

**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA
LÍNEA DE COLCHONES ECO LINE 100X190X15, EN LA EMPRESA
ESPUMAS MEDELLÍN S.A.**

SANTIAGO GALVIS TORO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN

INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2017

**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA
LÍNEA DE COLCHONES ECO LINE 100X190X15, EN LA EMPRESA
ESPUMAS MEDELLÍN S.A.**

SANTIAGO GALVIS TORO

Trabajo presentado y dirigido para obtener el título de Ingeniero Industrial

Asesor

CARLOS ENRIQUE VILLEGAS LÓPEZ

Ingeniero en Productividad y Calidad

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN

INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2017

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1 ESPUMAS MEDELLÍN S.A.	11
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	11
1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	12
1.3 FUNCIONES ASIGNADAS	13
2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
3 JUSTIFICACIÓN	16
4 OBJETIVOS	18
4.1 OBJETIVO GENERAL	18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5 REFERENTES TEÓRICOS	19
5.1 HORAS EXTRA	19
5.2 COSTO	20
5.3 TIEMPO DE PRODUCCIÓN	22
5.4 EFICACIA	23
5.5 EFICIENCIA	23
5.6 PRODUCTIVIDAD	24
5.7 SIMULACIÓN	24

5.8	EXCEL	25
5.9	PROMODEL	26
6	RESULTADOS	28
6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	28
6.2	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ACTUAL	28
6.3	PROPUESTA DE MEJORA	36
6.4	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN PROPUESTO	37
6.5	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN AMBAS SIMULACIONES	43
7	CONCLUSIONES	46
8	RECOMENDACIONES	47
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	ANEXOS	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores de los estados de simulación por área de proceso (actual).	33
Tabla 2. Valores de los estados de simulación por recurso (actual).	35
Tabla 3. Valores de los estados de simulación por área de proceso (propuesto)..	41
Tabla 4. Valores de los estados de simulación por recurso (propuesto).....	42
Tabla 5. Comparación de los resultados de mayor relevancia obtenidos en ambas simulaciones.	44

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Esquema de simulación del proceso de fabricación actual en ProModel.....	29
Ilustración 2. Ejecución de la simulación del proceso de fabricación actual en ProModel.....	30
Ilustración 3. Esquema de simulación del proceso de fabricación propuesto en ProModel.....	37
Ilustración 4. Ejecución de la simulación del proceso de fabricación propuesto en ProModel.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Porcentajes de los estados de simulación del producto (actual).	31
Gráfico 2. Porcentajes de los estados de simulación por área de proceso (actual).	32
Gráfico 3. Porcentajes de los estados de simulación por recurso (actual).....	34
Gráfico 4. Porcentajes de los estados de simulación del producto (propeusto).....	39
Gráfico 5. Porcentajes de los estados de simulación por área de proceso (propeusto).....	40
Gráfico 6. Porcentajes de los estados de simulación por recurso (propuesto).	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Programación de la simulación del proceso de fabricación actual en ProModel.....	49
Anexo B. Programación de la simulación del proceso de fabricación propuesto en ProModel.....	50

RESUMEN

La empresa Espumas Medellín S.A., tiene como objeto la fabricación de una diversa línea de productos a base de espuma flexible de poliuretano; dentro de los que se encuentra el colchón Eco Line 100x190x15, fabricado específicamente en el área de Confeccionado de la organización. Dentro de su proceso de fabricación, ha sido identificado un cuello de botella en la sección de empaque del producto, donde se acumulan las unidades cerradas en espera a ser empacadas y, al final de cada turno, queda una cantidad significativa de unidades sin empacar y, por ende, facturar.

Es por ello, que se plantea la implementación de una nueva mesa de empaque, la cual elimine dicha restricción y aumente la cantidad de unidades empacadas al final de cada turno; impactando así, en las finanzas de la compañía de forma positiva. Esta propuesta de mejora, fue simulada en el software ProModel, donde se demuestra su gran utilidad y los beneficios que le traería, tanto al proceso de fabricación como a la empresa, desde diversos aspectos.

Palabras Clave: colchón, cuello de botella (restricción), facturación, empackado, simulación.

ABSTRACT

The Espumas Medellín S.A. Company has as its object the manufacture of a product line based on flexible polyurethane foam; within which it is found the mattress Eco Line 100x190x15, specifically made in the Confeccionado area of the organization. Within its manufacturing process, a bottleneck has been identified in the packaging section of the product, where the closed units accumulate waiting to be packed and, at the end of each shift, a significant number of units remain unpacked and, therefore, invoicing.

It is for this reason that the implementation of a new packing table is proposed, which eliminates this restriction and increases the number of units packed at the end of each shift; thus impacting on the company's finances in a positive way. This improvement proposal was simulated in the software ProModel, which demonstrates its great utility and the benefits that would bring both the manufacturing process and the company, from various aspects.

Key Words: mattress, bottleneck (restriction), invoicing, packed, simulation.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación, hace alusión al tema de la simulación, específicamente aplicada en procesos productivos, donde se pretende llevar a cabo la implementación de una nueva propuesta, ya sea mediante la modificación de un método específico o la implementación de nuevos equipos y/o personas; con el fin de mejorar la productividad del proceso en cuestión. Esto, sin necesidad de hacerlo en un entorno real, sino en uno que posea las mismas características y estas puedan ser modificadas en cualquier momento, es decir, en uno ficticio lo más cercano a la realidad posible.

Los modelos de simulación presentados en el desarrollo de este proyecto, pretenden evidenciar la problemática presente en el proceso de fabricación de la línea de colchones Eco Line 100x190x15 de la empresa Espumas Medellín S.A. y, con base en los resultados obtenidos, diseñar una propuesta de mejora que permita eliminar dicha problemática. Esta propuesta, será igualmente simulada, con el propósito de presentar la evidencia que demuestre la gran utilidad que tendría su implementación en el entorno real.

El desarrollo de esta alternativa de mejora para dicho proceso de fabricación, es realizado con base en los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, así como en otros aquellos adquiridos durante la experiencia laboral conseguida en esta compañía, además de la información consultada en diferentes medios, como la internet y otros diversos libros; igualmente, teniendo en cuenta el apoyo de personas relacionadas con la temática tratada en el proyecto.

1 ESPUMAS MEDELLÍN S.A.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Espumas Medellín S.A., es una organización constituida como sociedad anónima; la cual, cuenta con un grupo humano de más de 400 colaboradores altamente calificados para brindar siempre la mejor calidad y rendimiento en cada una de las áreas de trabajo que la conforman. Según la clasificación empresarial colombiana, esta organización es de tamaño grande, puesto que posee más de 200 empleados. A continuación, se describen la historia, misión y visión de esta compañía:

- **Historia:** creada por el doctor Justo Pastor Guarín Gómez, hace más de 40 años, Espumas Medellín S.A. comenzó su vida en un local situado en la avenida Oriental de la ciudad de Medellín, en el año 1975. Luego de varios años, la gran visión por los negocios de su creador, la llevó a ubicarse en un espacio estratégico en la autopista sur del municipio de Itagüí, allí se desplegó todo su posicionamiento y se dio a conocer con mayor fuerza.

