segundos |
| I-2 | Log-normal | 15.196 segundos | 0.0586 segundos |
| I-3 | Log-normal | 14.319 segundos | 0.0833 segundos |
| I-4 | Log-normal | 15.086 segundos | 0.0448 segundos |
| I-5 | Log-normal | 14.583 segundos | 0.0582 segundos |
| I-6 | Log-normal | 10.700 segundos | 0.1969 segundos |

2.7.2 Toma de tiempos de proceso de las máquinas ensambladoras

En las máquinas ensambladoras se tomó el número de partes producidas en un minuto, con esta información se obtuvo el tiempo de ciclo, que es el tiempo que se tarda la máquina ensambladora en fabricar un bolígrafo.

Como en el procedimiento anterior, se tomó 20 muestras para cada ensambladora, obteniendo el número de observaciones que se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 14

NÚMERO DE MUESTRAS PARA LA TOMA DE TIEMPOS DE PROCESO DE LAS MÁQUINAS ENSAMBLADORAS

| Máquina | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| N° muestras | 20 | 28 | 7 | 5 |

De igual manera que en el caso anterior se determina la distribución estadística de los tiempos de proceso, con la ayuda del software Stat::Fit, del programa ProModel,

A continuación se muestra una tabla con las distribuciones de las máquinas del área de inyección:

TABLA 15

DISTRIBUCIONES DE TIEMPOS DE PROCESO DE LAS MÁQUINAS ENSAMBLADORAS

| Máquina | Distribución | Media | Desviación Estándar |
|----------------|---------------------|--------------|----------------------------|
| E-1 | Log-normal | 50 segundos | 0.0073 segundos |
| E-2 | Log-normal | 48 segundos | 0.0037 segundos |
| E-3 | Log-normal | 49 segundos | 0.0043 segundos |
| E-4 | Log-normal | 51 segundos | 0.0086 segundos |

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Una vez que se tiene toda la información recopilada, se procede a realizar el modelo de simulación, el cual pueda representar el flujo de materiales dentro del proceso de fabricación de bolígrafos, de tal forma que se pueda obtener datos reales de tiempo y distancias recorridas.

3.1 Objetivo del modelo de Simulación.

Representar la situación actual del flujo de materiales y proceso de fabricación de bolígrafos, entre el área de inyección y el área de ensamble, con la ubicación de maquinarias que se tiene actualmente, para poder evaluar una re-distribución de áreas y mejoras en el traslado del material a través del proceso productivo.

3.2 Fuentes de Información

Para poder obtener el modelo que representa la situación real de la planta, se realizó el respectivo flujo de proceso con las actividades que involucran cada una de las etapas entre el área de inyección y el área de ensamble, que se muestra a continuación:

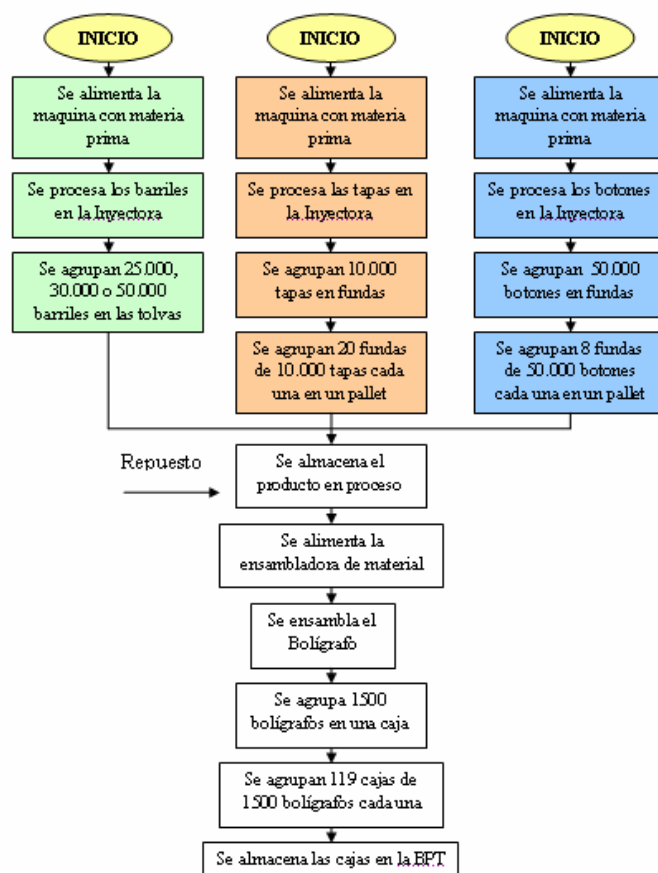


FIGURA 3.1 FLUJO DE PROCESO DE LA FABRICACIÓN DEL BOLÍGRAFO

La distancia se encuentra en metros y es el espacio recorrido por el material, por ejemplo en la tabla origen-destino, De la Inyectora Barril 1 al Área de tolvas hay 19.41 metros, y le toma a este material 0.49 minutos de viaje para trasladarse de un punto a otro.

Se analizó el impacto de dicho material en un mes, que en la tabla se lo ubica como; # Viajes al mes, para determinar el número de veces o movimientos que se realizan en este recorrido, por ejemplo de la Inyectora barril 1 se traslada el material en tolvas con una frecuencia de 168 veces en un mes.

Se obtuvo la siguiente información secundaria, por parte de la gerencia:

- Se trabajan 26 días promedios de producción en el mes, con tres turnos de ocho horas cada uno, esto es de lunes a sábado, el domingo solo se trabaja un turno de ocho horas, los horarios de los mismos son los siguientes:

I turno: 07:00 a.m. -15:00 p.m.

II turno: 15:00 p.m. -11:00 p.m.

III turno: 11:00 p.m. – 07:00 a.m.

Adicionalmente se conversó con los operarios y el personal de la bodega para obtener la información del traslado del material entre áreas, como se detalla a continuación:

Los pallets que se utilizan en la empresa tienen una medida estándar de 1.08x1.08 metros, estos trasladan materia prima, producto en proceso y producto terminado, a excepción de los barriles que son trasladados con las tolvas.

La velocidad del montacargas que se utiliza para el traslado del material es de 150 metros/ segundos máximo dentro de la planta por seguridad del personal.

3.3 Lógica del modelo de simulación

En el gráfico a continuación se muestra la secuencia de operaciones que se programan para representar la realidad del proceso de fabricación de bolígrafos

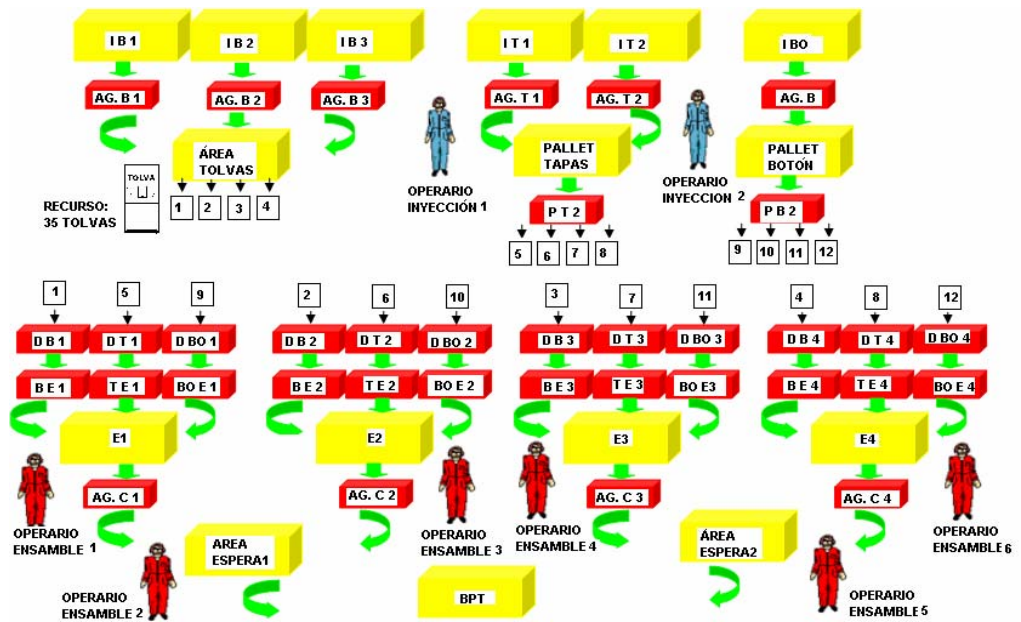


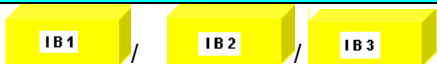


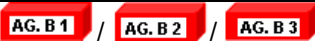


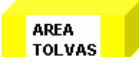


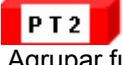
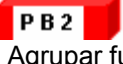
FIGURA 3.2 LÓGICA DEL MODELO DE SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLÍGRAFOS







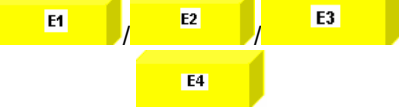
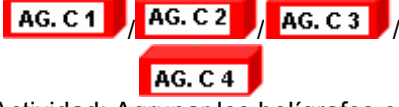


En la lógica del modelo de simulación cada cuadro muestra una locación, los cuadros son de dos colores, los de color amarillo que muestran las locaciones reales y los de color rojo que son locaciones ficticias, creadas para poder obtener que el modelo coincida con la realidad.

Para mejor ilustración del gráfico se detalló con números la conexión de la secuencia de las operaciones, como por ejemplo, el número 1 que sale del área de tolvas se dirige a otra entidad con el mismo número que en este caso es el DB1 (Ungroup Barril 1 o Desagrupador Barril 1).

A continuación se detalla los nombres de las locaciones y las capacidades de las mismas:

TABLA 17
LÓGICA DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| Nombre en la Gráfica | Nombre de la Locación | Capacidad |
|--|---|-----------|
|  | Iny barril uno / Iny barril dos / Iny barril tres | 1 barril |
|  | Iny tapas uno/ Iny tapas dos | 1 tapa |
|  | Iny botón uno | 1 botón |
|  Actividad: Agrupar barriles | Agrupinyb1 / Agrupinyb2 / Agrupinyb3 | Infinita |
|  Actividad: Agrupar tapas | Agruptapa1 / Agruptapa2 | Infinita |
|  Actividad: Agrupar botones | Agrupbotón | Infinita |
|  | Área de tolvas | Infinita |
|  Actividad: Desagrupar las tapas que llegan el lotes | Pallet tapas ensamble | Infinita |
|  Actividad: Desagrupar los botones que llegan en lotes | Pallet Botón ensamble | Infinita |
|  Actividad: Agrupar fundas que almacenan tapas | Pallet ensamble | Infinita |
|  Actividad: Agrupar fundas que almacenan botones | Pallet ensamble dos | Infinita |

| | | |
|--|---|-------------|
|  <p>Actividad: Desagrupar los barriles que llegan en tolvas</p> | Ungroup barril 1/ Ungroup barril 2/ Ungroup barril 3/ Ungroup barril 4 | Infinita |
|  <p>Actividad: Desagrupar las tapas que llegan en fundas</p> | Ungroup tapas 1/ Ungroup tapas 2/ Ungroup tapas 3/ Ungroup tapas 4 | Infinita |
|  <p>Actividad: Desagrupar los botones que llegan en fundas</p> | Ungroup botón 1/ Ungroup botón 2/ Ungroup botón 3/ Ungroup botón 4 | Infinita |
|  <p>Actividad: Juntar el barril con la tapa y el botón</p> | Barril e 1/ Barril e 2/ Barril e 3/ Barril e 4 | 1 Barril |
|  | Tapa e 1/ Tapa e 2/ Tapa e 3/ Tapa e 4 | 1 Tapa |
|  | Botón e 1/ Botón e 2/ Botón e 3/ Botón e 4 | 1 Botón |
|  <p>Actividad: Ensamblar los Bolígrafos</p> | Ensambladora 1/ Ensambladora 2/ Ensambladora 3/ Ensambladora 4 | 1 Bolígrafo |
|  <p>Actividad: Agrupar los bolígrafos en cajas</p> | Agrup cajas 1/ Agrup cajas 2/ Agrup cajas 3/ Agrup cajas 4 | 15 Cajas |
|  <p>Actividad: Agrupar las cajas en pallets</p> | Espera 1 / Espera 2 | Infinita |
|  | Bodega de Producto Terminado | Infinita |

3.4 Asunciones del modelo de Simulación

Para realizar el modelo de simulación se hizo las siguientes suposiciones:

- El modelo empezará en un día ordinario, se asumirá que las máquinas inyectoras se encuentran funcionando normalmente, esto es que no estén paradas por mantenimiento preventivo o correctivo mayores a un turno, además que las máquinas hayan realizado su tiempo de preparación de calentamiento necesario para el arranque, y así poder alcanzar los tiempo de producción estándares y la calidad en las partes inyectadas.
- No se modelará el Sub-proceso de fabricación de tubos, esto es la producción dentro del área de extrusión, además tampoco se incluirá en el modelo la inyectora que fabrica soporte, ya que el soporte y el tubo son partes que se utilizan en el área de Sub-ensamble para producir el

repuesto, cuya parte se encuentra fuera del análisis de mejora, y por lo tanto fuera del modelo de simulación.

- En el área de inyección, el operario puede realizar cualquier actividad sin necesidad de parar la máquina, ya que esta no necesita de un operario para producir las partes, la maquinaria realiza inyectadas que caen en una banda pequeña que las lleva a su almacenamiento, y el operario lo que realiza es la verificación cada cierto tiempo de la función habilidad de la máquina.
- Del tiempo total de la jornada de trabajo se descontaron las siguientes actividades:

30 minutos de almuerzo y 30 minutos de merienda, este tiempo solo afecta a la producción del área de ensamble, ya que en el área de inyección las máquinas quedan prendidas y siguen produciendo, ya que no necesitan de un operario todo el tiempo para fabricar.

15 minutos por cambio de turno, esto sucede en el área de ensamble donde las máquinas pueden ser prendidas y apagadas en cualquier momento, sin necesitar tiempos de preparación, y para el cambio de turno el operario realiza un reporte de la producción y se lo entrega al operario entrante y en la verificación de estos datos se demoran 15 minutos.

- Cada pieza dentro del sistema representa cien unidades en la producción real, esto se realizó para que el modelo pueda ser más eficiente, pero en la locación final se crea la cantidad de cajas con bolígrafos necesarios y reales.
- No serán tomados en cuenta en los análisis los porcentajes de fatiga, debido a que no afecta al desempeño en las máquinas de inyección, ya que la máquina no para si el operario está fatigado, de igual manera en el área de ensamble, si los operarios por ejemplo desean sentarse o ausentarse por un momento estas siguen trabajando sin ningún problema, pero las ensambladoras tienen la particularidad de que no se las puede dejar mucho tiempo sin supervisión, muy al contrario que las máquinas inyectoras, ya que tienden a trabarse con las partes y el operario debe estar presente para pararla, quitarle la parte trabada y volver a prender la máquina para que siga funcionando.
- Las distancias del recorrido del material fueron tomadas del plano de ubicación de áreas y equipos realizado a escala.
- Se crearon locaciones y entidades ficticias con el fin de poder modelar el paso del producto en proceso.

3.5 Procedimiento para la elaboración del modelo de Simulación

A continuación se detallan cada uno de los pasos a seguir para poder realizar el modelo de simulación.

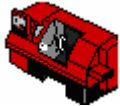

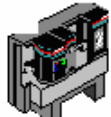




3.5.1 Locaciones del modelo de Simulación.









Las locaciones son lugares fijos por los cuales van pasando las entidades para el proceso, o rutas por las cuales deben de seguir.

En el modelo de simulación se crearon locaciones que representan las ubicaciones de materia prima, así como de producto en proceso y bolígrafo terminado. Además la representación de las máquinas que son los puestos de trabajo, y finalmente las locaciones ficticias que son usadas para poder modelar lo que está pasando realmente en la planta.