Con el crecimiento de la compañía, aumentaron las necesidades de atender mejor el mercado y, en el año 2013, fue inaugurada la planta de producción ubicada en el municipio de La Estrella, que cuenta con 18.000 metros cuadrados y la más moderna infraestructura y maquinaria para la producción de espuma flexible de poliuretano; garantizando así, la calidad de sus productos. Es por esto, que Espumas Medellín S.A. cuenta con el Certificado Internacional Sensaflex, que valida todas las características y cualidades que debe tener una espuma de la más alta calidad.

Confianza, credibilidad y calidad, son los principios que rigen el trabajo de esta compañía, que es todo un ejemplo de liderazgo y de buenos valores, tales como: honestidad, transparencia y solidaridad, los cuales se ven reflejados en el éxito empresarial.

Un trabajo constante de más de 40 años, ha permitido transformar un pequeño negocio en un conglomerado empresarial, conformado por 4 fábricas que suman 150.000 metros cuadrados: Espumas Medellín S.A. (La Estrella), Espumas del Valle S.A. (Cali), Espumados del Litoral S.A. (Barranquilla) y Espumados S.A. (Bogotá). Convirtiéndose así, en líderes indiscutibles en el país en el segmento empresarial de espuma flexible de poliuretano, muebles y colchones. Actualmente, Espumas Medellín S.A. cuenta con la máquina de producción de espuma flexible de poliuretano de alta presión más moderna de Latinoamérica.

- **Misión:** Espumas Medellín S.A., es la industria líder en producción y comercialización de espuma flexible de poliuretano, que satisface las necesidades y expectativas de nuestros clientes, utilizando tecnología de punta y la mejor calidad en materias primas. Gracias a la excelente relación con nuestros proveedores y a la gestión del talento humano, generamos bienestar a nuestros empleados y utilidades a los accionistas de la organización.
- **Visión:** actitud de cambio, liderazgo, sentido de pertenencia, talento humano apasionado, tecnología avanzada, excelencia en los productos y una infraestructura nueva, nos hacen estar listos para ser en el 2020, líderes en la producción, comercialización de espuma de poliuretano y diseño de productos para la satisfacción integral de nuestros clientes.

La compañía, además de producir espuma flexible de poliuretano, tiene como objeto la fabricación de muebles, colchones, colchonetas, almohadas y cojines. Por tal motivo, la conforman las siguientes áreas: oficinas administrativas, donde se encuentran las oficinas de talento humano, seguridad y salud ocupacional, costos, compras, sistemas, secretaría, nómina, gerencia general y presidencia, así como una pequeña sala de ventas; producción, donde se encuentran el área de confeccionado (fabricación de colchones), el área de muebles, de espuma, de corte y de cassata; y despachos, donde se encuentran el área de facturación, servicio al cliente, gerencia administrativa y las góndolas para realizar el proceso de carga y despacho de vehículos.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El área de Confeccionado, tiene como función la fabricación de los colchones, colchonetas, almohadas y cojines ofrecidos por la compañía. Está conformada por un supervisor, un notificador y entre cuarenta y cincuenta colaboradores. Se encuentra dividida en las siguientes subáreas o zonas: acolchado, donde se encuentran las máquinas acolchadoras; confección, donde están las máquinas planas y fileteadoras, así como la mesa de corte y se fabrican los diferentes forros; pegado, donde se pegan las láminas de espuma; vestido, donde se pone el forro a la espuma; cerrado, donde es unido el forro con su tapa; y empaque, donde los productos son empacados en diferentes clases de materiales, conforme su tipo.

1.3 FUNCIONES ASIGNADAS

El cargo desempeñado en el área de Confeccionado de la compañía, tiene el nombre de Notificador, que corresponde a aquella persona encargada de ingresar al sistema SAP los productos fabricados en el área, tanto semielaborados como producto terminado, en otras palabras, notificar. Adicionalmente, dentro de este cargo, fueron llevadas a cabo las siguientes funciones:

- Control de inventarios de materia prima e insumos del área.
- Registro de tiempo extra de los colaboradores del área.
- Manejo ocasional de personal.
- Generación de informes diarios para el área de Gerencia Administrativa.
- Apoyo en proyectos de mejora relacionados con el área de Confeccionado y encabezados por el Supervisor y/o Jefe de Planta; tales como: implementación de nueva maquinaria, diseño de nuevos productos, modificación de materias primas e insumos, mejora de métodos de trabajo, implementación de nuevas herramientas en los diversos puestos de trabajo, entre otros.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el área de Confeccionado de la compañía Espumas Medellín S.A., específicamente en el momento de fabricar la línea de colchones Eco Line, de medida 100x190x15, se produce un significativo cuello de botella entre la zona de cerrado y la de empaque, en las estibas empleadas para poner los colchones cerrados; puesto que allí se acumulan decenas de unidades de este producto, lo que en ocasiones genera un paro obligado en las máquinas de cerrado, esto en espera de que el área de empaque evacúe parte de las unidades que se encuentran represadas.

Asimismo, parte de los colaboradores que se encuentran realizando otros procesos en diversas zonas del área, deben acudir a ayudar en el proceso de empaque, donde antes de empacarlo debe ser pulido. Todo lo anterior, repercute significativamente en el aumento del tiempo total de fabricación del producto, así como en los costos de mano de obra directa, también en la generación de paros (tiempo muerto) en el proceso de cerrado, el retraso en la fabricación de los demás productos, la demora en el proceso de notificación y de facturación, lo que a su vez retrasa el proceso de despacho y entrega; y, en general, repercute en el descontrol del área (la falta de orden).

En consecuencia, es evidente la necesidad de mejora existente en la zona de empaque, ya sea a través de la adquisición e implementación de herramientas tecnológicas, como máquinas, o por medio del rediseño del procedimiento empleado para llevar a cabo este proceso. No obstante, durante el tiempo que se ha presentado dicha problemática, la compañía, específicamente el supervisor del área de Confeccionado en conjunto con el jefe de planta, han decidido tomar varias medidas en pro de contrarrestar los efectos adversos descritos anteriormente, tales como:

- **Horas extra:** los días de mayor fabricación de la línea de colchones Eco Line 100x190x15, se ha tomado la decisión de pagar horas extra a los operarios del área, con el propósito de cumplir la meta de producción. La cantidad de horas, por lo general ha sido entre dos y tres. En otras ocasiones, se ha pagado tiempo extra sólo a los operarios encargados de las labores de pulido y empaque, y así terminar el proceso de las unidades que se encuentran represadas.
- **Operarios externos:** cuando las demás áreas de la empresa presentan niveles bajos de producción, disponen de algunos de sus operarios empleados en oficios varios para que ayuden en el proceso de pulido y

empaques de los colchones. Allí se les enseña cómo hacerlo y se les asigna la actividad durante el tiempo que no sean requeridos en su área de labor.