Las locaciones creadas se muestran a continuación:

TABLA 18
LOCACIONES DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| Gráfico | Nombre de la locación | Función |
|---|---|--|
|  Capacidad: 1 barril | Iny barril uno / Iny barril dos / Iny barril tres | Locación donde arriba el barril |
|  Capacidad: 1 Tapa | Iny tapas uno / Iny tapas dos | Locación donde arriba la tapa |
|  Capacidad: 1 botón | Iny botón uno | Locación donde arriba el botón |
|  Capacidad: Infinita | Agrupinyb1 / Agrupinyb2 / Agrupinyb3 | Locación ficticia que agrupa los barriles en las tolvas, en la cual la cantidad es variable y depende de una función de probabilidades |
|  Capacidad: Infinita | Agruptapa1 / Agruptapa2 | Locación ficticia que agrupa 2,000 tapas que equivale a 200,000 en la producción real |
|  Capacidad: Infinita | Agrup botón | Locación ficticia que agrupa 4,500 botones que equivale a 450,000 en la producción real |
|  Capacidad: Infinita | Área de tolvas | Locación a la cual llegan las tolvas llenas con barriles, mientras esperan ser trasladados |

| | | |
|---|--|--|
|  Capacidad: Infinita | Pallet tapas ensamble | Locación a la que llega 2,000 unidades y se lo desagrupa para enviarlo de una en una. |
|  Capacidad: Infinita | Pallet Botón ensamble | Es la locación a que llega el lote de 4,500 unidades, en el modelo. |
|  Capacidad: Infinita | Pallet ensamble | Locación a la que llega una tapa y se las agrupa en fundas de 100 tapas. |
|  Capacidad: Infinita | Pallet ensamble dos | Locación a la que llega el botón de uno en uno y se agrupan en fundas de 500 unidades |
|  Capacidad: Infinita | Ungroup barril 1 / Ungroup barril 2 / Ungroup barril 3 / Ungroup barril 4 | Locación ficticia a la cual llegan los lotes de barriles y se desagrupan. |
|  Capacidad: Infinita | Ungroup tapas 1 / Ungroup tapas 2 / Ungroup tapas 3 / Ungroup tapas 4 | Locación ficticia a la cual llegan los lotes de tapas y se desagrupan. |
|  Capacidad: Infinita | Ungroup boton 1 / Ungroup boton 2 / Ungroup boton 3 / Ungroup boton 4.- | Locación ficticia a la cual llegan los lotes de botones y se desagrupan. |
|  Capacidad: 1 Barril | Barril e 1 / Barril e 2 / Barril e 3 / Barril e 4 | Locación ficticia que ayuda al sistema a enviar un barril a la ensambladora, cada vez que ya estén todas las partes necesarias para crear el bolígrafo en la siguiente estación. |











| | | |
|---|--|--|
|  <p>Capacidad: 1 Tapa</p> | <p>Tapa e 1 / Tapa e 2 / Tapa e 3 / Tapa e 4</p> | <p>Locación ficticia que ayuda al sistema a enviar una tapa a la ensambladora, cada vez que ya estén todas las partes necesarias para crear el bolígrafo en la siguiente estación.</p> |
|  <p>Capacidad: 1 Botón</p> | <p>Boton e 1 / Boton e 2 / Boton e 3 / Boton e 4</p> | <p>Locación ficticia que ayuda al sistema a enviar un botón a la ensambladora, cada vez que ya estén todas las partes necesarias para crear el bolígrafo en la siguiente estación.</p> |
|  <p>Capacidad: 1 Bolígrafo</p> | <p>E 1 / E 2 / E 3 / E 4</p> | <p>Máquina ensambladora que produce un bolígrafo, manejada cada una con un operario.</p> |
|  <p>Capacidad: 15 Cajas</p> | <p>Agrup cajas 1/ Agrup cajas 2/ Agrup cajas 3 / Agrup cajas 4</p> | <p>Locación ficticia que agrupa los bolígrafos en las cajas de 15 unidades.</p> |
|  <p>Capacidad: Infinita</p> | <p>Espera 1</p> | <p>Es el área donde se almacenan las cajas de los bolígrafos que vienen de la máquina ensambladora E 1 y E 2.</p> |
|  <p>Capacidad: Infinita</p> | <p>Espera_2</p> | <p>Es el área donde se almacenan las cajas de los bolígrafos que vienen de la máquina ensambladora E 3 y E 4.</p> |
|  <p>Capacidad: Infinita</p> | <p>BPT</p> | <p>Es la bodega que almacena todo el producto terminado de la producción de bolígrafos.</p> |

3.5.2 Entidades del modelo de Simulación.

Las entidades fueron creadas para representar la materia prima y sus diferentes transformaciones en el proceso de fabricación de bolígrafos, a continuación se muestran las entidades que fueron creadas:

TABLA 19

ENTIDADES DEL MODELO DE SIMULACIÓN


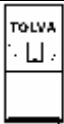

| Gráfico | Nombre de la entidad | Descripción |
|---|-----------------------------|--|
|  | Barril | Representa el cuerpo del bolígrafo |
|  | Tapa | Representa la parte inferior del bolígrafo. |
|  | Botón | Representa la parte superior del bolígrafo |
|  | Lote barril | Representa a las tolvas que se encuentran llenas de barriles, en una cantidad que depende de la distribución de probabilidades |
|  | Lote tapas | Representa el lote de 20,000 tapas, en la producción real son 200,000 tapas. |
|  | Lote botón | Representa el lote de 45,000 botones, que en la producción real son 450,000 unidades. |
|  | Lote tapa 10000 | Representa el lote de 100 unidades de tapa. |
|  | Lote botón 50000 | Representa el lote de 500 unidades. |
|  | Bolígrafo | Representa al producto final del proceso de fabricación de bolígrafos. |
|  | Caja bolígrafo | Es la entidad que representa el cartón que almacena 15 bolígrafos, que en la producción real son 1,500 unidades |

3.5.3 Recursos del modelo de Simulación.

Los recursos pueden ser personas y equipos que ayudan al funcionamiento de la máquina y al transporte de las partes. En el modelo de simulación se tienen los siguientes recursos:

TABLA 20

RECURSOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| Gráfico | Cantidad | Nombre del recurso | Descripción |
|---|-----------------|----------------------------|---|
|  | 2 | Operarios Inyección | Estos operarios programan las inyectoras y verifican su función |
|  | 35 | Tolvas | Las tolvas son equipos de almacenamiento para los barriles y se trasladan del área de inyección al área de ensamble |
|  | 4 | Operarios ensamble | Estos operarios programan las ensambladoras y verifican su función |

3.5.4 Horarios Asignados del modelo de Simulación.

Los horarios se asignaron sólo a los operarios de ensamble, siendo los siguientes:

Horario de almuerzo: De 12:30 a 13:00

Horario de merienda: De 18:00 a 18:30

En el siguiente gráfico se muestra en las filas los días de la semana, y en las columnas las horas de día, se asigna todos los días de la semana los horarios de almuerzo y merienda anteriormente mencionados

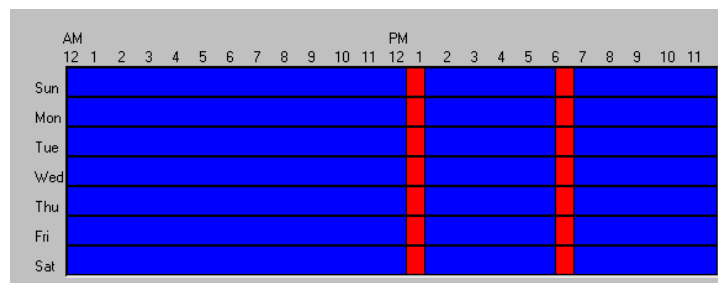


FIGURA 3.3 HORARIOS ASIGNADOS A LOS OPERARIOS DE ENSAMBLE

3.5.5 Variables del modelo de Simulación.

Las variables son contadores del sistema que varían durante la simulación, algunas de estas son utilizadas para la toma de decisiones del modelo, estas son de dos tipos; real y entera, la diferencia entre ambas es que la primera cuenta con cantidades fraccionadas y la segunda no, sólo cuenta cantidades enteras. En este modelo de simulación solo se utilizan el segundo tipo de variables ya que son cantidades enteras, como por ejemplo, la variable producción que cuenta en unidades de caja, va a contar una, dos o más cajas, y no puede contar una y media, ya que si se necesita contar ese tipo de cantidades se debe utilizar las variables reales.

A continuación se muestra la lista de las variables:

TABLA 21

VARIABLES DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| <i>Variable</i> | <i>Tipo</i> | <i>Descripción</i> |
|------------------------|--------------------|--|
| X / X2 / X3 | Entera | Son las variables que retienen la cantidad de barriles que se deben agrupar dada por la distribución de probabilidades |

| | | |
|--------------------|--------|---|
| Y / Y2 / Y3 | Entera | Son las variables que sirven de contador de barriles que ingresan a una locación, con el fin de formar un lote dependiendo de la función de probabilidades. |
| Z / Z2 / Z3 | Entera | Son las variables que ayudan al sistema a congelar la cantidad de barriles almacenados hasta que sean trasladados a la siguiente locación. |
| X4 / Y4 | Entera | Son las variables que sirven de contador de tapas que ingresan a una locación, con el fin de formar un lote de 2000 unidades. |
| Y5 | Entera | Es la variable que sirve de contador de botones que ingresan a una locación, con el fin de formar un lote de 4500 unidades. |
| X5 | Entera | Es la variable que sirve de contador de botones que ingresan a una locación, con el fin de formar un lote de 500 unidades. |
| Z5 | Entera | Es la variable que sirve de contador de tapas que ingresan a una locación, con el fin de formar un lote de 100 unidades. |
| Producción | Entera | Es la variable que ayuda como contador de cajas de bolígrafos terminados, cada caja contiene 15 unidades en el sistema. |

3.5.6 Atributos del modelo de Simulación.

En la simulación se utiliza los atributos para registrar los tiempos de ciclos de las entidades a lo largo del proceso en la fabricación

de bolígrafos, el tipo de los atributos será real ya que se necesitan para el análisis las fracciones del tiempo.

Los atributos son los siguientes:

TABLA 22

ATRIBUTOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| <i>Atributo</i> | <i>Tipo</i> | <i>Descripción</i> |
|------------------------------------|--------------------|--|
| CTBA1/ CTBA2/ CTBA3 | Real | Tiempo promedio que debe esperar un barril hasta ser ensamblado. |
| CTTA1/ CTTA2 | Real | Tiempo promedio que debe esperar una tapa hasta ser ensamblado. |
| CTBO | Real | Tiempo promedio que debe esperar un Botón hasta ser ensamblado. |

3.5.7 Distribuciones estadísticas usadas en el modelo de simulación.

En el modelo se utilizó una distribución estadística para poder simular la aleatoriedad de la capacidad de las tolvas. En la planta se tiene actualmente:

6 Tolvas con capacidad de 50,000 barriles, equivalentes en el sistema a 500 unidades.

21 Tolvas con capacidad de 30,000 barriles, equivalentes en el sistema a 300 unidades.

8 Tolvas con capacidad de 25,000 barriles, equivalentes en el sistema a 250 unidades.

La suma de esto da un total de 35 tolvas. Para traducir esta situación a la realidad se programó una distribución acumulativa, mostrada a continuación:

TABLA 3.8

DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| <i>Porcentaje</i> | <i>Valor</i> |
|-------------------|--------------|
| 23% | 250 Barriles |
| 83% | 300 Barriles |
| 100% | 500 Barriles |

Esta distribución, es aleatoria de tal forma que en un 23% de probabilidad se llenan las tolvas con 250 barriles, con una probabilidad del 60% las tolvas se llenan con 300 barriles y finalmente con una probabilidad el 17% las tolvas se llenas con 500 barriles.

3.5.8 Consideraciones especiales en la programación del modelo de simulación.

La programación detalla la secuencia de las entidades a través de las locaciones, y las operaciones que se realizan en cada una de ellas, junto con los recursos que se emplean para dicha secuencia. En el modelo se realizaron algunos artificios de programación para que la realidad coincida con el modelo, estos se detallan a continuación:

a.1) Característica 1.- Los barriles son llenados en tolvas, éstas tienen tres capacidades, como se muestra en la siguiente tabla;

TABLA 24

CUADRO DE LAS CAPACIDADES DE LA TOLVAS

| Tipo Tolva | Capacidad | Cantidad |
|-------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 25,000 barriles | 8 |
| 2 | 30,000 barriles | 21 |
| 3 | 50,000 barriles | 6 |

La cantidad a ser llenada es aleatoria dependiendo de la disponibilidad en la tolva.

a. 2) Programación de la característica 1.- Se crean cinco variables y una distribución estadística, que se muestra a continuación,

```
IF Z=0 THEN
BEGIN
X=dist_tolvas()
Z=1
END

IF Z=1 THEN
INC Y,1
WAIT UNTIL Y=X
GROUP      X      AS
LOTE_BARRIL
```

La primera variable (z), empieza en un valor de cero, hasta que la segunda variable (X), se le asigne el valor aleatorio de la distribución estadística, entre tres opciones (tipos de tolvas), una vez asignado, a la tercera variable (Z) se le asigna un valor de 1, con este artificio se logra que se guarde el valor aleatorio dado por la distribución estadística, cuando sucede esto se incrementa la cuarta variable (Y) con barriles hasta llegar al valor asignado por la distribución, una vez igualados se agrupa esta cantidad y se la envía a la siguiente locación.

3.6 Parámetros de comparación

Los parámetros de comparación son los ítems a igualarse entre la situación real y los resultados del modelo de simulación, estos parámetros son los siguientes:

Producción de barriles por máquina inyectora (PB1 / PB2 / PB3).-

Es la cantidad de barriles producidos en una máquina inyectora en un tiempo dado, en este parámetro se tiene tres ítems de comparación, ya que hay tres equipos que fabrican barriles dentro del proceso productivo.

Producción de tapas por máquina inyectora (PT1 / PT2).- Es la

cantidad de tapas producidas en una máquina inyectora en un tiempo dado, en este parámetro se tiene dos ítems de comparación, ya que hay dos equipos que fabrican tapas dentro del proceso productivo.

Producción de botones por máquina inyectora (PBO).- Es la

cantidad de botones producidos en una máquina inyectora en un tiempo dado.

Producción de bolígrafos por máquina ensambladora (PE1 / PE2 /

PE3 / PE4).- Es la cantidad de bolígrafos producidos en una máquina ensambladora en un tiempo dado, debido a que en el área de ensamble

se encuentran cuatro equipos que producen bolígrafos, los parámetros de comparación son la producción de cada una de estas ensambladoras.

Producción de cajas de bolígrafos (PRODUCCIÓN).- Es la cantidad de cajas llenas de 1500 bolígrafos cada una y que se encuentran listas para ser enviadas a la bodega de producto terminado.

Tiempo de ciclo de un barril antes de ser ensamblado (CTBA).- Es el tiempo que le toma a un barril ser transportado desde que es fabricado en la máquina inyectora hasta antes de ser unida con el botón y la tapa en la ensambladora.

Tiempo de ciclo de una tapa antes de ser ensamblada (CTTA).- Es el tiempo que le toma a una tapa ser transportada desde que es fabricada en la máquina inyectora hasta antes de ser unido con el barril y el botón en la ensambladora.

Tiempo de ciclo de un botones antes de ser ensamblados (CTBO).- Es el tiempo que le toma a un botón ser transportado desde que es fabricado en la máquina inyectora hasta antes de ser unido con las demás piezas en la ensambladora.

Los cuatro primeros parámetros fueron escogidos para poder verificar que el modelo de simulación refleje la producción real del área de

inyección, y los siguientes parámetros fueron escogidos ya que son los que se deben mejorar con la re-distribución de planta.

3.7 Determinación del número de réplicas

El número de réplicas es la cantidad de veces que corre el modelo de simulación.

Debido a que el modelo de producción de bolígrafos tiene actividades que parten de distribuciones estadísticas, se debe estimar el número de réplicas ideal, ya que cada réplica recrea un escenario diferente al anterior, y esta situación es la que se da en la producción real, obteniendo la cantidad de réplicas necesarias para el modelo, los resultados de los parámetros a comparar con los reales se verán afectados por una aleatoriedad que asemeja la real en la producción de bolígrafos.

Para obtener el número de réplicas ideal, se realiza una corrida piloto de 30 veces, con el fin de obtener las desviaciones estándares de los parámetros que se van a comparar para poder determinar la cantidad de repeticiones para cada una de ellas.

Una vez que se tenga los resultados, se procede a determinar el número “N” de réplicas necesarias para obtener unos resultados confiables, y este dato se lo obtiene con la siguiente fórmula:

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

Donde,

N= Número de réplicas

$Z_{\alpha/2}$ = Valor obtenido de la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar, el valor escogido es el que da un 95% de confianza en las estimaciones.

s= Desviación Estándar del parámetro.

e= error aceptado por el evaluador, en este caso se ha utilizado el 2.5%, de la media.

Se resume a continuación las desviaciones estándares y el número de réplicas para cada parámetro de comparación:

TABLA 25
NÚMERO DE RÉPLICAS PARA LOS PARÁMETROS DE COMPARACIÓN

| PARÁMETRO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MEDIDA | N |
|-------------------|----------------------------|-----------------|----------|
| <i>PB1</i> | 30.97 | Pieza barril | 2 |
| <i>PB2</i> | 16.40 | Pieza barril | 1 |
| <i>PB3</i> | 23.45 | Pieza barril | 1 |
| <i>PT1</i> | 38.44 | Pieza tapa | 2 |
| <i>PT2</i> | 26.94 | Pieza tapa | 1 |
| <i>PBO</i> | 265.51 | Pieza botón | 16 |
| <i>PE1</i> | 136.84 | Pieza Bolígrafo | 64 |
| <i>PE2</i> | 135.71 | Pieza Bolígrafo | 55 |
| <i>PE3</i> | 144.54 | Pieza Bolígrafo | 71 |
| <i>PE4</i> | 68.71 | Pieza Bolígrafo | 9 |
| <i>PRODUCCIÓN</i> | 14.27 | Cajas | 8 |
| <i>CTBA</i> | 29.67 | s | 1 |
| <i>CTTA</i> | 31.71 | s | 1 |
| <i>CTBO</i> | 29.23 | s | 1 |

El número de réplicas que se debe seleccionar es el mayor de todos los valores calculados, en este caso es 71 veces que debe correr el modelo de simulación para obtener resultados con una confiabilidad del 95%.

3.8 Validación del modelo de Simulación.

El modelo de simulación debe ser validado con el fin de verificar si el proceso modelado representa la situación real de la fábrica que produce bolígrafos, para lo cual se levantó información de la producción de más de 30 días, en su mayoría consecutivos, descartando los turnos de arranque de las máquinas inyectoras y turnos en las cuales se realizaban mantenimientos preventivos y predictivos.

Para poder realizar una validación se parte de los datos reales de los parámetros de comparación, a los cuales se les realiza intervalos para poder asegurar con un 95% de confianza que la media del parámetro se encuentra dentro del intervalo dado, por ejemplo en la figura el ítem de comparación PB1 (Producción de bolígrafos por máquina inyectora 1), la media se encuentra entre 161761 barriles y 163161 barriles, a continuación se muestran los demás resultados:

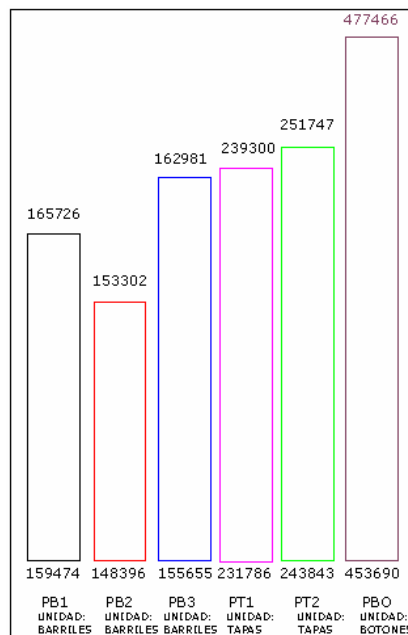


FIGURA 3.4 INTERVALOS DE 95% DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS REALES DE LAS MÁQUINAS INYECTORAS

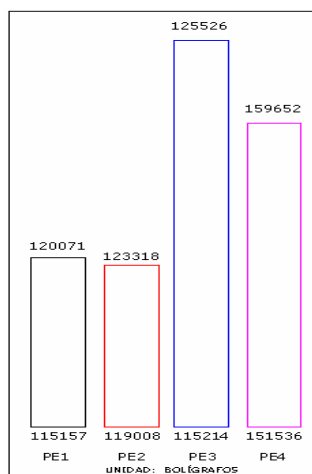


FIGURA 3.5 INTERVALOS DE 95% DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS REALES DE LAS MÁQUINAS ENSAMBLADORAS

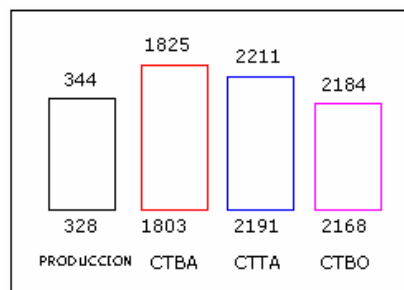


FIGURA 3.6 INTERVALOS DE 95% DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS REALES

Una vez que se haya corrido el modelo la cantidad de veces determinada, en este caso 71 veces, se procede a la comparación de los resultados obtenidos en la simulación con aquellos que fueron tomados como muestra de la fabricación de bolígrafos.

TABLA 26

COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN Y LOS DATOS REALES

| PARÁMETRO | SITUACIÓN REAL | | PROMEDIO SIMULACIÓN | UNIDADES |
|-----------|----------------|---------------|---------------------|--------------|
| | 95 % C.I. LOW | 95% C.I. HIGH | | |
| PB1 | 159474 | 165726 | 162446 | Pieza barril |
| PB2 | 148396 | 153302 | 150965 | Pieza barril |
| PB3 | 155655 | 162981 | 159159 | Pieza barril |
| PT1 | 231786 | 239300 | 235032 | Pieza tapa |
| PT2 | 243843 | 251747 | 248252 | Pieza tapa |
| PBO | 435690 | 477466 | 458708 | Pieza botón |
| PE1 | 115157 | 120071 | 116707 | Bolígrafo |
| PE2 | 119008 | 123318 | 120706 | Bolígrafo |

| | | | | |
|-------------------|--------|--------|---------|-----------|
| <i>PE3</i> | 115214 | 125526 | 1184.68 | Bolígrafo |
| <i>PE4</i> | 151536 | 159652 | 1575.21 | Bolígrafo |
| <i>PRODUCCIÓN</i> | 328 | 344 | 341.81 | Cajas |
| <i>CTBA</i> | 1803 | 1825 | 1808.83 | s |
| <i>CTTA</i> | 2191 | 2211 | 2199.83 | s |
| <i>CTBO</i> | 2168 | 2184 | 2174.96 | s |

Una vez que se comparan los datos reales con los resultados obtenidos en el modelo de simulación, se concluye con un 95% de confianza que la media del parámetro simulado se encuentra dentro de los intervalos del parámetro obtenido de la situación real de proceso, por lo que el modelo se encuentra validado y representa la fabricación de bolígrafos, en la cuales intervienen los proceso de inyección y ensamble.

A continuación se muestra una figura con los intervalos de confianza de los parámetros de comparación de las máquinas inyectoras, obtenidos del modelo de simulación, una vez que el mismo haya corrido setenta y un réplicas.

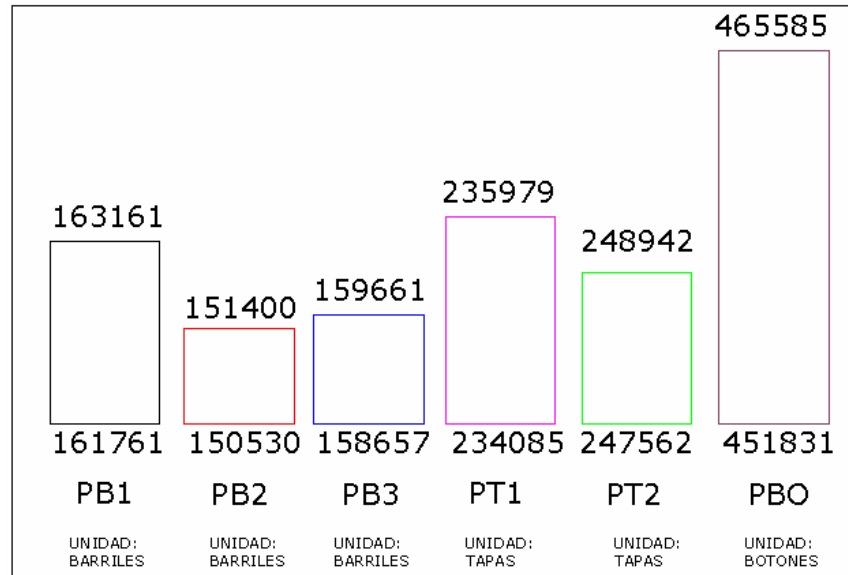


FIGURA 3.7 INTERVALOS DE 95% DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS DE VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN (MÁQUINAS INYECTORAS)

En la siguiente figura se detallan los intervalos de confianza de los parámetros de comparación de las máquinas ensambladoras, obtenidos del modelo de simulación, una vez que el mismo haya corrido setenta y un réplicas.

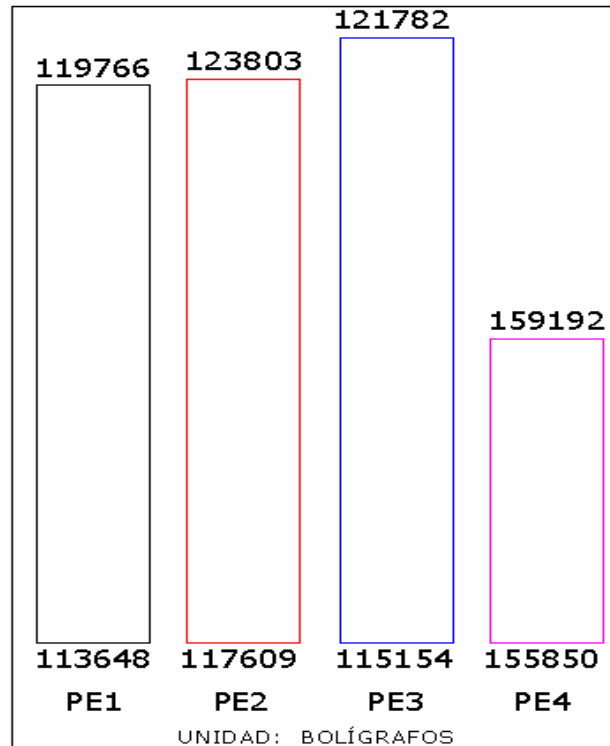


FIGURA 3.8 INTERVALOS DE 95% DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS DE VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN (MÁQUINAS ENSAMBLADORAS)

Y finalmente se muestra en la Figura 3.9 los intervalos de confianza de los parámetros de comparación de los tiempos de ciclo, obtenidos del modelo de simulación, una vez que el mismo haya corrido setenta y un réplicas.

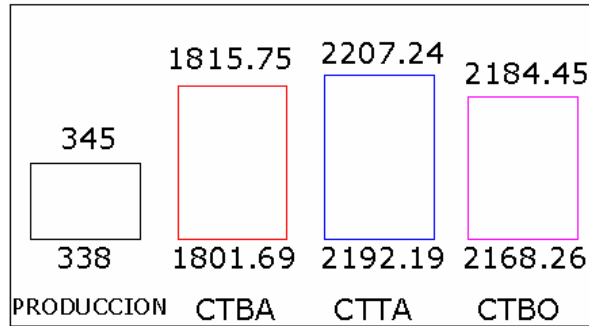


FIGURA 3.9 INTERVALOS DE 95% DE CONFIANZA DE LOS PARÁMETROS DE VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN (TIEMPOS DE CICLO)

CAPÍTULO 4

4. PROPUESTAS DE MEJORA CON RESPECTO A LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y FLUJO DE MATERIALES

En este capítulo se procede a evaluar las mejoras con respecto a la distribución de planta y flujo de materiales, e implementación de una banda transportadora para que traslade el barril.

4.1 Descripción del problema y propuestas de mejora

En el capítulo I se realizó una descripción detallada de los principales problemas a los cuales se enfrenta la empresa, en este punto se los menciona brevemente y se proponen algunas ideas de mejora para cada uno de ellos, a continuación se muestran los problemas:

| <i>Problemas</i> |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Falta de espacio para almacenamiento de producto final en la Bodega de Producto Terminado |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de manejo de materiales actuales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Accidentes ocasionados por el actual sistema de manejo de materiales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Partes recorren un largo trayecto antes de ser ensambladas |

4.1.1 Falta de espacio para almacenamiento en Bodega de Producto Terminado

La falta de espacio para el almacenamiento de los productos importados en la Bodega de Producto Terminado incurre en un gasto de alquiler de bodegas, ya que una vez que arriban los contenedores provenientes de otras filiales del mundo, no pueden ingresar a la bodega de la empresa por falta de capacidad para el almacenamiento de productos, este es un problema en crecimiento, ya que la empresa va a incursionar en otro nicho de mercado necesitando más espacio para el almacenaje de nuevos productos. Como consecuencia de esta falta de espacio, se

almacena en los pasillos de la bodega el producto terminado de la línea de producción, por lo que los productos almacenados en los racks quedan obstaculizados, y cuando se los necesita despachar, los bodegueros realizan doble trabajo, ya que sacan el material en los pasillos, proceden a despachar el material de los racks y luego almacena el producto terminado de las líneas en los pasillos o en los racks.

El gasto anual de este problema es de \$ 12033,60 detallado en la siguiente tabla:

TABLA 27
GASTO ANUAL EN FALTA DE ESPACIO EN LA BODEGA DE
PRODUCTO TERMINADO

| <i>Problema</i> | <i>Costo Unit. (\$)</i> | <i>Cantidad requerida</i> | <i>Frecuencia anual (# veces)</i> | <i>Costo anual (\$)</i> |
|---|--------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------|
| <i>Bodegueros realizan doble trabajo cuando se obstaculiza el pasillo con producto local e importado.</i> | \$ 1,60 / hora-hombre | 3.5 hora-hombre | 336 | 1881,60 |
| <i>Alquiler de bodegas</i> | \$4.5 / m ² | 188 m ² | 12 | 10152,00 |

4.1.2 Sistema de manejo de materiales actuales

El personal realiza cambios seguidos de las tolvas que almacenan los barriles, además estos equipos usan espacios necesarios dentro del área de producción, y su traslado del área de inyección al área de ensamble causa accidentes de trabajo.

Un punto adicional que hay que recalcar es que debido a la altura de estos equipos de almacenamiento y el esfuerzo que tiene que poner el operario para poder trasladarlo cuando estén llenos, estas tienden a caerse, provocando el derrame del material en el piso, el cual en ocasiones queda inutilizable por los rayones que causan a los barriles estas caídas.

Este sistema de tolvas, las cuales transportan los barriles que se utilizan en el área de ensamble, ocasiona muy repentinamente la falta de material para alimentar las máquinas ensambladoras, lo que ocasiona pérdidas de tiempo en la producción.

El costo anual ocasionado por este problema es \$ 5277,28 detallado en la siguiente tabla:

TABLA 28
GASTO ANUAL OCASIONADO POR LOS ACTUALES SISTEMAS DE
MANEJO DE MATERIALES

| Problema | Costo Unit. (\$) | Cantidad requerida | Frecuencia anual (# veces) | Costo anual (\$) |
|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| <i>Cambio de equipos de almacenamiento</i> | \$1,6 / hora-hombre | 0.1667 hora-hombre | 2160 | 576,12 |
| <i>Espacio utilizado por equipos de almacenamiento.</i> | \$4.5 / m ² | 81 m ² | 12 | 4374,00 |
| <i>Material caído debido a volteos de equipos de almacenamiento y transporte</i> | \$1.6/ hora-hombre | 3 hora-hombre | 36 | 172,80 |
| <i>Área parada.</i> | \$1.6 / hora-hombre-máquina | 0.67hora-hombre-máquina | 144 | 154,37 |

4.1.3 Accidentes ocasionados por el actual sistema de manejo de materiales.

Las tolvas que transportan el material de un área hacia otra, han causado algunos accidentes de trabajo, debido a que en el trayecto la visión de la persona que está empujando la tolva se pierde por el alto de estos equipos, y debido al pasillo angosto que une las dos áreas por las cuales se transportan estos equipos, cualquier descuido del personal podría terminar en un accidente de trabajo.

El costo anual es obtenido por estadísticas de accidentes de trabajo, e incurre en un gasto anual de \$ 3084, aproximadamente, este valor que es una media de datos obtenidos por esta estadística, se detalla en la siguiente tabla:

TABLA 29
GASTO ANUAL DE ACCIDENTES OCASIONADO POR LOS
ACTUALES SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES

| Problema | Costo Unit. (\$) | Cantidad requerida | Frecuencia anual (# veces) | Costo anual (\$) |
|---|--|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| <i>Accidentes por atropellamiento con equipos de almacenamiento y transporte.</i> | \$ 2,000/ gastos por consecuencias del accidente (estimado histórico) | 1 persona | 1 | 2000,00 |
| <i>Días aproximados que falta el operario por accidente de trabajo.</i> | \$1.6/ hora-hombre | 15 día-persona | 2 | 48,00 |
| <i>Accidentes por volteos de equipos de almacenamiento y transporte</i> | \$1,000 / gastos por consecuencias del accidente (estimado histórico) | 1 persona | 1 | 1000,00 |

4.1.4 Partes recorren un largo trayecto antes de ser ensambladas.

Las partes a ser ensambladas en la actividad final son; barril, tapa, botón y repuesto, y tres de ellos se producen en los inicios del

proceso, por lo que debido al trayecto entre ensambladoras e inyectoras (especialmente las inyectoras que producen barriles), existen pérdidas de tiempo al trasladar el material.

Se muestra una tabla, en la cual se detalla el origen o inicio de la pieza y el destino de la misma, con dos índices de medida, la primera es la distancia que está en metros y la segunda es la cantidad de tiempo que le toma a esta pieza ser trasladada en ese tramo, la medida está dada en minutos:

TABLA 30
MATRIZ ORIGEN-DESTINO DE LAS PARTES ANTES DE SER
ENSAMBLADAS

| ORIGEN \ DESTINO | | Area de tolvas | Pallet Ensamble | Pallet Ensamble 2 | E-1 | E-2 | E-3 | E-4 |
|-------------------|--------------------|----------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | |
| I-230.1 | Distancia(m) | 19.41 | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.49 | | | | | | |
| I-150 | Distancia(m) | 16.42 | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.41 | | | | | | |
| I-230.2 | Distancia(m) | 21.70 | | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | 0.55 | | | | | | |
| I-85 | Distancia(m) | | 41.90 | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | 0.79 | | | | | |
| I-95 | Distancia(m) | | 45.69 | | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | 0.87 | | | | | |
| I-75 | Distancia(m) | | | 49.26 | | | | |
| | Tiempo viaje (min) | | | 0.93 | | | | |
| Area de tolvas | Distancia(m) | | | | 48.90 | 46.10 | 42.98 | 40.30 |
| | Tiempo viaje (min) | | | | 1.23 | 1.16 | 1.09 | 1.02 |
| Pallet Ensamble | Distancia(m) | | | | 6.89 | 10.04 | 13.04 | 16.73 |
| | Tiempo viaje (min) | | | | 0.11 | 0.17 | 0.22 | 0.28 |
| Pallet Ensamble 2 | Distancia(m) | | | | 6.89 | 10.04 | 13.04 | 16.73 |
| | Tiempo viaje (min) | | | | 0.11 | 0.17 | 0.22 | 0.28 |

4.2 Propuesta de Mejora I.

Reubicación del área de ensamble a un área más cercana a las inyectoras.

Con el fin de aumentar el espacio disponible y disminuir el trayecto de las partes antes de ser ensambladas, se puede reubicar el área de ensamble que actualmente se encuentra sobredimensionada (Figura 4.1), al espacio que utilizan las tolvas dentro del área de inyección, como se muestra en la figura 4.3:

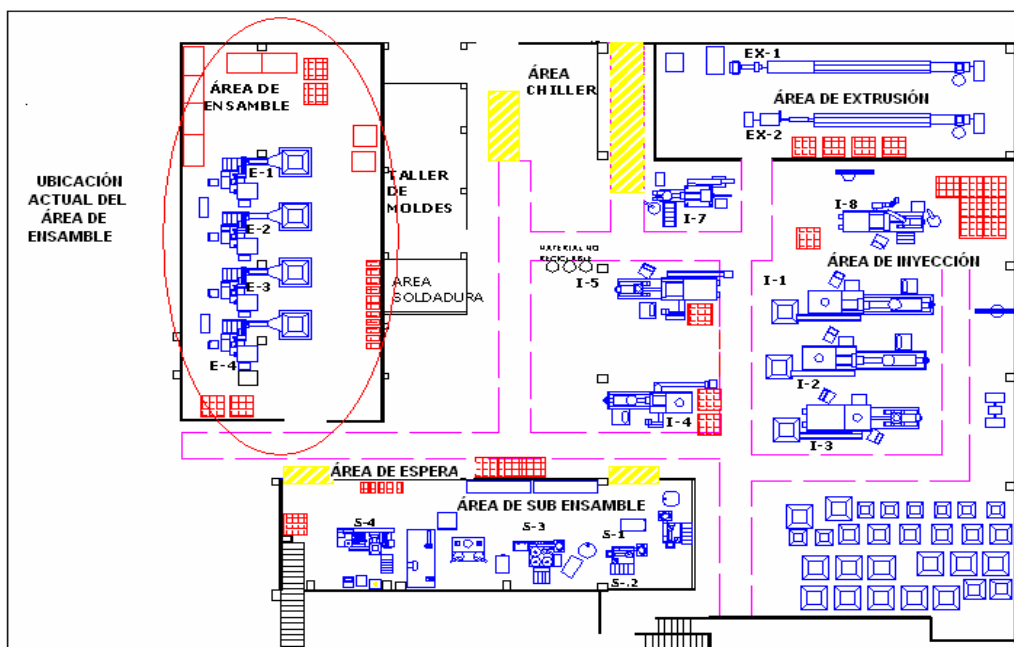


FIGURA 4.1 UBICACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ENSAMBLE

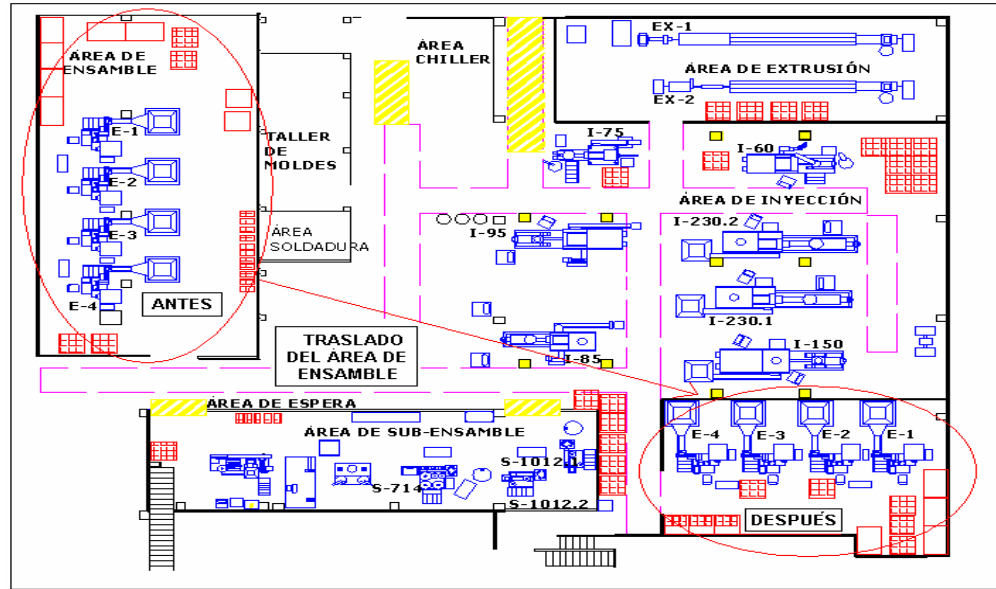


FIGURA 4.2 TRASLADO DEL AREA DE ENSAMBLE

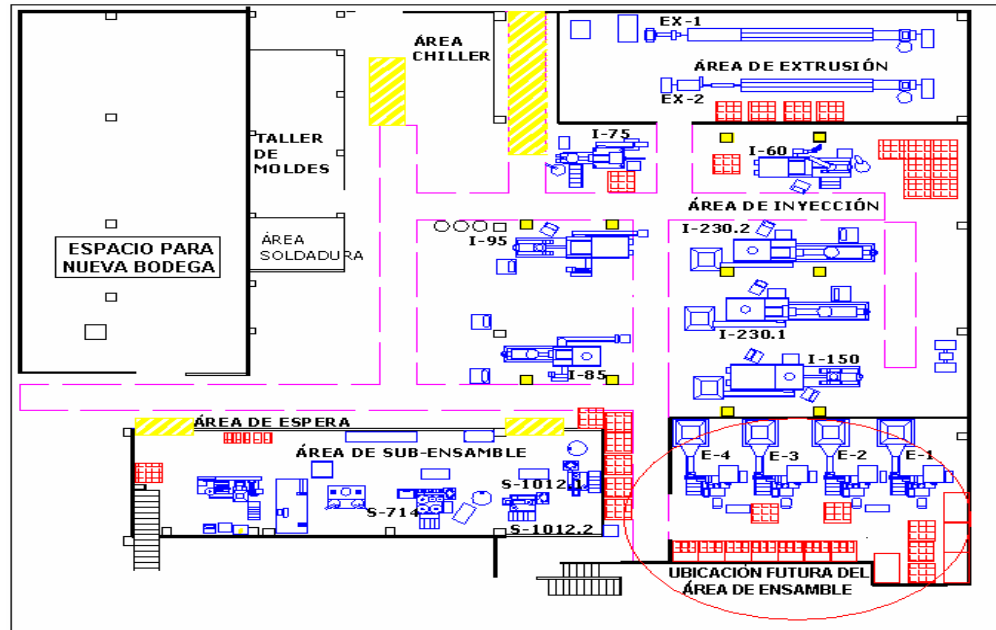


FIGURA 4.3 UBICACIÓN FUTURA DEL ÁREA DE ENSAMBLE

Para verificar si el espacio disponible es el requerido, se realizó el plano de la situación actual, con las dimensiones a escala del área y de las máquinas a trasladar, junto con el espacio que se necesita para almacenamiento de material y para el movimiento de personal, cada máquina fue detalladamente dibujada a escala.

Puntos a considerar en el traslado:

a) Puerta de acceso hacia el área de serigrafía

El área de serigrafía en un departamento muy independiente de la producción de bolígrafos, este se dedica a realizar impresiones publicitarias a bolígrafos terminados, el problema es que el cambio del área de ensamble afecta ya que obstruye el acceso para el ingreso de materia prima (Figura 4.4), por lo que se propone remover la ventana hacia el otro costado como se muestra en la figura B:

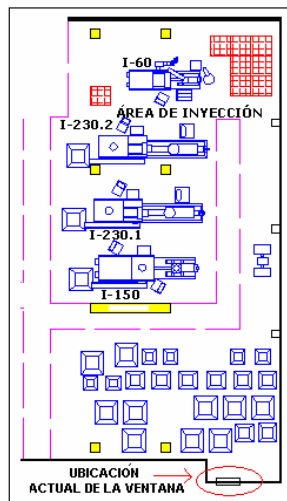


FIGURA 4.4 UBICACIÓN ACTUAL DE LA VENTANA DEL ÁREA DE SERIGRAFÍA

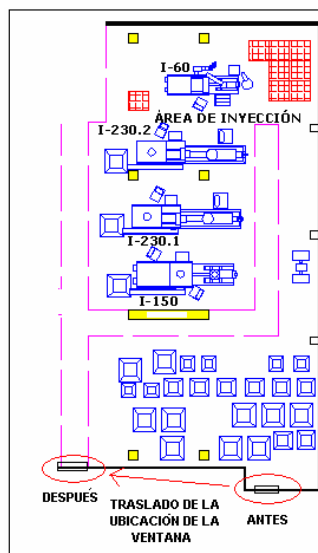


FIGURA 4.5 TRASLADO DE LA UBICACIÓN DE LA VENTANA DEL ÁREA DE SERIGRAFÍA

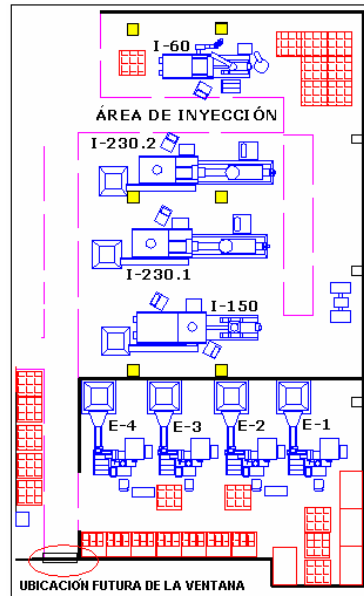


FIGURA 4.6 UBICACIÓN FUTURA DE LA VENTANA DEL ÁREA DE SERIGRAFÍA

b) La reubicación de las tolvas

Las tolvas se pueden ubicar a lo largo y ancho del área dispersa, pero esto ocasionaría un flujo muy disperso de material en proceso, por lo que en la propuesta de mejora II también se toma en cuenta este punto.

4.3 Propuesta de mejora II.

Implementación de una banda transportadora.

Debido a los problemas ocasionados por el uso de las tolvas, éstas deben ser eliminadas, ya que ocupan espacio y dificultan el flujo de material, por lo que se propone implementar una forma de trasladar de manera continua los barriles, al ser materiales de poca dimensión volumétrica, se definió por primera ocasión la idea del sistema de traslado de material a través de aire (Sistema por Venturi), pero al identificar que a través de este sistema los barriles se pueden rayar ocasionando problemas en la calidad el producto, se concluyó que la mejor manera de trasladarlos es a través de una banda transportadora que una a las inyectoras con las ensambladoras.

Esta banda transportadora es elevada para no ocupar espacio en los pasillos del área de inyección.

Se muestra a continuación un plano con el detalle de las bandas transportadoras:

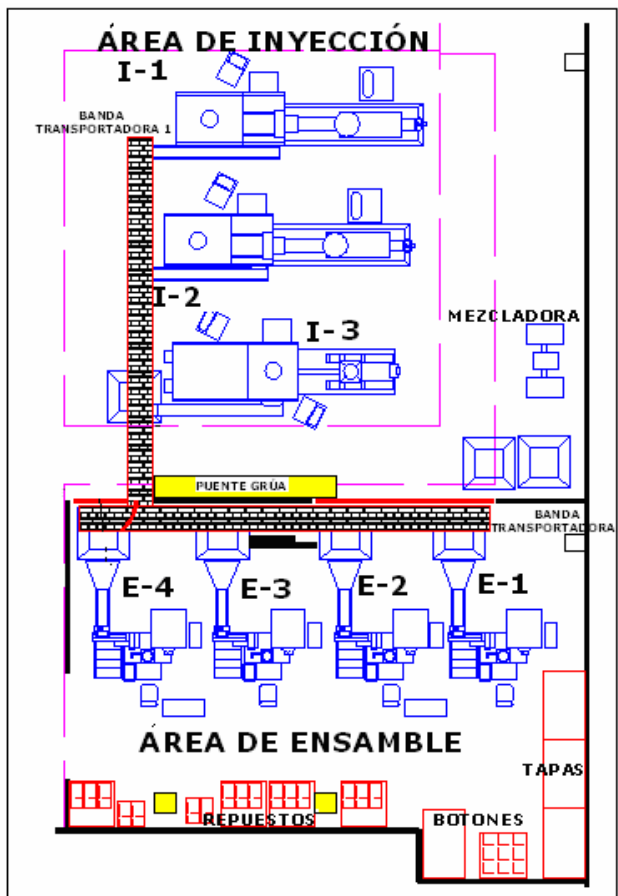


FIGURA 4.7 UBICACIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA



Detalles de la banda transportadora:

La banda transportadora está compuesta por dos tramos: el primero (Ver Figura 4.8) que se alimenta de tres inyectoras ubicadas en el área de inyección, cada una de estas máquinas la alimentan con la siguiente tasa:

I 1= 113 barriles / minuto

I 2= 105 barriles / minuto

I 3= 111 barriles / minuto

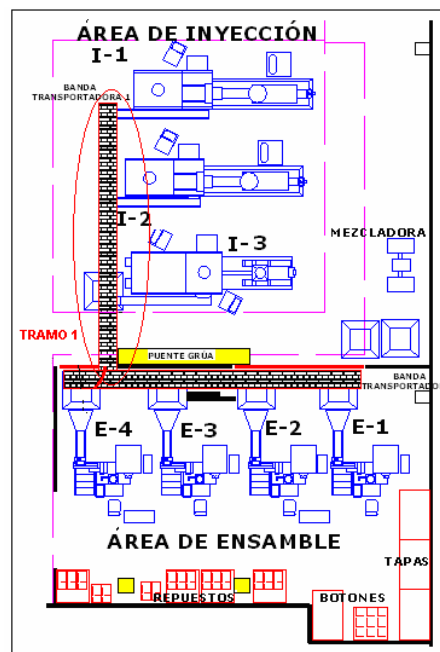


FIGURA 4.8 TRAMO 1 DE LA BANDA TRANSPORTADORA

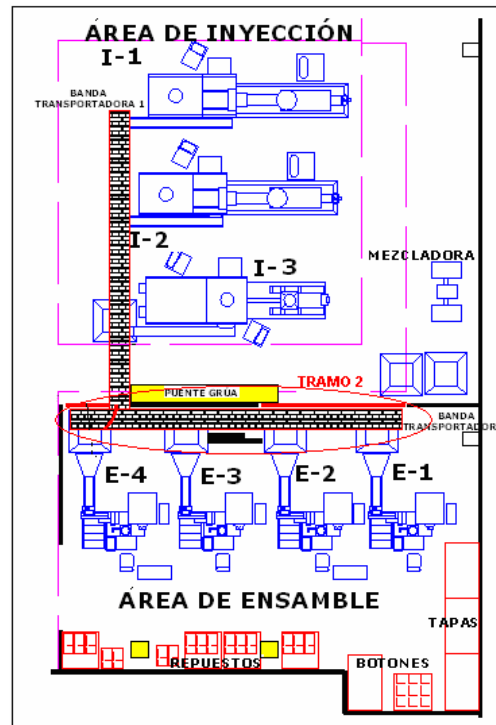


FIGURA 4.9 TRAMO 2 DE LA BANDA TRANSPORTADORA

El segundo tramo (Ver Figura 4.9) de la banda transportadora es la que recibe los barriles que provienen del área de inyección y los lleva hacia las máquinas ensambladoras, estos barriles son empujados con unos pistones para que caigan en las tolvas donde estas partes van a ser

apiladas como parte de un colchón antes de ser ensambladas en las máquinas, las cuales se alimentan mediante la siguiente tasa:

E 1= 82 barriles / minuto

E 2= 84 barriles / minuto

E 3= 84 barriles / minuto

E 4= 108 barriles / minuto

CAPÍTULO 5

5. MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN LAS PROPUESTAS DE MEJORAS

Una vez planteadas las propuestas de mejora en el capítulo anterior se procede a incorporar al modelo de simulación actual ya validado los cambios que representan el proceso de producción a futuro.

5.1 Objetivo del modelo de simulación futuro

Representar la situación futura del flujo de materiales y proceso de fabricación de bolígrafos, entre el área de inyección y el área de ensamble, con la ubicación propuesta de maquinarias y la incorporación de la banda transportadora, y de esta manera evaluar las mejoras en el modelo versus la situación actual.

5.2 Cambios a incorporar en el modelo de simulación basado en las propuestas de mejora.

Se realiza la reubicación de las maquinarias de ensamble a un área más cercana a las inyectoras.

Se asignan nuevas distancias recorridas a los operarios tanto de Inyección como los operarios de Ensamble en base a la redistribución de las maquinarias de Ensamble.

Implementación de una banda transportadora que permita trasladar los barriles desde las inyectoras hasta el proceso de ensamble.

Se prescinde de las tolvas para el traslado de los barriles, los mismos que son trasladados de las máquinas inyectoras a las máquinas ensambladoras en unidad, a través de la banda transportadora, sin necesidad de agruparlos como se realizaba anteriormente.

5.3 Modelo de Simulación basado en las propuestas de mejora

Una vez validado el actual modelo de simulación se procede a realizar los cambios en la programación para poder obtener los resultados que permitan evaluar las propuestas realizadas, a continuación se detallan los cambios incorporados en el modelo de simulación:

Lógica del modelo de simulación

A continuación se muestra la secuencia de operaciones que se programan para representar el proceso de fabricación de bolígrafos de la situación futura:

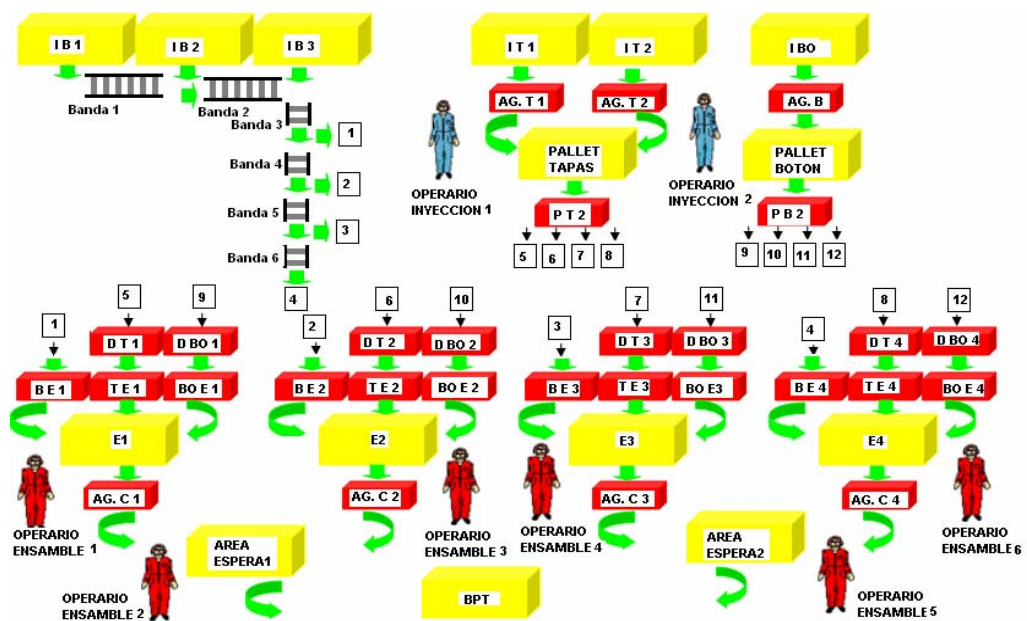







FIGURA 5.1 LÓGICA DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLÍGRAFOS




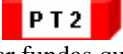
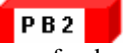







En la lógica del modelo de simulación de la situación futura cada cuadro muestra las locaciones, con su capacidad de producción o almacenamiento, este cuadro se basa bajo los mismos parámetros de la Tabla 3.2 en el Capítulo Tres, donde se indica que los cuadros son de dos colores, unos de color amarillo que muestran las locaciones reales y los segundos de color rojo que son locaciones ficticias, que fueron creadas en el Modelo de la situación Actual para que éste coincida con la realidad, y que son mantenidas muchas de ellas para poder evaluar los cambios propuestos de mejora.



Al igual que en el capítulo tres se muestra una tabla donde se detallan los nombres de las locaciones y las capacidades de las mismas:

TABLA 31

LÓGICA DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA

| Nombre en la Gráfica | Nombre de la Entidad | Capacidad |
|---|---|-----------|
|  | Iny barril uno / Iny barril dos / Iny barril tres | 1 barril |
|  | Iny tapas uno/ Iny tapas dos | 1 tapa |
|  | Iny botón uno | 1 botón |
|  Actividad: Agrupar tapas | Agrupatapa1 / Agrupatapa2 | Infinita |
|  Actividad: Agrupar botones | Agrupabotón | Infinita |

| | | |
|--|---|-------------|
|  | Banda 1 / Banda 2 / Banda 3 / Banda 4 / Banda 5 / Banda 6 | Infinita |
|  Actividad: Desagrupar las tapas que llegan en lotes | Pallet tapas ensamble | Infinita |
|  Actividad: Desagrupar los botones que llegan en lotes | Pallet Botón ensamble | Infinita |
|  Actividad: Agrupar fundas que almacenan tapas | Pallet ensamble | Infinita |
|  Actividad: Agrupar fundas que almacenan botones | Pallet ensamble dos | Infinita |
|  Actividad: Desagrupar las tapas que llegan en fundas | Ungroup tapas 1/ Ungroup tapas 2/ Ungroup tapas 3/ Ungroup tapas 4 | Infinita |
|  Actividad: Desagrupar los botones que llegan en fundas | Ungroup botón 1/ Ungroup botón 2/ Ungroup botón 3/ Ungroup botón 4 | Infinita |
|  Actividad: Juntar el barril con la tapa y el botón | Barril e 1/ Barril e 2/ Barril e 3/ Barril e 4 | 1 Barril |
|  | Tapa e 1/ Tapa e 2/ Tapa e 3/ Tapa e 4 | 1 Tapa |
|  | Botón e 1/ Botón e 2/ Botón e 3/ Botón e 4 | 1 Botón |
|  Actividad: Ensambalar los Bolígrafos | Ensambladora 1/ Ensambladora 2/ Ensambladora 3/ Ensambladora 4 | 1 Bolígrafo |
|  Actividad: Agrupar los bolígrafos en cajas | Agrup cajas 1/ Agrup cajas 2/ Agrup cajas 3/ Agrup cajas 4 | 15 Cajas |

| | | |
|---|---------------------------------|----------|
|  | Espera 1 / Espera 2 | Infinita |
|  | Bodega de Producto Terminado | Infinita |

Asunciones del modelo:

Para realizar el modelo de simulación de la situación futura se añadieron los siguientes supuestos:







- Las distancias del recorrido del material de la situación futura con la redistribución de las maquinarias fueron tomadas del plano de ubicación de áreas y equipos realizado a escala.
- Se creó seis bandas transportadoras ficticias, que representan a una sola banda en la situación real que transporta los barriles desde las inyectoras hasta las ensambladoras.