- **Colaboración por parte de los cerradores:** en vista del cuello de botella presente, los cerradores (proceso que antecede el empaque), luego de terminar su proceso de cerrar el colchón, proceden a pulirlo, esto con el propósito de que los empacadores no deban revisarlo, sino simplemente empacarlo.
- **Nuevas actividades:** cuando es requerido realizar algunas tareas diferentes a la fabricación de los colchones, mientras los empacadores terminan de realizar su proceso, los colaboradores de las demás áreas emplean su tiempo en preparar los artículos del área para su inventario, revisar los equipos que emplean en su labor diaria, limpiar su área de trabajo, entre otras tareas.

Sin embargo, a pesar de estas medidas, no se ha dado una solución óptima que ponga fin a la problemática presente, puesto que todas las medidas descritas brindan apoyo al problema, lo resuelven sólo por ese momento, pero ninguna lo erradica por completo; además, estas medidas no pueden ser implementadas constantemente, ya que cada una depende de variables externas al problema y no pueden ser vistas como una solución definitiva.

3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la competencia entre las empresas manufactureras ha incrementado significativamente, debido tanto a los avances tecnológicos, como al aumento de las compañías dedicadas a producir el mismo tipo de producto. Por tal motivo, el tiempo de entrega al cliente y la disposición del producto, se han convertido en factores sumamente importantes que, junto a la calidad y al precio (costo/beneficio), determinan gran parte de las características que atraen a los clientes y hacen que estos elijan la compañía sobre otras.

Por esta razón, la reducción en los tiempos de fabricación y en los costos asociados al producto, representan un factor clave para la obtención de un proceso que permita ofrecer en el momento indicado y al precio justo, bienes y servicios que satisfagan por completo las necesidades de los clientes y consumidores. Con base en esto, la solución de la problemática descrita anteriormente, traería consigo diversos beneficios en diferentes aspectos, tales como:

- **Costo:** reducción de los costos de tiempos muertos, así como de los costos de mano de obra directa.
- **Tiempo:** minimización de los tiempos en el proceso de empaque, lo que a su vez eliminaría el cuello de botella y aumentaría el flujo de información en los procesos siguientes: notificación y facturación.
- **Espacio:** disminución del espacio empleado para ubicar el producto en proceso, en este caso, de las estibas dispuestas entre la zona de cerrado y la zona de empaque.

Estos beneficios, harían que el área de Confeccionado mejorase su productividad, así como la información transmitida al área de facturación, puesto que el volumen y el flujo de esta aumentarían, permitiendo agilizar el proceso de despacho de los productos facturados. Por lo tanto, el cliente podría disponer de sus productos antes de lo que anteriormente sucedía. Además, los productos de otras líneas que se encuentran programados luego de este proceso de fabricación, no serían retrasados por causa de los tiempos muertos generados por el cuello de botella.

Por otra parte, el llevar a cabo el desarrollo de la propuesta de mejora para el problema presente en la empresa, además de brindar los beneficios descritos anteriormente en el área de Confeccionado, aportaría a los estudiantes de los

programas Tecnología en Producción Industrial e Ingeniería Industrial de la institución, conocimientos sobre la aplicación de estrategias en pro de la solución de problemas productivos presentes en un caso de estudio sobre una compañía perteneciente al departamento de Antioquia, situación que sirve de ejemplificación y/o punto de partida para explicar a los estudiantes diversas teorías y demostrar la utilidad de softwares de simulación como ProModel, empleados en la demostración de propuestas de mejora.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de mejora a través del software ProModel, que permita eliminar el cuello de botella presente en el proceso de fabricación de la línea de colchones Eco Line 100x190x15, perteneciente a la empresa Espumas Medellín S.A.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información del proceso de fabricación de dicha línea de colchones.
- Simular en el software ProModel la etapa del proceso de fabricación actual de la línea de colchones Eco Line 100x190x15, donde se presenta el cuello de botella.
- Analizar los resultados obtenidos con esta simulación.
- Describir la propuesta de mejora.
- Simular en el software ProModel la propuesta de mejora aplicada a la etapa de fabricación mencionada anteriormente.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Comparar las estadísticas de ambas simulaciones.

5 REFERENTES TEÓRICOS

De acuerdo a la información presentada anteriormente, se tratan las siguientes teorías en función de la problemática descrita y las medidas que han sido tomadas durante este tiempo con el propósito de darle solución.

5.1 HORAS EXTRA

Uno de los conceptos mayormente empleados en el mundo laboral colombiano, es el que tiene que ver con el tratamiento dado al trabajo suplementario (Horas Extra), y a los recargos cuyo origen corresponde a labores ejecutadas en los horarios considerados como de descanso obligatorio. Son muchas las variables que intervienen en el cálculo del tiempo extra generado por los empleados de una compañía, lo que a menudo genera confusión entre ellos (Galeon.com Hispavista, 2017).

Por tal razón, es primordial conocer que se denomina horas extra o trabajo suplementario, al período de tiempo que excede el máximo legal de ocho (8) horas diarias con conocimiento del empleador. Según la leyes laborales colombianas, la jornada máxima es de ocho (8) horas durante el día, por lo que si se ejecutan labores por fuera de la jornada ordinaria de trabajo o se llevan a cabo en días domingos o festivos, el empleador deberá pagar un recargo de acuerdo a la modalidad de las horas extra o el recargo causado según el Código Sustantivo del Trabajo (Galeon.com Hispavista, 2017).

Asimismo, según la legislación colombiana, las horas extra tienen un tope de dos (2) horas por día o doce (12) horas por semana; las cuales, pueden darse como una combinación de diferentes tipos (Galeon.com Hispavista, 2017), tales como:

- **Diurnas:** según lo expresa el Código Sustantivo del Trabajo en el artículo 160, numeral 1, son aquellas que se generan cuando un empleado presta sus servicios a una empresa durante la jornada diurna, habiendo ya cumplido con la jornada ordinaria establecida para un día hábil u ordinario. En otras palabras, las horas extra diurnas son aquellas adicionales a la jornada ordinaria de un empleado, siempre y cuando estas sean generadas entre las 6:00 am y las 10:00 pm de un día diferente a domingo o festivo. Según dicho Código, en el artículo 168 numeral 2, se expresa que el trabajo extra diurno se remunera con un recargo del veinticinco por ciento (25%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno.