Creación y eliminación de locaciones:

Las siguientes locaciones fueron creadas:

TABLA 32



LOCACIONES CREADAS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN FUTURO

| Gráfico | Nombre de la locación | Función |
|---|-----------------------|---|
|  Capacidad: Infinita | Banda 1 | Locación que transporta el barril desde la Inyectora Barril 1 a la Banda 2 |
|  Capacidad: Infinita | Banda 2 | Locación que transporta el barril desde la Inyectora Barril 2 y desde la Banda 1 a la Banda 3 |
|  Capacidad: Infinita | Banda 3 | Locación que transporta el barril desde la Inyectora Barril 3 y desde la Banda 2 a la Ensambladora 1 y a la Banda 4 |
|  Capacidad: Infinita | Banda 4 | Locación que transporta el barril desde la Banda 3 a la Ensambladora 2 y a la Banda 5 |
|  Capacidad: Infinita | Banda 5 | Locación que transporta el barril desde la Banda 4 a la Ensambladora 3 y a la Banda 6 |
|  Capacidad: Infinita | Banda 6 | Locación que transporta el barril desde la Banda 5 a la Ensambladora 4 |

Las siguientes locaciones fueron eliminadas:

TABLA 33

LOCACIONES ELIMINADAS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN FUTURO


| Gráfico | Nombre de la locación |
|--|---|
|  Capacidad: Infinita | Agrupinyb1 / Agrupinyb2 / Agrupinyb3 |
|  Capacidad: Infinita | Área de tolvas |
|  Capacidad: Infinita | Ungroup barril 1 / Ungroup barril 2 / Ungroup barril 3 / Ungroup barril 4 |

Creación y eliminación de Entidades:

Con respecto a las entidades en el modelo futuro no fue necesario crear más, por el contrario se eliminaron las siguientes:

TABLA 34

ENTIDADES ELIMINADAS DEL MODELO DE SIMULACIÓN FUTURO


| Gráfico | Nombre de la entidad | Descripción |
|---|-----------------------------|--|
|  | Lote barril | Representaba en el Modelo de la Situación Actual a las tolvas que se encuentran llenas de barriles, en una cantidad que depende de la distribución de probabilidades |

Creación y eliminación de Recursos:

Con respecto a los recursos se eliminó el siguiente:

TABLA 35

RECURSOS ELIMINADOS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN FUTURO

| Gráfico | Cantidad | Nombre del recurso | Descripción |
|---|-----------------|---------------------------|---|
|  | 35 | Tolvas | Las tolvas son los equipos de almacenamiento para los barriles y los trasladan del área de inyección al área de ensamble en el Modelo de la Situación Actual. |

Creación y eliminación de Variables:

Para el futuro no se creó ninguna variable, y las siguientes que se listan fueron eliminadas:

TABLA 36

VARIABLES ELIMINADAS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

| Variable | Tipo | Descripción |
|--------------------|-------------|--|
| X / X2 / X3 | Entera | Son las variables que en el modelo de la situación Actual retienen la cantidad de barriles que se deben agrupar dada por la distribución de probabilidades |
| Y / Y2 / | Entera | Son las variables que en el modelo de la situación Actual sirven de contador de barriles que ingresan a una locación, con el fin de |

| | | |
|--------------------|--------|--|
| Y3 | | formar un lote dependiendo de la función de probabilidades. |
| Z / Z2 / Z3 | Entera | Son las variables que en el modelo de la situación Actual ayudan al sistema a congelar la cantidad de barriles almacenados hasta que sean trasladados a la siguiente locación. |

Suspensión del uso de las Distribuciones estadísticas usadas en el modelo de simulación de la situación Futura:

En el modelo de simulación de la situación futura se prescinde del uso de las distribuciones estadísticas las cuales fueron de mucha ayuda para poder simular en la situación actual la agrupación de barriles en las tolvas, lo cual se elimina con el uso de bandas transportadoras para el traslado de los barriles desde el área de inyección al área de ensamble.

5.4 Consideraciones especiales en la programación del modelo de la simulación Futura:

Para poder programar el modelo de la situación futura se programó una característica relevante que se detalla a continuación:

a.1) Característica.- Implementación de una banda transportadora.

a. 2) Programación de la característica.- En el Simulador todas las entidades que son enviadas a una banda transportadora, empiezan desde el inicio del recorrido hasta el final de la banda, lo cual no sucede en la realidad, ya que la banda que se debe instalar, es una banda que cada cierta distancia se alimenta por barriles desde las inyectoras, y que a su vez llegue al área de ensamble a proveer a las ensambladoras conforme hace su recorrido hasta el final.

Debido a esta situación se creó seis tramos de bandas transportadoras individuales en el modelo, tal como se muestra en la siguiente figura:

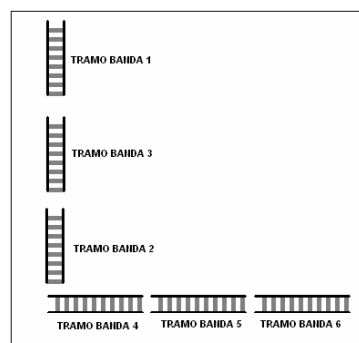


FIGURA 5.2 BANDAS CREADAS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN FUTURO

5.5 Determinación del número de réplicas del modelo de la simulación futura

El número de réplicas es la cantidad de veces que corre el modelo de simulación.

Debido a que el modelo de la producción de bolígrafos tiene actividades que parten de distribuciones estadísticas, se debe estimar el número de réplicas ideal, ya que cada réplica recrea un escenario diferente al anterior, y esta situación es la que se da en la producción real, obteniendo la cantidad de réplicas necesarias para el modelo, los resultados de los parámetros a comparar con los reales son afectados por una aleatoriedad que asemeja la real en la producción de bolígrafos.

Para obtener el número de réplicas ideal, se realiza una corrida piloto, con una repetición de 30 veces, con el fin de obtener las desviaciones estándares de los parámetros que se van a comparar para poder determinar la cantidad de repeticiones para cada una de ellas.

Una vez que se tenga los resultados, se determina el número “N” de réplicas necesarias para obtener unos resultados confiables, y este dato se lo obtiene con la siguiente fórmula:

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

Donde,

N= Número de réplicas

$Z_{\alpha/2}$ = Valor obtenido de la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar, el valor escogido fue el que da un 95% de confianza en las estimaciones.

s= Desviación Estándar del parámetro.

e= error aceptado por el evaluador, en este caso se ha utilizado el 2.5%, de la media.

En el capítulo III, se establecieron los parámetros de comparación para poder validar el modelo, de estos parámetros los que ayudan a analizar los resultados con las mejoras propuestas son los siguientes:

- Producción de bolígrafos por máquina ensambladora (PE1/ PE2 /PE3 /PE4)
- Producción de cajas de bolígrafos (PRODUCCIÓN)
- Tiempo de ciclo de un barril antes de ser ensamblado (CTBA)
- Tiempo de ciclo de una tapa antes de ser ensamblada (CTTA)
- Tiempo de ciclo de un botón antes de ser ensamblado (CTBO)

Se resume a continuación las desviaciones estándares y el número de réplicas para cada parámetro de comparación:

TABLA 37
NÚMERO DE RÉPLICAS PARA LOS PARÁMETROS DE
COMPARACIÓN DEL MODELO FUTURO

| PARÁMETRO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MEDIDA | N |
|------------------|----------------------------|-----------------|----------|
| PE1 | 133640 | Pieza Bolígrafo | 28 |
| PE2 | 139997 | Pieza Bolígrafo | 22 |
| PE3 | 150273 | Pieza Bolígrafo | 32 |
| PE4 | 155997 | Pieza Bolígrafo | 28 |
| PRODUCCIÓN | 386,3 | Cajas | 25 |
| CTBA | 1831,59 | s | 6 |
| CTTA | 2208,62 | s | 3 |
| CTBO | 2191,58 | s | 4 |

El número de réplicas que se debe seleccionar es el mayor de todos los valores calculados, en este caso es 32 veces que debe correr el modelo de simulación para obtener resultados con una confiabilidad del 95%.

5.6 Análisis de los resultados de la situación Futura y comparación con la situación Actual.

Una vez que se haya corrido el modelo la cantidad de veces determinada, en este caso se decidió que serán 51 veces, ya que es el mayor valor obtenido, se procede a la comparación de los resultados obtenidos en la simulación con aquellos que fueron tomados como muestra de la fabricación de bolígrafos.

TABLA 38

DATOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL VS FUTURA

| PARÁMETRO | PROMEDIO SIMULACIÓN SITUACIÓN ACTUAL | PROMEDIO SIMULACIÓN SITUACIÓN FUTURA | MEDIDA | UNIDADES |
|-------------------|---|---|---------------|-----------------|
| <i>PE1</i> | 116707 | 123095 | Bolígrafo | 6388 |
| <i>PE2</i> | 120706 | 130536 | Bolígrafo | 9830 |
| <i>PE3</i> | 118468 | 140088 | Bolígrafo | 21620 |
| <i>PE4</i> | 157521 | 157600 | Bolígrafo | 79 |
| <i>PRODUCCIÓN</i> | 341,81 | 366,00 | Cajas | 24 |
| <i>CTBA</i> | 1808,83 | 1738,00 | s | -71 |
| <i>CTTA</i> | 2199,83 | 2162,71 | s | -37 |
| <i>CTBO</i> | 2174,96 | 2145,36 | s | -30 |

- *Producción de bolígrafos por máquina ensambladora (PE1/ PE2 /PE3 /PE4)*

Este parámetro da como resultado los bolígrafos producidos por máquina, en dicha área se cuenta con cuatro máquinas ensambladoras. A continuación se analiza los parámetros de comparación de cada una de ellas:

Producción en la Ensambladora 1(PE1):

En el modelo de simulación la máquina 1 del área de ensamble produce en promedio 116707 bolígrafos en tres turnos de ocho horas cada uno, con los cambios que se le realiza al modelo que representan las mejoras propuestas, la ensambladora 1 produce 123095, aumentando la producción en 6388 piezas terminadas como se muestra en la Figura 5.3:

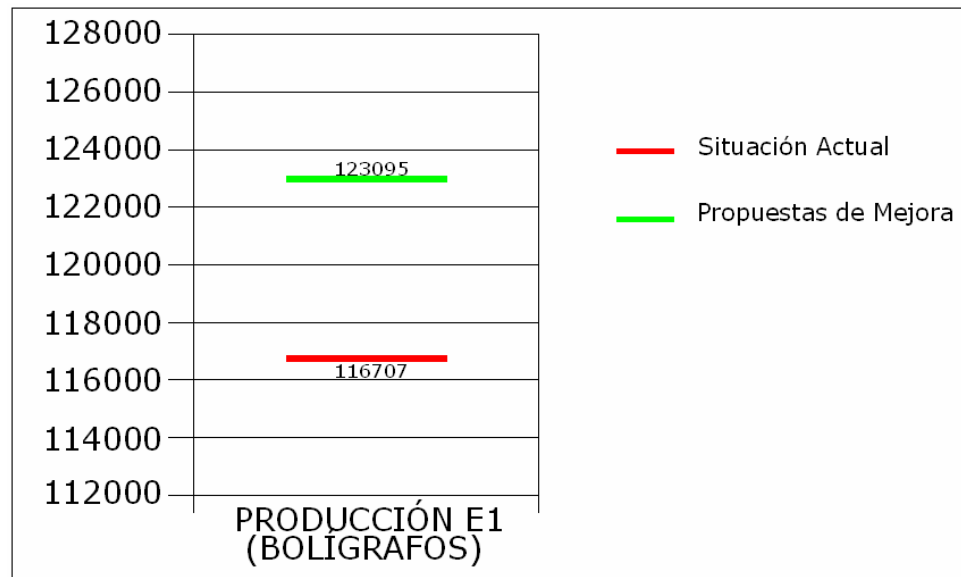


FIGURA 5.3 COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LA ENSAMBLADORA 1

Con las propuestas de mejora se aumenta la tasa de producción de esta estación en un 5.47 % diario.

Producción en la Ensambladora 2 (PE2):

La Ensambladora 2 produce en promedio 120706 bolígrafos en tres turnos de ocho horas cada uno, en el modelo de la situación actual, con los cambios que se le realiza al modelo la ensambladora 2 produce 130536, aumentando la producción en 9830 piezas terminadas, como se muestra en la figura 5.4:

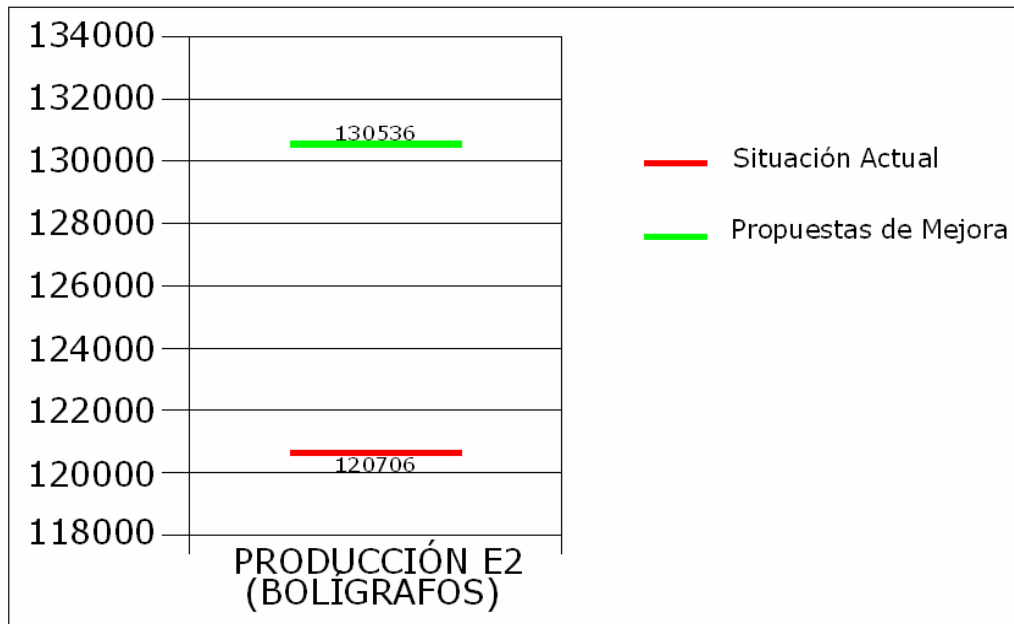


FIGURA 5.4 COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LA ENSAMBLADORA 2.

Con el cambio en el modelo de simulación se incrementa la tasa de producción de esta estación en un 8.14 % diario.

Producción en la Ensambladora 3 (PE3):

En el modelo de simulación la máquina 3 del área de ensamble produce en promedio 118468 bolígrafos en tres turnos de ocho horas cada uno, con los cambios que se le realiza al modelo que representan las mejoras propuestas, la ensambladora 3 produce 140088, aumentando la producción en 21620 piezas terminadas como se muestra en la Figura 5.5:

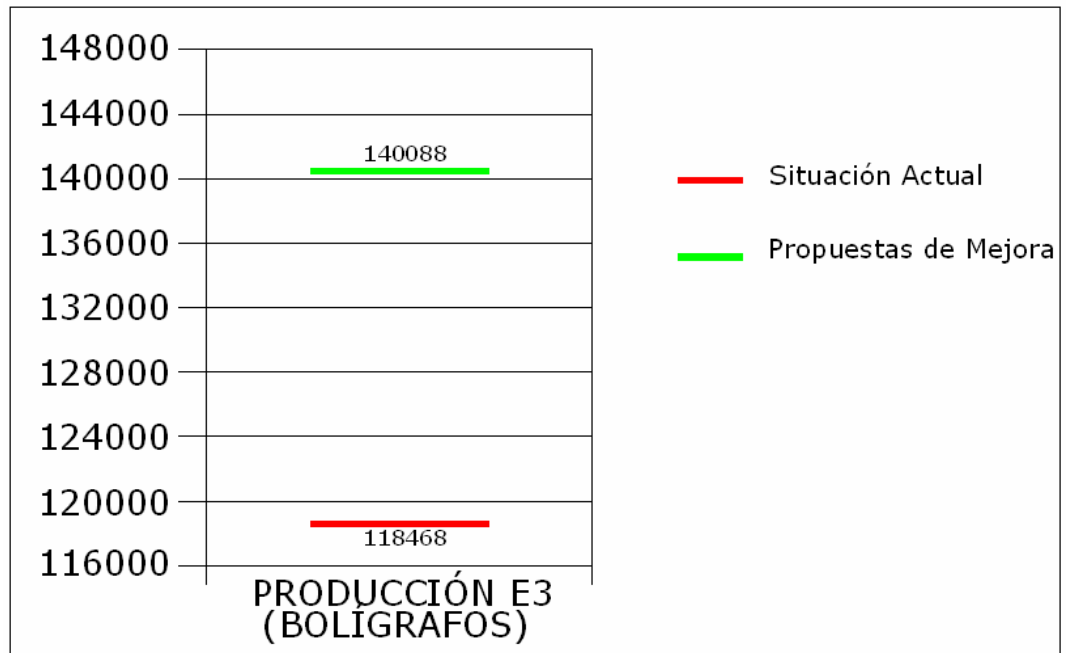


FIGURA 5.5 COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LA ENSAMBLADORA 3.

Con las propuestas de mejora se aumenta la tasa de producción significativamente de esta estación, en un 18.25 % diario.

Producción en la Ensambladora 4 (PE4):

La Ensambladora 4 produce en promedio 157521 bolígrafos en tres turnos de ocho horas cada uno, en el modelo de la situación actual, con los cambios que se le realiza al modelo, la ensambladora 4 produce

157600, aumentando la producción en 79 piezas terminadas, como se muestra en la figura 5.6:

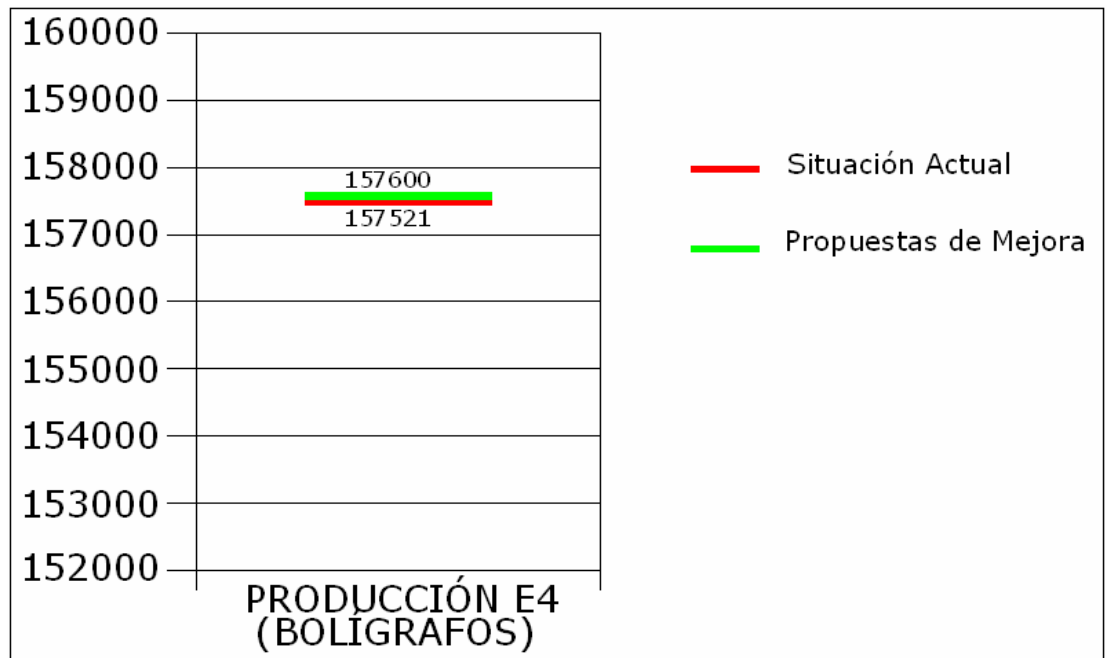


FIGURA 5.6 COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA EN LA ENSAMBLADORA 4.

Con el cambio en el modelo de simulación el incremento de la tasa de producción es poco significativo ya que aumenta sólo en un 0.05 % diario.

- Producción de cajas de bolígrafos (PRODUCCIÓN)

En la figura 5.7 se muestra el aumento de la producción total, ya que las estaciones de las ensambladoras tienen un proceso adicional de agruparlas en cajas de 1500 bolígrafos cada una para enviarlas al granel, en la situación actual se tiene una producción promedio de 341 cajas, e ingresando en el modelo las propuestas de mejora se obtiene como resultado una producción promedio de 366 cajas de bolígrafos, esta producción total representa un aumento promedio de 37500 piezas terminadas, que en total aumenta la producción diaria en 7,12 %:

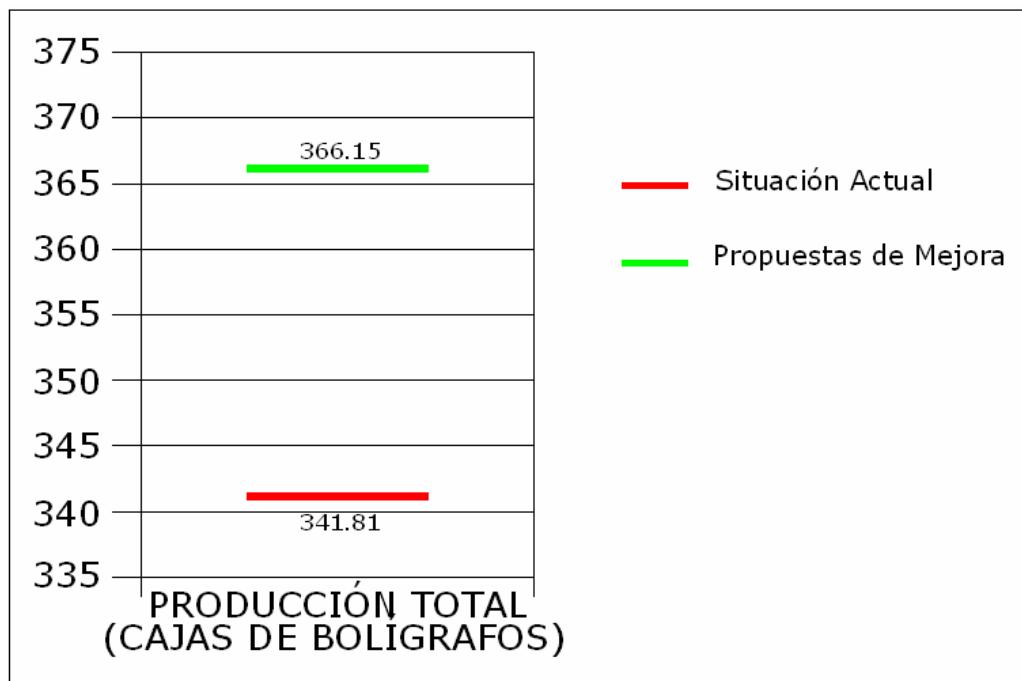


FIGURA 5.7 COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN TOTAL ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA

- *Tiempo de ciclo de un barril antes de ser ensamblado (CTBA)*

Uno de los parámetros de comparación que se analiza es el tiempo de ciclo de las piezas antes de ser ensambladas, el tiempo promedio del ciclo del barril en la situación actual es de 1808.83 segundos, el cual disminuye un 3.92 % con las propuestas de mejora, obteniendo un tiempo de ciclo en este modelo futuro de 1738 segundos, como se muestra en la figura 5.8:

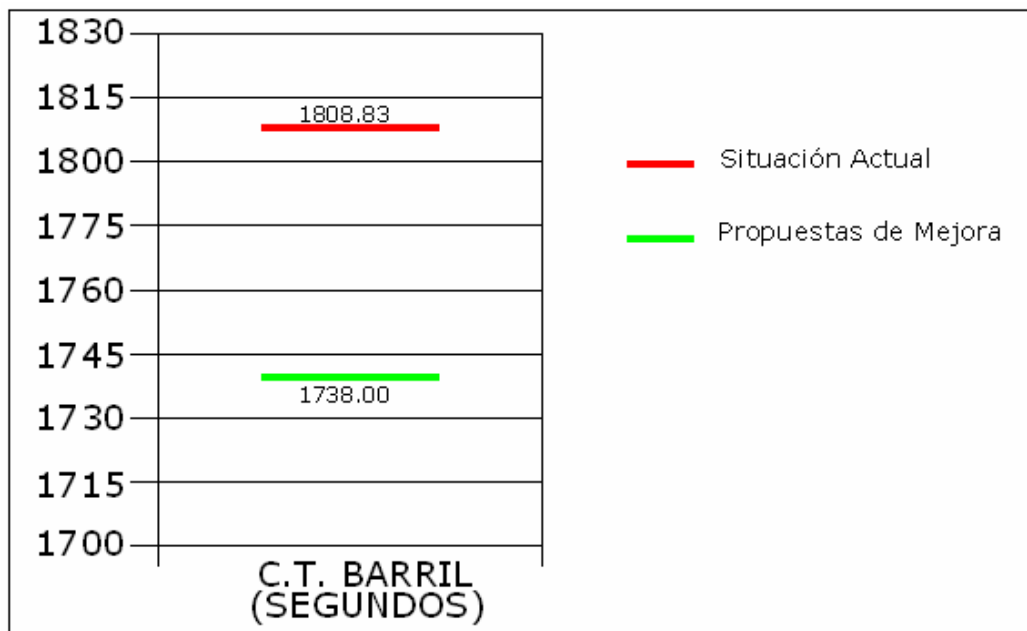


FIGURA 5.8 COMPARATIVO ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA DEL TIEMPO DE CICLO DEL BARRIL ANTES DE SER ENSAMBLADO

- *Tiempo de ciclo de una tapa antes de ser ensamblada (CTTA)*

El tiempo promedio que a la tapa le toma desde que es fabricada en la inyectora hasta ser ensamblada como un bolígrafo en la situación actual, es de 2199.83 segundos el cual disminuye un 1.69% con las propuestas de mejora, obteniendo un tiempo de ciclo en este modelo futuro de 2162.71 segundos, como se muestra en la figura 5.9:

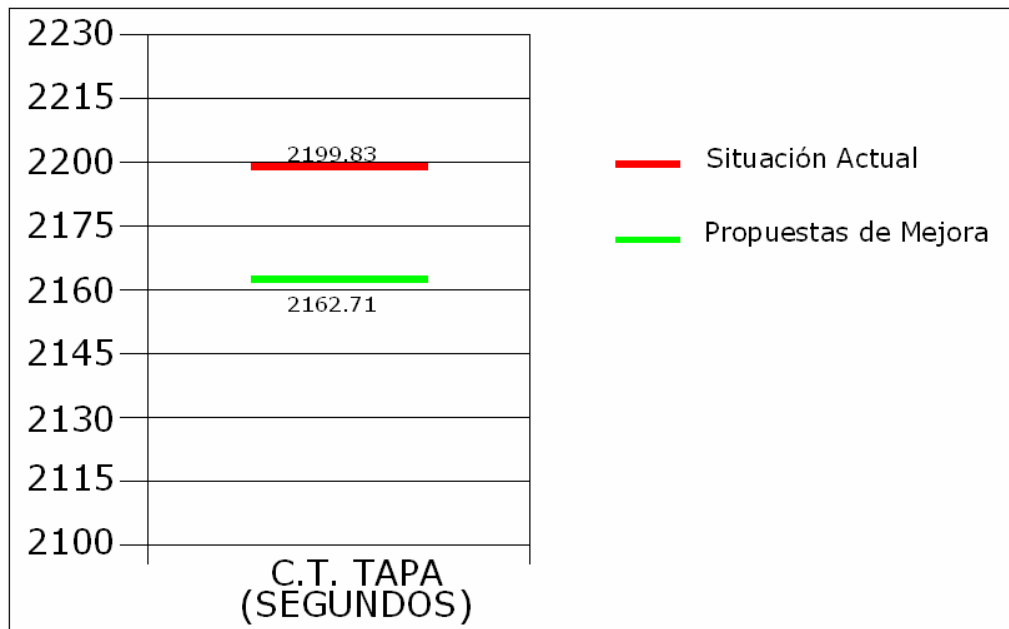


FIGURA 5.9 COMPARATIVO ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA DEL TIEMPO DE CICLO DE LA TAPA ANTES DE SER ENSAMBLADA

- *Tiempo de ciclo de un botón antes de ser ensamblado (CTBO)*

El tiempo promedio del ciclo del botón en la situación actual es de 2174.96 segundos, el cual disminuye un 1.36% con las propuestas de

mejora, obteniendo un tiempo de ciclo en este modelo futuro de 2145.36 segundos, como se muestra en la figura 5.10:

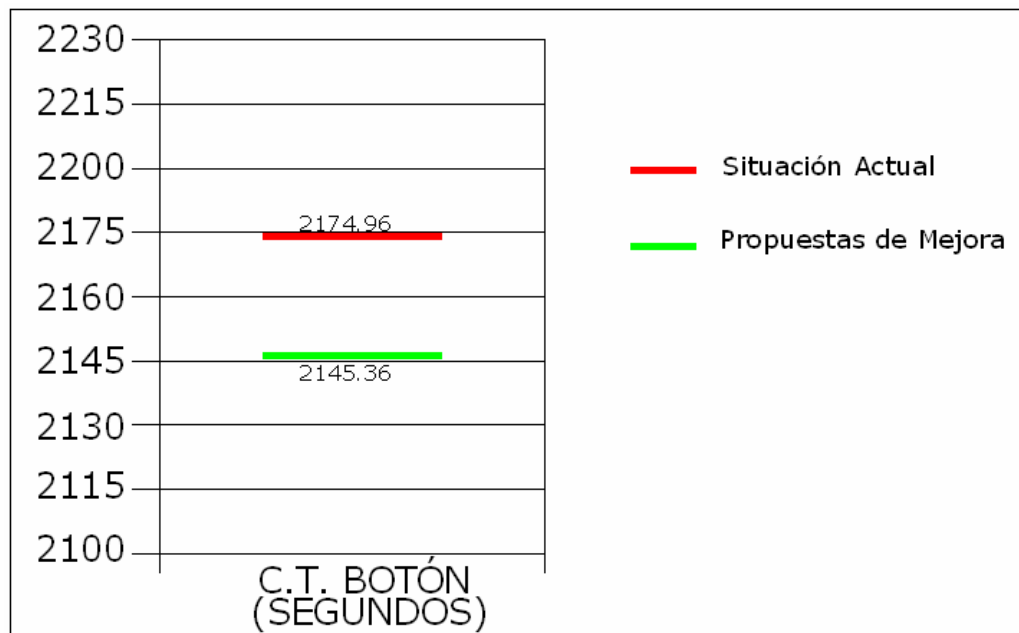


FIGURA 5.10 COMPARATIVO ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL VS. LAS PROPUESTAS DE MEJORA DEL TIEMPO DE CICLO DEL BOTÓN ANTES DE SER ENSAMBLADO

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN FINANCIERA

En este capítulo, se procede a realizar la evaluación económica-financiera que constituye la parte final de toda la secuencia de análisis que se ha realizado a lo largo de esta tesis, una vez concentrada toda esta información que se ha obtenido de capítulos anteriores se aplican métodos de evaluación económica que contemplan el valor del dinero a través el tiempo, con la finalidad de medir la eficiencia de la inversión total involucrada.

Se procede a cuantificar el impacto de la redistribución del Área de Ensamble y la implementación de la banda transportadora con la finalidad de alcanzar las metas establecidas, siendo en este caso obtener más espacio para el Almacenamiento de productos importados, mejorar el actual sistema de manejo de materiales y reducir el flujo de recorrido de las partes antes de ser ensambladas. Después de que se hayan conocido los

beneficios alcanzados por los planteamientos de mejora se continúa con el análisis financiero que muestre los indicadores económicos de estas mejoras.

En los proyectos de carácter lucrativo, como en este caso, la evaluación económica es fundamental puesto que con los resultados que de ella se obtienen, se toma la decisión de llevar a cabo o no la implementación del proyecto.

6.1 Cuantificación del Impacto de Planteamiento de Mejoras

Se procede a cuantificar el impacto de cada una de las mejoras propuestas en el Capítulo IV, a continuación:

6.1.1 Cuantificación de la Propuesta de Mejora I.

Reubicación del área de ensamble a un área más cercana a las inyectoras.

Para disminuir el trayecto de las partes ensambladas y aumentar el espacio disponible, como opción de mejora se propone reubicar el área de ensamble a un área más cercana a las inyectoras, como se muestra en la figura 6.1.

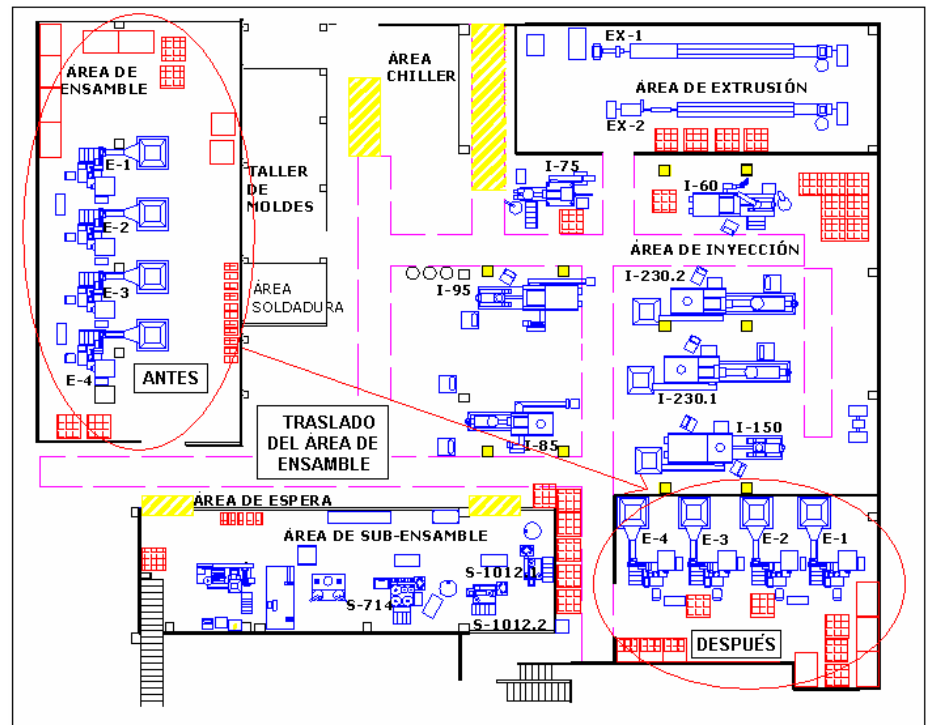


FIGURA 6.1 CAMBIO DEL ÁREA DE ENSAMBLE

Con esta propuesta de mejora se obtienen los siguientes beneficios:

- Se elimina el alquiler de las bodegas que la empresa realiza en agentes externos.
- Se optimiza el recurso humano disponible en las bodegas, que puede ser asignado en operaciones que incrementen valor a la empresa.

- Reducción del tiempo de ciclo de las partes antes de ser ensambladas.

Con el área de ensamble en la ubicación de la Situación actual en una jornada de 24 horas los tiempos promedios de los ciclos de las partes son los siguientes:

-Tiempo Promedio del ciclo del barril en la Situación Actual:
1808,83 seg.

-Tiempo Promedio del ciclo de la tapa en la Situación Actual:
2199,83 seg.

-Tiempo Promedio del ciclo del botón en la Situación Actual:
2174,96 seg.

Con la propuesta de mejora de la reubicación del área de ensamble a un espacio más cercano a las inyectoras se obtuvieron los siguientes tiempos promedios:

-Tiempo promedio del ciclo del barril con la Reubicación del área de Ensamble: 1737,995 seg.

-Tiempo promedio del ciclo de la tapa con la Reubicación del área de Ensamble: 2162,71 seg.

-Tiempo promedio del ciclo del botón con la Reubicación del área de Ensamble: 2145,36 seg.

Los tiempos de ciclo disminuyen, por lo que las piezas recorren menos trayecto antes de ser ensambladas, a continuación se muestra el impacto de la reubicación del área de ensamble:

Impacto:

Disponibilidad de 188 metros cuadrados para la ampliación de la Bodega, eliminando el alquiler en agentes externos.

Reducción de 1176 horas de trabajo en los operarios.

Reducción en el tiempo promedio del ciclo del barril en 71 segundos.

Reducción en el tiempo promedio del ciclo de la tapa en 37 segundos.

Reducción en el tiempo promedio del ciclo del botón en 30 segundos.

6.1.2 Cuantificación de la Propuesta de mejora II.

Implementación de una banda transportadora.