- **Nocturnas:** según lo expresa el Código Sustantivo del Trabajo en el artículo 160, numeral 2, son aquellas que se generan cuando un empleado presta sus servicios a una empresa durante la jornada nocturna, habiendo ya cumplido con la jornada ordinaria establecida para un día hábil u ordinario. En otras palabras, las horas extra nocturnas son aquellas adicionales a la jornada ordinaria de un empleado, siempre y cuando estas sean generadas entre las 10:00 pm y las 6:00 am del día siguiente y si el día en que se dan no es domingo o festivo. Según dicho Código, en el artículo 168 numeral 3, se expresa que el trabajo extra nocturno se remunera con un recargo del setenta y cinco por ciento (75%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno.

Al igual que en los días hábiles u ordinarios (lunes a sábado sin festivos), en los cuales se da el trabajo suplementario (horas extra diurnas y nocturnas), en los días domingos y festivos ocurre lo mismo si el empleado ha cumplido con la jornada establecida y por diversas razones, es necesario extender esta jornada (Galeon.com Hispavista, 2017). Este tipo de horas extra, se clasifica a su vez en:

- **Dominicales o festivas diurnas:** según lo expresa el Código Sustantivo del Trabajo, son definidas igual que las horas extra diurnas. No obstante, la diferencia se encuentra en el momento de calcular el recargo correspondiente, que sería del veinticinco por ciento (25%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno más un recargo del setenta y cinco por ciento (75%) sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas, esto según el artículo 179 numeral 1 del CST.
- **Dominicales o festivas nocturnas:** según lo expresa el Código Sustantivo del Trabajo, son definidas igual que las horas extra nocturnas. No obstante, la diferencia se encuentra en el momento de calcular el recargo correspondiente, que sería del setenta y cinco por ciento (75%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno más un recargo del setenta y cinco por ciento (75%) sobre el salario ordinario en proporción a las horas laboradas, esto según el artículo 179 numeral 1 del CST.

5.2 COSTO

Este término, también conocido como coste, corresponde al gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio (Concepto.de, 2015). En otras palabras, es el valor de los recursos económicos utilizados para su producción. Por otra parte, para efectos contables, y especialmente para la clasificación funcional de los costos, es conveniente

distinguir, de manera convencional, entre lo que es un costo y lo que constituye un gasto (contabilidad.com.py, 2006).

Según la Contabilidad de Costos, la principal diferencia entre estos conceptos, radica en que el costo se incorpora al valor del producto durante el proceso de fabricación y se va transfiriendo al Activo a medida que los productos se van procesando; el gasto en cambio, no se incorpora al valor del producto, sino que afecta directamente el Resultado del periodo y se registra en el Estado de Pérdidas y Ganancias o Estado de Resultados, sin pasar por el Activo (contabilidad.com.py, 2006).

De igual forma, los autores Barfield, Raiborn y Kinney, señalan que para comunicar información de manera efectiva a otras personas, se debe entender con toda claridad las diferencias que existen entre los distintos tipos de costos, sus cálculos y su uso (Thompson, 2008). Por tal motivo, a continuación se presentan los tipos de costo de acuerdo con la función en la que se incurre:

- **Costos de producción:** estos tipos de costos, son los que se generan en el proceso de transformación de las materias primas en productos elaborados. Se subdividen en:
 - **Costo de materia prima:** corresponde al costo de materiales integrados al producto (Ramírez D, citado por Thompson, 2008). O sea, los que deriven de cualquier parte de un producto que sea fácilmente identificable (Barfield J, Raiborn C, y Kinney M, citado por Thomson 2008).
 - **Costo de mano de obra:** aquel que interviene directamente en la transformación del producto (Ramírez D, citado por Thompson, 2008). O sea, los que deriven del tiempo que intervienen los individuos que trabajan de manera específica en la fabricación de un producto o en la prestación de un servicio (Barfield J, Raiborn C, y Kinney M, citado por Thomson 2008).
 - **Gastos indirectos de fabricación:** son cualquier costo de fábrica o de producción que es indirecto para un producto o servicio y, en consecuencia, no incluye materia prima directa y mano de obra directa es un costo indirecto (Barfield J, Raiborn C, y Kinney M, citado por Thomson 2008).
- **Costos de distribución o venta:** aquellos en que incurre el área encargada de llevar los productos terminados, desde la empresa hasta el

consumidor (García J, McGraw-Hill, citado por Thompson, 2008). También, pueden ser vistos como aquellos originados por la promoción y venta de un producto o servicio (Polimeni R, Fabozzi F y Adelberg A, McGraw-Hill, citado por Thompson, 2008).

- **Costos de administración:** aquellos que se originan en el área administrativa, en otras palabras, los relacionados con la dirección y manejo de las operaciones generales de la empresa (García J, McGraw-Hill, citado por Thompson, 2008). Esta clasificación, tiene por objeto agrupar los costos por funciones, lo cual facilita cualquier análisis que se pretenda realizar de ellas (Ramírez D, citado por Thompson, 2008).
- **Costos financieros:** aquellos originados por la obtención de recursos ajenos que la empresa necesita para su desenvolvimiento (García J, McGraw-Hill, citado por Thompson, 2008). Incluyen el costo de los intereses que la compañía debe pagar por los préstamos, así como el costo de otorgar crédito a los clientes (Polimeni R, Fabozzi F y Adelberg A, McGraw-Hill, citado por Thompson, 2008).

5.3 TIEMPO DE PRODUCCIÓN

Este concepto, en administración de operaciones, corresponde al tiempo necesario para realizar una o varias operaciones, efectuadas con el propósito de obtener un bien o producto terminado. Está compuesto por los tiempos de: espera, preparación, operación y transferencia (GestioPolis.com Experto, 2003). A continuación, se explica cada uno de esto:

- **Tiempo de espera:** aquel en el que está el producto hasta que comienza la operación.
- **Tiempo de preparación:** tiempo que se necesita para disponer adecuadamente los recursos que van a efectuar la operación.
- **Tiempo de operación:** aquel empleado por los recursos en efectuar la operación
- **Tiempo de transferencia:** tiempo necesario para transportar una cantidad de producto que ya ha sido sometido a una operación a otra nueva.

Sin embargo, es posible encontrar otros tipos de tiempo en la realización de una actividad, como el de demora y el muerto, atribuibles a problemas de producción.

5.4 EFICACIA

En las organizaciones, se habla de eficacia una vez que se han alcanzado los objetivos propuestos. Sin embargo, existe gran variedad de definiciones expuestas por diversos autores, por ejemplo, según Idalberto Chiavenato, la eficacia “es una medida del logro de resultados”. Por otra parte, para Koontz y Weihrich, la eficacia es “el cumplimiento de objetivos”. Asimismo, según Robbins y Coulter, eficacia se define como “hacer las cosas correctas”, es decir; las actividades de trabajo con las que la organización alcanza sus objetivos (Tacoma Carbajal, 2014).

Igualmente, para Reinaldo O. Da Silva, la eficacia “está relacionada con el logro de los objetivos/resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado”. También, Simón Andrade, define la eficacia de la siguiente manera: “actuación para cumplir los objetivos previstos. Es la manifestación administrativa de la eficiencia, por lo cual también se conoce como eficiencia directiva” (Tacoma Carbajal, 2014).

Finalmente, el Diccionario de la Real Academia Española brinda el siguiente significado de Eficacia: (Del lat. *efficacia*). Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera (Tacoma Carbajal, 2014). Con base en lo expuesto anteriormente y a manera de conclusión, se puede indicar que la eficacia consiste en realizar las actividades necesarias para cumplir los objetivos propuestos.

5.5 EFICIENCIA

Tanto a nivel individual como organizacional, la palabra eficiencia hace referencia a los recursos empleados y los resultados obtenidos. Por esto, corresponde a una capacidad o cualidad muy apreciada por estas, puesto que en la práctica todo lo que éstas hacen tiene como propósito alcanzar metas u objetivos, con recursos (humanos, financieros, tecnológicos, físicos, de conocimientos, entre otros) limitados y, en muchos casos, en situaciones complejas y muy competitivas (Tacoma Carbajal, 2014).

Con base en esto, diferentes autores definen este concepto según su perspectiva, por ejemplo, según Idalberto Chiavenato, eficiencia “significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados”. Por otra parte, para Koontz y Weihrich, la eficiencia es “el logro de las

metas con la menor cantidad de recursos”. Igualmente, según Robbins y Coulter, la eficiencia consiste en “obtener los mayores resultados con la mínima inversión”. Finalmente, para Reinaldo O. Da Silva, la eficiencia significa “operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada” (Tacoma Carbajal, 2014).

En conclusión, teniendo en cuenta estas definiciones, es posible decir que una empresa, organización, producto o persona es “eficiente” cuando es capaz de obtener resultados deseados mediante la óptima utilización de los recursos disponibles (Tacoma Carbajal, 2014).

5.6 PRODUCTIVIDAD

Corresponde a la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También, puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida (Tacoma Carbajal, 2014).

5.7 SIMULACIÓN

Este concepto, es definido como una representación ficticia de una situación real, la cual se experimenta mediante modelos que son abstracciones de la realidad; puesto que el conocimiento adquirido en la simulación se aplica en el mundo real. Cuanto mayor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad. Para lo cual, es fundamental tener en cuenta que la primera acción, y requisito previo a cualquier simulación, es un buen conocimiento del sistema real, lo que implica entender sus condiciones, elementos, relaciones y metas (Blanco y Fajardo, 2003).

La simulación, puede verse como un laboratorio experimental de ciertas condiciones o relaciones del sistema real, cuyo ensayo sería muy costoso o imposible de llevar a cabo en la realidad. Además, si el modelo no se comporta según lo esperado, con determinadas condiciones experimentales, existirá en todo momento la oportunidad de cambiarlas, el número de veces que sea necesario, aprendiendo así cada vez más sobre el modelo y el sistema (Blanco y Fajardo, 2003).

5.8 EXCEL

Es un programa informático conocido también como “hoja de cálculo”, el cual fue desarrollado por la empresa multinacional Microsoft y forma parte de su suite Office, dentro de la que se encuentran programas como Word y PowerPoint. Excel, se distingue de los demás programas, puesto que permite trabajar con datos numéricos, es decir, realizar cálculos, crear tablas o gráficos y analizar los datos con herramientas tan avanzadas como las tablas dinámicas (Ortíz, 2011).

Por tal motivo, es empleado también para la simulación de procesos productivos. Esto, por medio de la técnica cuantitativa llamada Monte Carlo, la cual hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos) (Faulín y Juan, 2002).

En la actualidad, es posible encontrar modelos que hacen uso de esta técnica de simulación, en áreas tales como: informática, empresarial, económica, industrial e incluso, social. En otras palabras, la simulación de Monte Carlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental. Precisamente, su nombre proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y donde el azar, la probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida (Faulín y Juan, 2002).

Dicha técnica, tiene como clave el crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en (1) generar, con ayuda del ordenador, muestras aleatorias (valores concretos) para estos inputs, y (2) analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir n veces este experimento, se dispondrá de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo. Cuanto mayor sea el número n de experimentos, el análisis será más preciso (Faulín y Juan, 2002).

5.9 PROMODEL

Es un software de simulación o simulador con animación para computadoras personales; el cual, permite simular cualquier tipo de sistema de manufactura, logístico, manejo de materiales, entre otros., empleando herramientas como bandas de transporte, grúas viajeras, estibas, máquinas de corte, mesas, entre muchas otras. ProModel, es un paquete de simulación que no requiere programación, aunque sí lo permite. Corre en equipos con procesador Intel 486 en adelante y utiliza la plataforma Windows. Además, posee la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para aplicaciones complejas. Es posible simular sistemas Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, entre otros (ProModel, 2017).

No hay alguna regla que diga cómo simular, pero por lo general, para realizar una simulación en este software, es necesario primero identificar el producto o servicio que se desea simular, posteriormente elaborar un plan de estudio, definir el sistema, luego construir el modelo, ejecutar la cantidad de experimentos requeridos, analizar los resultados arrojados, reportarlos y tomar las medidas correspondientes. El éxito en la simulación, dependerá de la planeación y de comprender los requerimientos necesarios (Blanco y Fajardo, 2003). A continuación, se explican los pasos descritos anteriormente:

- 1. Elaborar un plan de estudio:** consiste en definir los objetivos que se persiguen, identificar las limitaciones o restricciones, tanto económicas como de tiempo y de información, conocer las especificaciones (alcance, nivel de detalle y grado de exactitud), desarrollar la planeación y definir los resultados.
- 2. Definir el sistema:** para lo cual, es necesario determinar la información requerida con base en el proceso que se desea simular, luego establecer dónde se va a recolectar la información y quién la suministra, y usar apropiadamente las fuentes de información de las que se dispone.
- 3. Construir el modelo:** por medio de la información recolectada en los pasos anteriores, se procede a dimensionar el proceso y el alcance que tendrá la simulación. El modelo resultante, se deberá ajustar progresivamente, por lo que se le podrán hacer mejoras en diversos aspectos, tales como el proceso, los tiempos involucrados, las actualizaciones de los datos, entre otros.
- 4. Ejecutar experimentos:** luego de tener el modelo diseñado según lo deseado, es importante ejecutarlo varias veces, modificando sus

condiciones y así cerciorarse de que este representa la realidad y no únicamente una situación puntual. Todo modelo debe contemplar la variabilidad del proceso y ésta se debe estudiar con precisión.