Con el fin de eliminar el sistema de transportación actual del barril, se propone la implementación de una banda transportadora que alimenta a las máquinas ensambladoras de barriles que provienen de las máquinas inyectoras como se detalla en la siguiente figura:

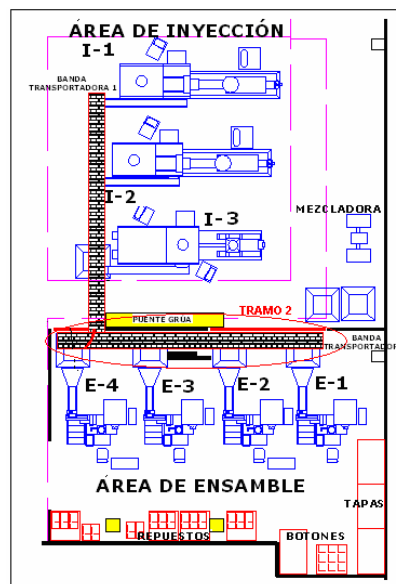


FIGURA 6.2 ILUSTRACIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA



Con la esta propuesta de mejora se obtienen los siguientes beneficios:

Aumento de la tasa de producción de Bolígrafos.

Eliminación de la posibilidad de accidentes por tolvas y falta de operarios por este motivo.

Eliminación de material perdido de barriles por caída de material.

Eliminación de paras en el área de ensamble por el cambio de alimentación de una tolva a otra en la máquina ensambladora.

Antes de la implementación de la banda transportadora la tasa de producción promedio de una jornada de 24 horas continuas es 341,81 cajas, como cada caja contiene 1500 piezas terminadas, la producción total es 512715 bolígrafos, con la propuesta de mejora la tasa de producción es 366,15 cajas, ósea 549225 bolígrafos.

Impacto:

Incremento de la tasa de producción en: 31973 bolígrafos, lo que equivale en promedio a un aumento del 7,12% en la producción total.

6.2 Evaluación de la Inversión financiera

Las mejoras planteadas fueron evaluadas con el fin de conocer los impactos financieros que producen al implementarlas. A continuación se detalla cada uno de los beneficios de las dos mejoras planteadas:

Propuesta de mejora I: Reubicación del área de ensamble:

Inversión 1:

- Cambio de máquinas y tuberías: \$ 3200
- Ampliación de la bodega: \$2400
- Limitación de la nueva Área de Ensamble: \$ 1350
- Reubicación del ingreso al área de serigrafía: \$200

Total Inversión por Reubicación del Área de Ensamble: \$ 7150

Beneficio económico:

Con la reubicación del área de ensamble, se elimina la necesidad del alquiler de las bodegas externas (188 metros que quedan del área de ensamble), además de la mala manipulación que pudieren sufrir estos

productos por personal ajeno a la empresa, además se optimiza el recurso humano (ahorrando 1176 horas de trabajos ineficientes).

Con respecto a las partes, estas disminuyen su tiempo de ciclo antes de ser ensambladas, debido a que con el cambio la trayectoria de las piezas se reduce considerablemente lo cual se ve reflejado en el tiempo de ciclo, 71 segundos en el recorrido del barril, 37 segundos en el recorrido de la tapa y finalmente 30 segundos en el recorrido del botón.

El ahorro económico debido a la reubicación del Área de Ensamble se detalla en la siguiente tabla:

TABLA 39
AHORRO ECONÓMICO DEBIDO A LA REUBICACIÓN DEL ÁREA DE
ENSAMBLE

| Ahorro | Costo Unit. (\$) | Cantidad requerida | Frecuencia anual (# veces) | Ahorro anual (\$) |
|---|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <i>Bodegueros realizan doble trabajo cuando se obstaculiza el pasillo con producto local e importado.</i> | \$ 1,60 / hora-hombre | 3.5 hora-hombre | 336 | \$ 1.881,60 |
| <i>Alquiler de bodegas</i> | \$4.5 / m ² | 188 m ² | 12 | \$ 10.152,00 |
| TOTAL | | | | \$ 12.033,60 |

Valorizado de estos beneficios es de \$ 12033,60

Propuesta de mejora II: Implementación de una banda transportadora.

Inversión 2:

- Compra e Instalación de la banda transportadora: \$17000

Beneficio económico:

Con la implementación de la banda transportadora, se cambia el tipo de transportación del barril, de tolvas a bandas, al realizar este cambio se prescinde automáticamente el espacio considerable que estos equipos ocupan dentro de la planta, además de eliminar las caídas de los actuales equipos de transportación del barril que causan accidentes, personal que falta por estos accidentes y pérdida de material por caída de tolvas, adicionalmente se elimina las paras del área de ensamble por el cambio de alimentación de una tolva a otra.

El ahorro económico debido a la instalación de una Banda Transportadora se detalla en la siguiente tabla:

TABLA 40
 AHORRO ECONÓMICO DEBIDO A INSTALACIÓN DE UNA BANDA
 TRANSPORTADORA

| Ahorro | Costo Unit. (\$) | Cantidad requerida | Frecuencia anual (# veces) | Ahorro anual (\$) |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <i>Cambio de equipos de almacenamiento</i> | \$1,6 / hora-hombre | 0.1667 hora-hombre | 2160 | \$ 576,12 |
| <i>Espacio utilizado por equipos de almacenamiento.</i> | \$4.5 / m ² | 81 m ² | 12 | \$ 4.374,00 |
| <i>Material caído debido a volteos de equipos de almacenamiento y transporte</i> | \$1.6/ hora-hombre | 3 hora-hombre | 36 | \$ 172,80 |
| <i>Área parada.</i> | \$1.6 / hora-hombre-máquina | 0.67hora-hombre-máquina | 144 | \$ 154,37 |
| <i>Accidentes por atropellamiento con equipos de almacenamiento y transporte.</i> | \$ 2,000/ gastos por consecuencias del accidente (estimado histórico) | 1 persona | 1 | \$ 2.000,00 |
| <i>Días aproximados que falta el operario por accidente de trabajo.</i> | \$1.6/ hora-hombre | 15 día-persona | 2 | \$ 48,00 |

| | | | | |
|---|--|------------------|----------|--------------------|
| <i>Accidentes por volteos de equipos de almacenamiento y transporte</i> | <i>\$1,000 / gastos por consecuencias del accidente (estimado histórico)</i> | <i>1 persona</i> | <i>1</i> | <i>\$ 1.000,00</i> |
| TOTAL | | | | \$ 8.325,29 |

Valorizado de estos beneficios es de \$ 8325,29

Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Para realizar el análisis de rentabilidad, se debe determinar la tasa a la cual descontaremos los flujos, es decir el costo del capital denominada TMAR, la cual representa la tasa mínima de retorno a la cual un inversionista está dispuesto a invertir en un proyecto, esto quiere decir la rentabilidad mínima que el inversionista exige para renunciar al uso alternativo de recursos en otros proyectos.

La definición de la TMAR es la siguiente:

$$\mathbf{TMAR = i + f + if}$$

Donde;

i = premio al riesgo.

f = inflación.

Esto quiere decir que el inversionista decide a través de dos factores su tasa mínima de retorno, la primera es que la ganancia debe ser tal que compense los efectos inflacionarios, y la segunda la tasa que debe ganar (premio) por arriesgar su dinero.

Los proyectos se financian a través de endeudamiento, capital externo o interno, en este proyecto los fondos que se utilizarán provienen de capital propio, mediante la retención de las utilidades que no se pagarán a los accionistas como dividendos.

Se obtiene la siguiente TMAR:

$$\text{TMAR} = i + f + if$$

$$\text{TMAR} = 0,15 + 0,10 + 0,015 = 0,265$$

$$\text{TMAR} = 26,5\%$$

Se utilizó una tasa de inflación del 10% y una tasa del premio al riesgo de 15%, que es premio establecido por la multinacional XYZ.

Valor Actual Neto (VAN)

Este es un procedimiento que permite calcular el valor presente del proyecto, esta metodología consiste en descontar al momento actual todos los flujos de caja futuros del proyecto, a este valor se le resta la

inversión inicial, de tal manera que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. La tasa mínima atractiva de retorno utilizada para el cálculo es de 26,5%.

La fórmula para calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_{Ft}}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde;

t =1

n = Número de períodos

Vf = Valor futuro de cada uno de los períodos

Io= Inversión Inicial

Una vez que se calcula el VAN se toma una decisión basada en los siguientes criterios:

| Valor | Significado | Decisión a tomar |
|---------|--|-----------------------------|
| VAN > 0 | La inversión produce ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r) | El proyecto puede aceptarse |
| VAN < 0 | La inversión produce pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r) | El proyecto debe rechazarse |

| | | |
|---------|--|--|
| VAN = 0 | La inversión no produce ni ganancias ni pérdidas | Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debe basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores. |
|---------|--|--|

Después de realizar los cálculos necesarios se obtiene el siguiente valor:

VAN del Proyecto: 8028,89

Como es mayor que cero el proyecto es rentable ya que cumple con la rentabilidad exigida por el inversionista.

Tasa de Interés de retorno (TIR)

Es la tasa que iguala el valor presente neto a cero, esta tasa también es conocida como la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje.

Para los inversionistas esta es la medida más efectiva para conocer si un proyecto es rentable o no.

El criterio para decidir la aceptación o prescindir del proyecto es que si la TIR es mayor que la TMAR, el proyecto se acepta caso contrario se rechaza.

Se calcula la tasa de Interés de Retorno para el proyecto la cual fue la siguiente:

TIR: 40%

Con esta TIR, queda demostrado que el proyecto es rentable ya que es mayor que la TMAR que es del 26,5%

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1.- Se desarrolló un modelo de simulación de la situación actual de la compañía, el mismo fue validado con la ayuda de parámetros de tiempos de ciclo de las partes antes de ser ensambladas y de la producción de piezas y bolígrafos, y se concluyó que este modelo representa el proceso de producción de bolígrafos con un 95 % de confianza.

2.- Con la reubicación del Área de Ensamble se obtienen algunos beneficios; uno de ellos es la eliminación del alquiler de las bodegas externas, ya que se aumenta la capacidad de almacenamiento de la bodega en 188 metros cuadrados, adicionalmente se ahorra 1176 horas en

el recurso humano, al unir estos dos puntos generan un ahorro total por incremento de capacidad de almacenamiento de \$12033,60 al año.

3.- Con la implementación de la banda transportadora que traslada el barril desde las inyectoras hasta su ensamble final, se obtienen los siguientes beneficios; se prescinde automáticamente del espacio considerable que estos equipos ocupan en la planta, se elimina las caídas de material ocasionadas por altura de los actuales equipos de transportación del barril, se reduce a cero el tiempo que las ensambladoras paran por el cambio del actual equipo de transportación que alimenta de barril a la máquina, y la eliminación total del riesgo de accidentes que históricamente han causado este sistema de manejo de materiales, todas estas mejoras se convierten en un ahorro total de \$8325,29 al año.

4.- Unificando estas dos mejoras, ubicación del área de ensamble e implementación de una banda transportadora, se obtiene un mejor recorrido de las partes antes de ser ensambladas y un recorrido único y directo del bolígrafo desde la línea final de ensamble hasta la bodega, adicionalmente se reduce el tiempo de ciclo de cada una de estas partes, 71 segundos en el

recorrido del barril, 37 segundos en el recorrido de la tapa y finalmente 30 segundos en el recorrido del botón.

5.- Con el nuevo sistema de recorrido de las partes, y la disminución del tiempo de ciclo, el modelo que representa las propuestas de mejora, sostiene que la tasa de producción aumenta en un 7,12 %, lo cual permite afrontar a la empresa los incrementos de demanda sin tener que aumentar sus días laborables por mes.

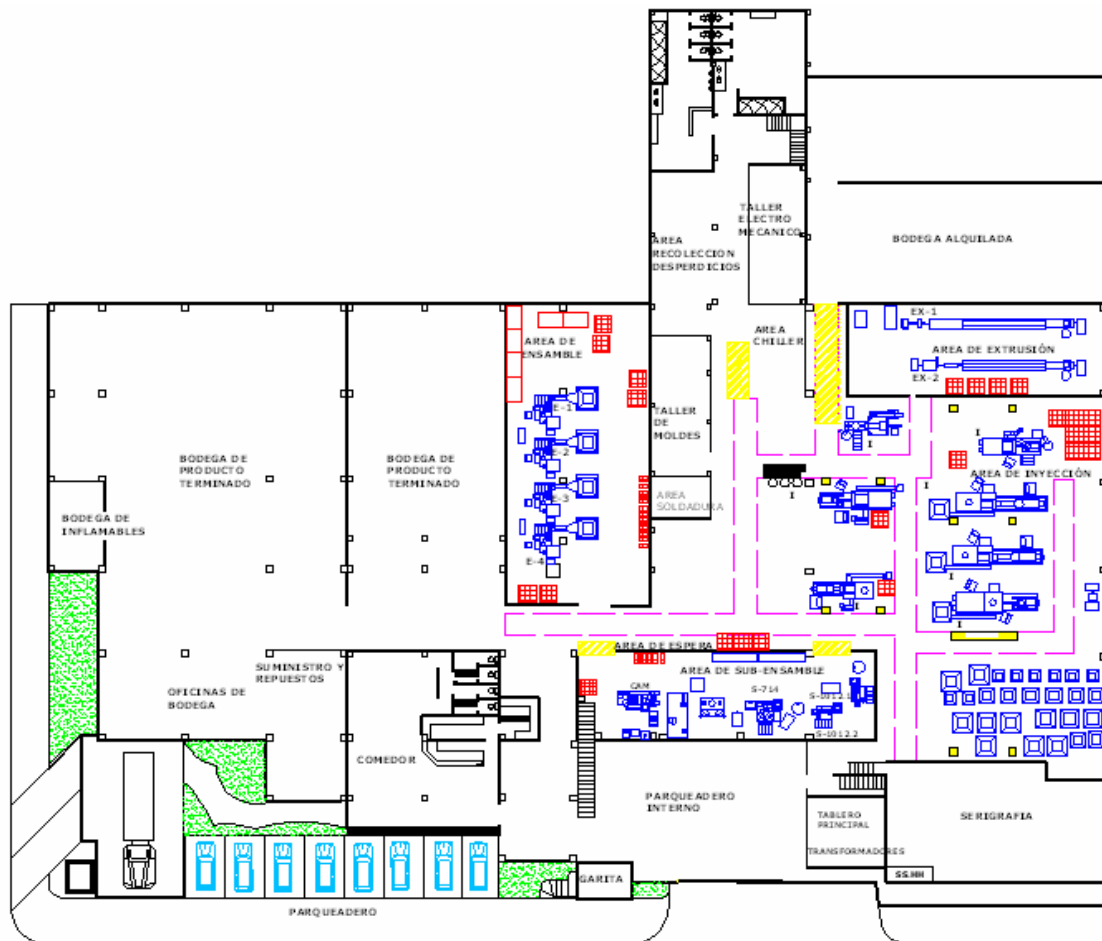
RECOMENDACIONES

1.- Con el fin de evitar la saturación de las estaciones de ensamble se debe instalar un sistema de recepción previo donde debe caer el material desde la banda transportadora, y ésta entregar material a la máquina, como un sistema de amortiguamiento por si alguna de las ensambladoras para por fallas.

2.- Se recomienda evaluar la inclusión de una banda transportadora que tome el bolígrafo ya ensamblado y lo traslade desde las máquinas hasta un punto de recepción para almacenarlo al granel, y de esta manera eliminar cuatro operarios por uno.

PLANOS

UBICACIÓN ACTUAL DE LAS ÁREAS



PLANO 1 UBICACIÓN ACTUAL DE LAS ÁREAS

ESCALA 1:1100

ANEXOS

1. PROGRAMACIÓN DEL MODELO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

```

*****
*                               Processing                               *
*****

Entity      Location      Operation      Blk  Output      Destination      Rule  Move Logic
-----
barril      iny_barril_uno      CTBA1=clock<>      1   barril      Agrupiny1      FIRST 1
barril      Agrupiny1      IF Z=0 THEN
BEGIN
X=dist_tolvas<>
Z=1
END

IF Z=1 THEN
INC V_1
WAIT UNTIL V=X
GROUP X AS LOTE_BARRIL

lote_barril  Agrupiny1      Z=0
V=0
set tolvas
set operarios_inyeccion
1   lote_barril  area_tolvas      FIRST 1  move with operarios_inyeccion
free operarios_inyeccion

lote_barril  area_tolvas      1   lote_barril  ungroup_barril_1  TURN 1  free tolvas

lote_barril  ungroup_barril_1  ungroup      1   lote_barril  ungroup_barril_2  TURN 1  free tolvas
barril      ungroup_barril_1  ungroup      1   lote_barril  ungroup_barril_3  TURN 1  free tolvas
barril      ungroup_barril_1  ungroup      1   lote_barril  ungroup_barril_4  TURN 1  free tolvas

1   barril      barril_e_1      FIRST 1
1   barril      e_uno           FIRST 1  log "tiempobarril", CTBA1
log "tiempobarril", CTBA2
log "tiempobarril", CTBA3

barril      e_uno           JOIN 1 tapa
JOIN 1 boton
CREATE 1 AS BOLIGRAFO

BOLIGRAFO   e_uno           WAIT 50 SEC      1   barril      BOLIGRAFO      EXIT          FIRST 1
BOLIGRAFO   AGRU_CAJAS_1   AGRU_CAJAS_1    1   BOLIGRAFO   AGRU_CAJAS_1   AGRU_CAJAS_1  FIRST 1
CAJA_BOLIGRAFO  AGRU_CAJAS_1   AGRU_CAJAS_1    1   CAJA_BOLIGRAFO  ESPERA_1      FIRST 1  MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble

CAJA_BOLIGRAFO  ESPERA_1       inc produccion   1   CAJA_BOLIGRAFO  BPT           FIRST 1
CAJA_BOLIGRAFO  BPT            CAJA_BOLIGRAFO  EXIT          FIRST 1
lote_barril  ungroup_barril_2  ungroup      1   barril      barril_e_2     FIRST 1
barril      ungroup_barril_2  ungroup      1   barril      e_dos          FIRST 1  log "tiempobarril", CTBA1
log "tiempobarril", CTBA2
log "tiempobarril", CTBA3

barril      e_dos          JOIN 1 tapa
JOIN 1 boton
CREATE 1 AS BOLIGRAFO

BOLIGRAFO   e_dos          WAIT 51 SEC      1   barril      BOLIGRAFO      EXIT          FIRST 1
BOLIGRAFO   AGRU_CAJAS_2   AGRU_CAJAS_2    1   BOLIGRAFO   AGRU_CAJAS_2   AGRU_CAJAS_2  FIRST 1
CAJA_BOLIGRAFO  AGRU_CAJAS_2   AGRU_CAJAS_2    1   CAJA_BOLIGRAFO  ESPERA_1      FIRST 1  MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble

lote_barril  ungroup_barril_3  ungroup      1   barril      barril_e_3     FIRST 1
barril      ungroup_barril_3  ungroup      1   barril      e_tres         FIRST 1  log "tiempobarril", CTBA1
log "tiempobarril", CTBA2
log "tiempobarril", CTBA3

barril      e_tres        JOIN 1 tapa
JOIN 1 boton
CREATE 1 AS BOLIGRAFO

BOLIGRAFO   e_tres        WAIT 49 SEC      1   barril      BOLIGRAFO      EXIT          FIRST 1
BOLIGRAFO   AGRU_CAJAS_3   AGRU_CAJAS_3    1   BOLIGRAFO   AGRU_CAJAS_3   AGRU_CAJAS_3  FIRST 1
CAJA_BOLIGRAFO  AGRU_CAJAS_3   AGRU_CAJAS_3    1   CAJA_BOLIGRAFO  ESPERA_2      FIRST 1  MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble

CAJA_BOLIGRAFO  ESPERA_2       inc produccion   1   CAJA_BOLIGRAFO  BPT           FIRST 1
lote_barril  ungroup_barril_4  ungroup      1   barril      barril_e_4     FIRST 1
barril      ungroup_barril_4  ungroup      1   barril      barril_e_4     FIRST 1
barril      barril_e_4