- 5. Analizar los resultados:** esta fase, es una de las más importantes, puesto que se debe ser muy crítico con la información que arroja el modelo. El mayor beneficio que se obtiene de una simulación, no es necesariamente encontrar verdades absolutas, sino lograr que el experimento muestre cómo funciona el sistema simulado. Es fundamental saber interpretar la información que arrojan los programas, ya que mediante el análisis de los resultados es posible identificar los cuellos de botella del proceso y de la simulación.
- 6. Reportar los resultados:** la presentación de los resultados es, muchas veces, tan importante como la información que contienen los reportes. Por tal razón, es necesario realizar un informe conciso, que emplee el mayor número de gráficos, con el propósito de facilitar su comprensión. Los resultados, deben presentarse en términos fáciles de comprender y evaluar.

6 RESULTADOS

Con base en el análisis realizado en el proceso de fabricación de la línea de colchones Eco Line 100x190x15, en la empresa Espumas Medellín S.A., y teniendo en cuenta los objetivos anteriormente planteados; se describe a continuación, la información relacionada con el desarrollo de cada uno de ellos.

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Tal como fue explicado en la descripción del problema, el proceso de fabricación de esta línea de colchones, inicia con la producción de la tela acolchada, la cual tiene origen en la máquina acolchadora. Posteriormente, pasa a la sección de confección, donde son fileteadas las tapas y los falsos (partes laterales del colchón) y, luego, se unen los falsos con una de las tapas. De aquí, pasa a la mesa de vestido, donde se ubica la espuma en el cajón que fue creado al filetear una de las tapas con los falsos, y se posiciona la otra tapa sobre la espuma ya vestida.

Después, pasa al proceso de cerrado, donde es unida la tapa que se encuentra suelta al cajón; esto, empleando hiladillo y por medio de la máquina cerradora. Por último, pasa al proceso de empaque, donde es revisado (en busca de alguna imperfección), pulido y, finalmente, empackado en plástico con su respectivo documento de garantía. Cada uno de estos colchones, es arrumado en estibas, donde se agrupan entre quince (15) y veinte (20) unidades en cada una, para posteriormente ser trasladadas por el patinador, con ayuda de un estibador manual, al almacén de producto terminado.

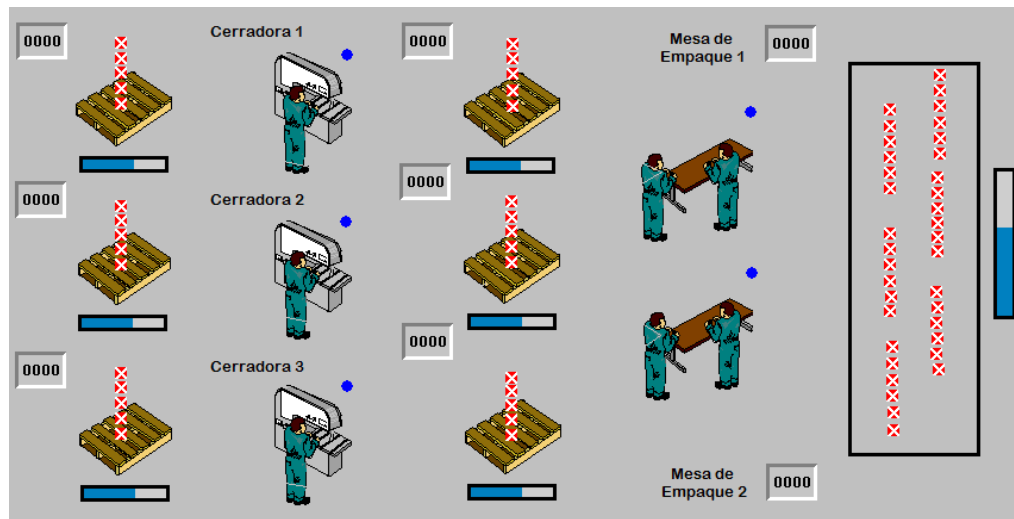
Para la realización del proceso de fabricación descrito anteriormente, el área de confeccionado dispone de una máquina acolchadora, dos máquinas fileteadoras, dos operarios encargados del proceso de vestido, tres máquinas cerradoras, dos mesas de empaque y un patinador.

6.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN ACTUAL

Por medio de la información recolectada y anteriormente descrita, fue realizada la simulación del proceso de fabricación actual en el software ProModel. Donde, debido a las limitaciones que posee la versión gratuita de este software en cuanto a número de entidades, recursos y locaciones a utilizar; fue simulado el proceso

partiendo de las estibas donde es ubicado el producto en proceso (colchón Eco Line 100x190x15), luego de que este ha sido vestido, para dar paso a la etapa de cerrado; y dicha simulación, llegó hasta el punto donde se ubican los colchones empacados en el espacio de producto terminado dispuesto dentro del área de Confeccionado. A continuación, se presenta la ilustración correspondiente a esta simulación:

Ilustración 1. Esquema de simulación del proceso de fabricación actual en ProModel.



Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar, que las tres estibas ubicadas en el lado izquierdo de la ilustración, son aquellas donde llegan los colchones en proceso, luego de haber sido vestidos. Debido a que hay dos vestidos y se deben abastecer tres máquinas cerradoras, los tiempos de llegada (Arrivals) son diferentes para cada una de las estibas, de tal forma que el tiempo inicial para las estibas uno y tres es en el minuto 0, y para la estiba dos en el minuto 0.5. Asimismo, la frecuencia de estas llegadas, es de 2.5 minutos para la estiba uno, 3 minutos para la estiba dos y 3.5 minutos para la estiba tres.

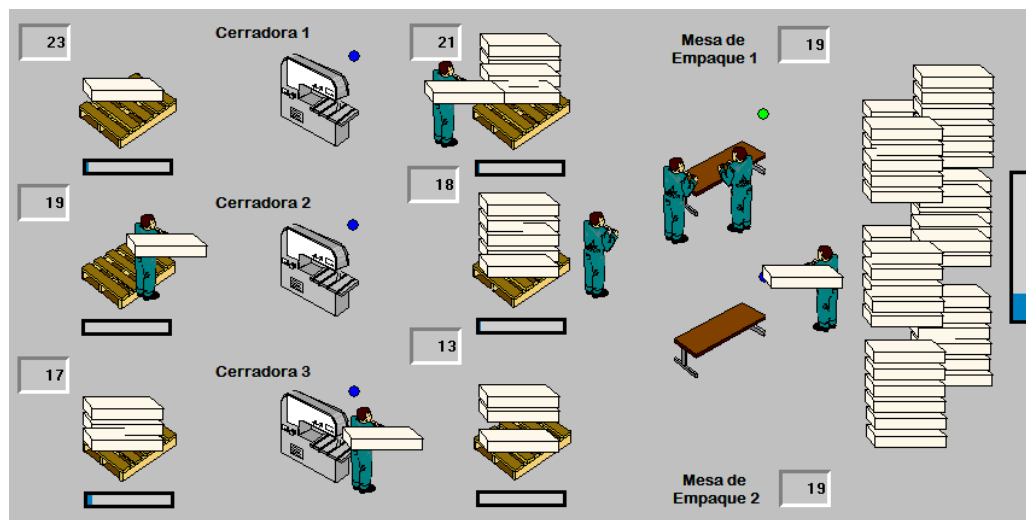
Igualmente, el tiempo que emplea cada uno de los cerradores para llevar a cabo su proceso, es diferente, siendo el primero el de mayor experiencia en la compañía, el segundo con un poco menos de experiencia en comparación con el primero, y el tercero relativamente nuevo en este cargo. Por tal razón, los tiempos de proceso asignados fueron de 1 minuto, 1.5 minutos y 2.5 minutos respectivamente. Posteriormente, en el proceso de empaque, el tiempo es de 2

minutos por unidad, sin diferencia entre mesas, puesto que los cuatro colaboradores tienen experiencia en esta actividad.

En cuanto a la selección de la estiba de la que los empacadores recogen el colchón para empacarlo, fue dispuesta de la siguiente manera: los colchones ubicados en la estiba cuatro (parte superior de la ilustración), son procesados por la mesa de empaque uno; aquellos ubicados en la estiba seis (parte inferior de la ilustración), por la mesa de empaque dos; y los que se encuentran ubicados en la estiba 5 (parte central de la ilustración), son seleccionados por turno por cada una de las mesas; de forma tal, que el primer colchón en esta estiba es procesado por la mesa uno, el segundo por la mesa dos, el tercero por la mesa uno y así sucesivamente. Toda esta información, fue ingresada en la programación del modelo (ver Anexo A).

Con base en la programación mencionada y el esquema presentado en la ilustración anterior, fue puesto en simulación el modelo, tal como se puede apreciar a continuación:

Ilustración 2. Ejecución de la simulación del proceso de fabricación actual en ProModel.



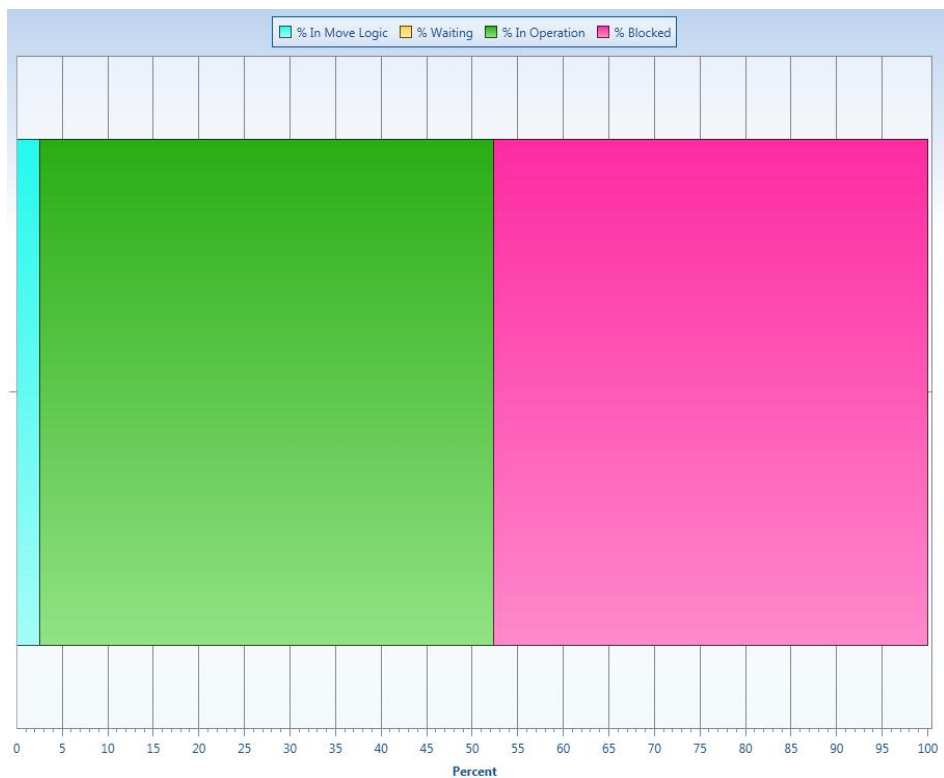
Fuente: elaboración propia.

Esta simulación, fue ejecutada durante un periodo de 8 horas, equivalente a un turno laboral en la compañía; sin tener en cuenta los tiempos de descanso, puesto que estos se ejecutan aparte de las 8 horas netamente laborales. Tiempo en el

cual, el primer cerrador procesó 184 unidades, el segundo 154 unidades y el tercero 117 unidades; para un total de 455 colchones cerrados.

No obstante, la cantidad de colchones empacados fue de 340, 170 unidades por mesa, lo que equivale al 74,73% del total de los colchones cerrados; quedando sin empacar 115 unidades y, por ende, sin ser facturadas dentro de la producción de ese día. Situación, que evidencia la presencia de un cuello de botella en el proceso de empaque. De igual forma, fueron recopilados varios gráficos por medio de esta simulación, con respecto a la información sobre las diversas variables involucradas en el proceso de fabricación. A continuación, se describe cada uno de ellos:

Gráfico 1. Porcentajes de los estados de simulación del producto (actual).