```


| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------|--|---|-----------------|-----------------------|---------|---|
| | | | 1 | barril | e_cuatro | FIRST 1 | log "tiempobarril", CTBA1 log "tiempobarril", CTBA2 log "tiempobarril", CTBA3 |
| barril | e_cuatro | JOIN 1 tapa JOIN 1 boton CREATE 1 AS BOLIGRAFO | | | | | |
| BOLIGRAFO | e_cuatro | WAIT 48 SEC | 1 | barril | EXIT | FIRST 1 | |
| BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_4 | GROUP 15 AS CAJA_BOLIGRAFO | 1 | BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_4 | FIRST 1 | |
| CAJA_BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_4 | GET operarios_ensamble | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_2 | FIRST 1 | MOVE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| barril | iny_barril_dos | CTBA2=clock< | 1 | barril | agrupiny2 | FIRST 1 | |
| barril | agrupiny2 | IF Z2=0 THEN BEGIN X2=dist_tolvas< Z2=1 END IF Z2=1 THEN INC V2.1 WAIT UNTIL V2=X2 GROUP X2 AS LOTE_BARRIL | | | | | |
| lote_barril | agrupiny2 | Z2=0 V2=0 get tolvas get operarios_inyeccion | 1 | lote_barril | area_tolvas | FIRST 1 | move with operarios_inyeccion free operarios_inyeccion |
| barril | iny_barril_tres | CTBA3=clock< | 1 | barril | agrupiny3 | FIRST 1 | |
| barril | agrupiny3 | IF Z3=0 THEN BEGIN X3=dist_tolvas< Z3=1 END IF Z3=1 THEN INC V3.1 WAIT UNTIL V3=X3 GROUP X3 AS LOTE_BARRIL | | | | | |
| lote_barril | agrupiny3 | Z3=0 V3=0 get tolvas get operarios_inyeccion | 1 | lote_barril | area_tolvas | FIRST 1 | move with operarios_inyeccion free operarios_inyeccion |
| tapa | iny_tapas_uno | CTTA1=clock< | 1 | tapa | agruptapa1 | FIRST 1 | |
| tapa | agruptapa1 | INC Y4.1 WAIT UNTIL V4=2000 GROUP Y4 AS lote_tapas | | | | | |
| lote_tapas | agruptapa1 | Y4=0 get operarios_inyeccion | 1 | lote_tapas | pallet_tapas_ensamble | FIRST 1 | move with operarios_inyeccion free operarios_inyeccion |
| lote_tapas | pallet_tapas_ensamble | UNGROUP | | | | | |
| tapa | pallet_tapas_ensamble | INC Z5.1 WAIT UNTIL Z5= 100 GROUP Z5 AS lote_tapa_10000 | 1 | tapa | pallet_ensamble | FIRST 1 | |
| tapa | pallet_ensamble | | | | | | |
| lote_tapa_10000 | pallet_ensamble | Z5=0 GET operarios_ensamble | 1 | lote_tapa_10000 | ungroup_tapas_1 | TURN 1 | MOVE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| | | | | lote_tapa_10000 | ungroup_tapas_2 | TURN | MOVE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| | | | | lote_tapa_10000 | ungroup_tapas_3 | TURN | MOVE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| | | | | lote_tapa_10000 | ungroup_tapas_4 | TURN | MOVE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| lote_tapa_10000 | ungroup_tapas_1 | UNGROUP | 1 | tapa | tapa_e_1 | FIRST 1 | |
| tapa | ungroup_tapas_1 | | | tapa | e_uno | JOIN 1 | log "tiempobarril", CTTA1 log "tiempobarril", CTTA2 |
| tapa | tapa_e_1 | | | | | | |
| tapa | iny_tapas_dos | CTTA2=clock< | 1 | tapa | agruptapa2 | FIRST 1 | |
| tapa | agruptapa2 | INC X4.1 WAIT UNTIL X4= 2000 BEGIN GROUP X4 AS lote_tapas END | | | | | |

```

lote_tapas Agruptapa2 X4=0
get operarios_inyeccion 1 lote_tapas pallet_tapas_ensamble FIRST 1 move with operarios_inyeccion
free operarios_inyeccion

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_2 UNGROUP 1 tapa tapa_e_2 FIRST 1
tapa tapa_e_2 1 JOIN 1 log "tiempobarrili", CITA1
log "tiempobarrili", CITA2

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_3 UNGROUP 1 tapa tapa_e_3 FIRST 1
tapa tapa_e_3 1 JOIN 1 log "tiempobarrili", CITA1
log "tiempobarrili", CITA2

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_4 UNGROUP 1 tapa tapa_e_4 FIRST 1
tapa tapa_e_4 1 JOIN 1 log "tiempoIAPa", CITA1
log "tiempoIAPa", CITA2

boton iny_boton CTB0=clock<
boton Agrupboton INC Y5,1 1 boton Agrupboton FIRST 1
WAIT UNTIL Y5= 4500
GROUP Y5 AS lote_boton

lote_boton Agrupboton Y5=0
get operarios_inyeccion 1 lote_boton pallet_boton_ensamble FIRST 1 move with operarios_inyeccion
free operarios_inyeccion

lote_boton pallet_boton_ensamble UNGROUP 1 boton pallet_ensamble_dos FIRST 1
boton pallet_ensamble_dos INC X5,1
WAIT UNTIL X5= 5000

GROUP X5 AS lote_boton_50000

lote_boton_50000 pallet_ensamble_dos X5=0
GET operarios_ensamble 1 lote_boton_50000 ungroup_boton_1 TURN 1 MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_boton_50000 ungroup_boton_2 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_boton_50000 ungroup_boton_3 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_boton_50000 ungroup_boton_4 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble

lote_boton_50000 ungroup_boton_1 UNGROUP 1 boton boton_e_1 FIRST 1
boton ungroup_boton_1 boton_e_1 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

lote_boton_50000 ungroup_boton_2 UNGROUP 1 boton boton_e_2 FIRST 1
boton ungroup_boton_2 boton_e_2 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

lote_boton_50000 ungroup_boton_3 UNGROUP 1 boton boton_e_3 FIRST 1
boton ungroup_boton_3 boton_e_3 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

lote_boton_50000 ungroup_boton_4 UNGROUP 1 boton boton_e_4 FIRST 1
boton ungroup_boton_4 boton_e_4 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

```

2 . PROGRAMACIÓN DEL MODELO DE LA SITUACIÓN FUTURA

```

*****
*                                     Processing                                     *
*****

```

| | | Process | | | Routing | | |
|----------------|-----------------|--|-----|----------------|--------------|------------|---|
| Entity | Location | Operation | Blk | Output | Destination | Rule | Move Logic |
| barril | iny_barril_uno | CTBA1=clock< | 1 | barril | BANDA1 | FIRST 1 | |
| barril | BANDA1 | | 1 | barril | BANDA2 | FIRST 1 | |
| barril | iny_barril_dos | CTBA2=clock< | 1 | barril | BANDA2 | FIRST 1 | |
| barril | BANDA2 | | 1 | barril | BANDA3 | FIRST 1 | |
| barril | iny_barril_tres | CTBA3=clock< | 1 | barril | BANDA3 | FIRST 1 | |
| barril | BANDA3 | | 1 | barril | barril_e_1 | 0.250000 1 | |
| barril | barril_e_1 | | 1 | barril | BANDA4 | 0.750000 | |
| | | | | | e_uno | FIRST 1 | log "tiempobarril", CTBA1 log "tiempobarril", CTBA2 log "tiempobarril", CTBA3 |
| barril | e_uno | JOIN 1 tapa JOIN 1 boton CREATE 1 AS BOLIGRAFO | | | | | |
| BOLIGRAFO | e_uno | WAIT 50 SEC | 1 | barril | EXIT | FIRST 1 | |
| BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_1 | GROUP 15 AS CAJA_BOLIGRAFO | 1 | BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_1 | FIRST 1 | |
| CAJA_BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_1 | GET operarios_ensamble | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_1 | FIRST 1 | MOUE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_1 | inc produccion | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | BPT | FIRST 1 | |
| CAJA_BOLIGRAFO | BPT | | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | EXIT | FIRST 1 | |
| barril | BANDA4 | | 1 | barril | barril_e_2 | 0.330000 1 | |
| barril | barril_e_2 | | 1 | barril | BANDA5 | 0.670000 | |
| | | | | | e_dos | FIRST 1 | log "tiempobarril", CTBA1 log "tiempobarril", CTBA2 log "tiempobarril", CTBA3 |
| barril | e_dos | JOIN 1 tapa JOIN 1 boton CREATE 1 AS BOLIGRAFO | | | | | |
| BOLIGRAFO | e_dos | WAIT 48 SEC | 1 | barril | EXIT | FIRST 1 | |
| BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_2 | GROUP 15 AS CAJA_BOLIGRAFO | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_2 | FIRST 1 | |
| CAJA_BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_2 | GET operarios_ensamble | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_1 | FIRST 1 | MOUE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| barril | BANDA5 | | 1 | barril | barril_e_3 | 0.500000 1 | |
| barril | barril_e_3 | | 1 | barril | BANDA6 | 0.500000 | |
| | | | | | e_tres | FIRST 1 | log "tiempobarril", CTBA1 log "tiempobarril", CTBA2 log "tiempobarril", CTBA3 |
| barril | e_tres | JOIN 1 tapa JOIN 1 boton CREATE 1 AS BOLIGRAFO | | | | | |
| BOLIGRAFO | e_tres | WAIT 49 SEC | 1 | barril | EXIT | FIRST 1 | |
| BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_3 | GROUP 15 AS CAJA_BOLIGRAFO | 1 | BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_3 | FIRST 1 | |
| CAJA_BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_3 | GET operarios_ensamble | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_2 | FIRST 1 | MOUE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_2 | inc produccion | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | BPT | FIRST 1 | |
| barril | BANDA6 | | 1 | barril | barril_e_4 | FIRST 1 | |
| barril | barril_e_4 | | 1 | barril | e_cuatro | FIRST 1 | log "tiempobarril", CTBA1 log "tiempobarril", CTBA2 log "tiempobarril", CTBA3 |
| barril | e_cuatro | JOIN 1 tapa JOIN 1 boton CREATE 1 AS BOLIGRAFO | | | | | |
| BOLIGRAFO | e_cuatro | WAIT 51 SEC | 1 | barril | EXIT | FIRST 1 | |
| BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_4 | GROUP 15 AS CAJA_BOLIGRAFO | 1 | BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_4 | FIRST 1 | |
| CAJA_BOLIGRAFO | AGRU_CAJAS_4 | GET operarios_ensamble | 1 | CAJA_BOLIGRAFO | ESPERA_2 | FIRST 1 | MOUE WITH operarios_ensamble FREE operarios_ensamble |
| tapa | iny_tapas_uno | CTTA1=clock< | 1 | tapa | agruptapa1 | FIRST 1 | |
| tapa | agruptapa1 | INC Y4.1 WAIT UNTIL Y4=2000 GROUP Y4 AS lote_tapas | | | | | |

```

lote_tapas Agruptapa1 Y4=0
get operarios_inyeccion 1 lote_tapas pallet_tapas_ensamble FIRST 1 move with operarios_inyeccion
free operarios_inyeccion

lote_tapas pallet_tapas_ensamble UNGROUP
tapa pallet_tapas_ensamble INC Z5.1 1 tapa pallet_ensamble FIRST 1
tapa pallet_ensamble WAIT UNTIL Z5= 100
GROUP Z5 AS lote_tapa_10000

lote_tapa_10000 pallet_ensamble Z5=0
GET operarios_ensamble 1 lote_tapa_10000 ungroup_tapas_1 TURN 1 MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_tapa_10000 ungroup_tapas_2 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_tapa_10000 ungroup_tapas_3 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_tapa_10000 ungroup_tapas_4 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_1 UNGROUP
tapa ungroup_tapas_1 1 tapa tapa_e_1 FIRST 1
tapa tapa_e_1 1 JOIN 1 log "tiempobarrili", CTTA1
log "tiempobarrili", CTTA2

tapa iny_tapas_dos CTTA2=clock<
tapa Agruptapa2 INC X4.1 1 tapa Agruptapa2 FIRST 1
WAIT UNTIL X4= 2000
BEGIN
GROUP X4 AS lote_tapas
END

lote_tapas Agruptapa2 X4=0
get operarios_inyeccion 1 lote_tapas pallet_tapas_ensamble FIRST 1 move with operarios_inyeccion
free operarios_inyeccion

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_2 UNGROUP
tapa ungroup_tapas_2 1 tapa tapa_e_2 FIRST 1
tapa tapa_e_2 1 JOIN 1 log "tiempobarrili", CTTA1
log "tiempobarrili", CTTA2

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_3 UNGROUP
tapa ungroup_tapas_3 1 tapa tapa_e_3 FIRST 1
tapa tapa_e_3 1 JOIN 1 log "tiempobarrili", CTTA1
log "tiempobarrili", CTTA2

lote_tapa_10000 ungroup_tapas_4 UNGROUP
tapa ungroup_tapas_4 1 tapa tapa_e_4 FIRST 1
tapa tapa_e_4 1 JOIN 1 log "tiempoTAPA", CTTA1
log "tiempoTAPA", CTTA2

boton iny_boton CTB0=clock<
boton Agrupboton INC Y5.1 1 boton Agrupboton FIRST 1
WAIT UNTIL Y5= 4500
GROUP Y5 AS lote_boton

lote_boton Agrupboton Y5=0
get operarios_inyeccion 1 lote_boton pallet_boton_ensamble FIRST 1 move with operarios_inyeccion
free operarios_inyeccion

lote_boton pallet_boton_ensamble UNGROUP
boton pallet_boton_ensamble 1 boton pallet_ensamble_dos FIRST 1
pallet_ensamble_dos INC X5.1
WAIT UNTIL X5= 5000

GROUP X5 AS lote_boton_50000

lote_boton_50000 pallet_ensamble_dos X5=0
GET operarios_ensamble 1 lote_boton_50000 ungroup_boton_1 TURN 1 MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_boton_50000 ungroup_boton_2 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_boton_50000 ungroup_boton_3 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble
lote_boton_50000 ungroup_boton_4 TURN MOUE WITH operarios_ensamble
FREE operarios_ensamble

lote_boton_50000 ungroup_boton_1 UNGROUP
boton ungroup_boton_1 1 boton boton_e_1 FIRST 1
boton boton_e_1 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

lote_boton_50000 ungroup_boton_2 UNGROUP
boton ungroup_boton_2 1 boton boton_e_2 FIRST 1
boton boton_e_2 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

lote_boton_50000 ungroup_boton_3 UNGROUP
boton ungroup_boton_3 1 boton boton_e_3 FIRST 1
boton boton_e_3 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

lote_boton_50000 ungroup_boton_4 UNGROUP
boton ungroup_boton_4 1 boton boton_e_4 FIRST 1
boton boton_e_4 1 JOIN 1 log "tiempoBOTON", CTB0

```

2. FLUJO DE CAJA

| FLUJO DE CAJA | | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Inicial | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| A. Inversión Inicial | | | | | | |
| Cambio de maquinarias y tuberías | 3.000,00 | | | | | |
| Ampliación de la Bodega | 2.500,00 | | | | | |
| Separación del Área de Ensamble | 1.500,00 | | | | | |
| Reubicación de la Ventana de Serigrafía | 200,00 | | | | | |
| Implementación de banda transportadora | 17.000,00 | | | | | |
| Inversión Total | 24.200,00 | | | | | |
| B. Ingresos | | | | | | |
| Ingresos operativos | | 20.358,89 | 21.275,04 | 22.232,42 | 23.232,88 | 24.278,36 |
| Ingreso por venta de Tolvas | | 450,00 | | | | |
| Total Ingresos | | 20.808,89 | 21.275,04 | 22.232,42 | 23.232,88 | 24.278,36 |
| C. Egresos | | | | | | |
| Egresos Operativos | | 2.100,00 | 2.100,00 | 2.100,00 | 2.100,00 | 2.100,00 |
| D. Flujo de Fondos Operativos durante el proyecto (B - C) | | | | | | |
| | | 18.708,89 | 19.175,04 | 20.132,42 | 21.132,88 | 22.178,36 |
| E. Egresos no Operacionales | | | | | | |
| Aportes al Capital | | | | | | |
| F. Egresos no Operacionales | | | | | | |
| Pago de Utilidades a empleados (15%) | | 2.806,33 | 2.876,26 | 3.019,86 | 3.169,93 | 3.326,75 |
| Pago impuesto a la renta (25%) | | 4.677,22 | 4.793,76 | 5.033,10 | 5.283,22 | 5.544,59 |
| Inversiones | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total Egresos no Operacionales | | 7.483,56 | 7.670,02 | 8.052,97 | 8.453,15 | 8.871,34 |
| G. Flujo de Fondos No Operativos durante el proyecto (E - F) | | | | | | |
| | | -7.483,56 | -7.670,02 | -8.052,97 | -8.453,15 | -8.871,34 |
| H. Flujo Neto Generado (D + G) | | | | | | |
| | -24.200,00 | 11.225,33 | 11.505,02 | 12.079,45 | 12.679,73 | 13.307,01 |
| <i>Flujo Acumulado</i> | -24.200,00 | -12.974,67 | -1.469,64 | 10.609,81 | 23.289,53 | 36.596,55 |
| <i>Flujo Descotado</i> | -24.200,00 | 8.873,78 | 7.189,63 | 5.967,27 | 4.951,62 | 5.196,59 |
| VAN | | 7.978,89 | | | | |
| TIR | | 40% | | | | |
| PAY BACK | | 2 | | | | |
| TMAR | | 26,5% | | | | |

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias Lourdes “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, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007).
2. ProModel, User Guide Version 7, 2006.
3. Konz, Stephan. Diseño de Instalaciones Industriales, Editorial Limusa.
1991