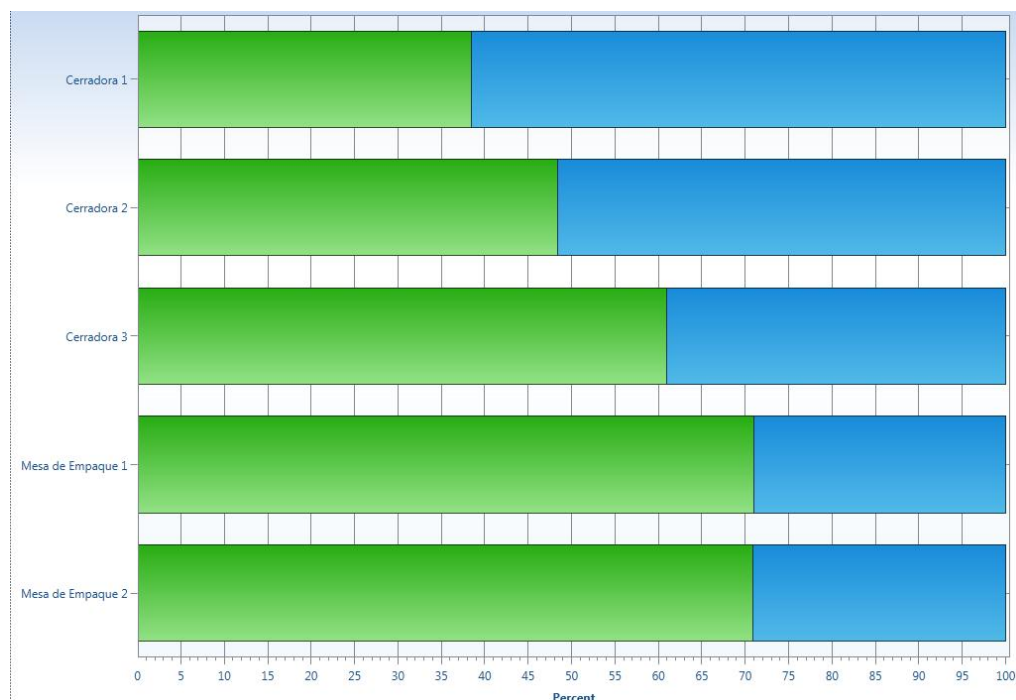
Fuente: elaboración propia.

Este gráfico, hace alusión a los estados por los que puede pasar el producto (colchón Eco Line 100x190x15) en el proceso de simulación, tales como: movimiento (azul claro), espera (amarillo), operación (verde) y bloqueo (rosa). Con base en esta información, es posible deducir que:

- **Porcentaje en lógica de movimientos (% In Move Logic):** el 2,49% del tiempo de simulación (12 minutos), es empleado en el traslado del producto entre cada proceso.
- **Porcentaje en operación (%Operation):** el 49,83% del tiempo de simulación (4 horas), es empleado en el procesamiento del producto a través de cada una de las actividades descritas (cerrado y empaque).
- **Porcentaje bloqueado (%Blocked):** el 47,68% del tiempo de simulación restante (3,8 horas), es durante el que el producto debe esperar para pasar a la siguiente actividad, en otras palabras, esperar a que esté disponible.

Se puede apreciar, que la mitad del tiempo de simulación, el producto se pasa en el desarrollo de actividades productivas, las cuales le agregan valor; sin embargo, prácticamente la otra mitad del tiempo, se pasa esperando en las estibas a ser llevado al siguiente proceso, lo que evidencia la existencia de un cuello de botella en el proceso; tal como fue identificado anteriormente en el área de empaque.

Gráfico 2. Porcentajes de los estados de simulación por área de proceso (actual).



Fuente: elaboración propia.

Las áreas de proceso identificadas en este gráfico, corresponden a las máquinas cerradoras y las mesas de empaque, lugares donde sólo puede ser procesada una unidad a la vez. Lo que allí se expone, es el porcentaje de tiempo empleado en el procesamiento del producto (color verde), en otras palabras, la utilización del área de proceso, en este caso la máquina o mesa; y el porcentaje de tiempo en el cual el área de proceso se encuentra disponible (color azul), es decir, cuando ningún producto está siendo procesado allí. En la tabla presentada a continuación, se expresan estos valores:

Tabla 1. Valores de los estados de simulación por área de proceso (actual).

Área	Utilización		Disponibilidad	
	Porcentaje	Tiempo (Hrs)	Porcentaje	Tiempo (Hrs)
Cerradora 1	38,50 %	3,08	61,50 %	4,92
Cerradora 2	48,40 %	3,872	51,60 %	4,128
Cerradora 3	60,94 %	4,8752	39,06 %	3,1248
Mesa de Empaque 1	71,04 %	5,6832	28,96 %	2,3168
Mesa de Empaque 2	70,83 %	5,6664	29,17 %	2,3336

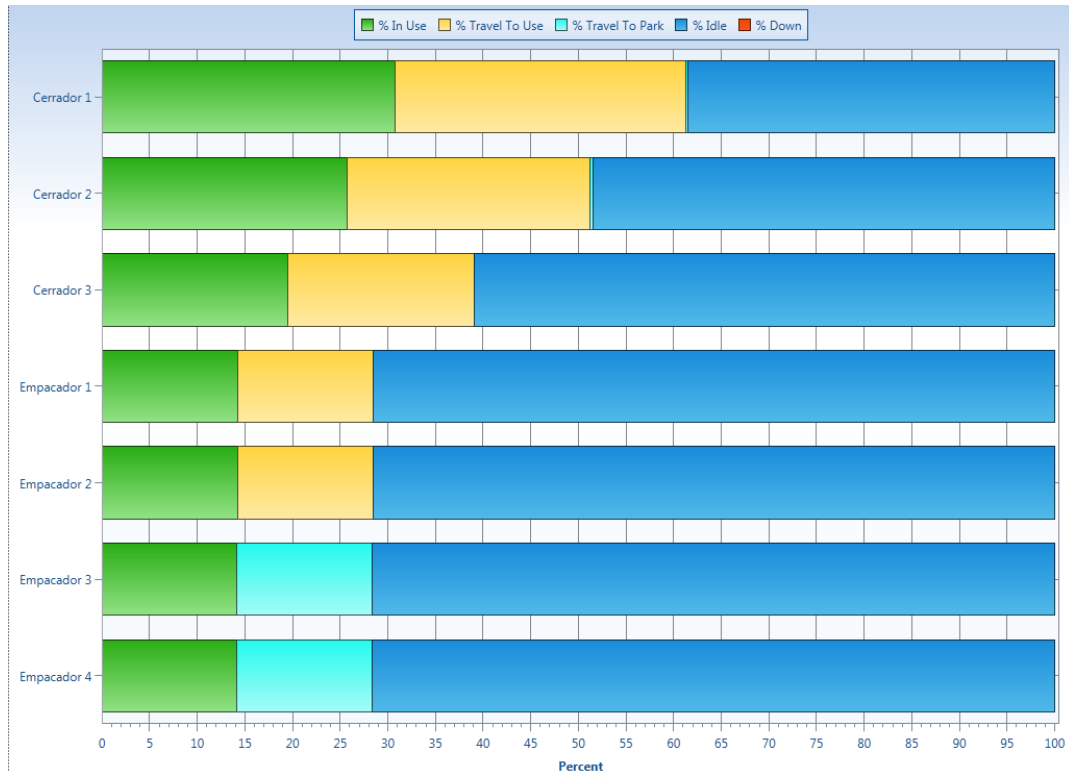
Fuente: elaboración propia.

Con base en esta información, es posible determinar que las máquinas cerradoras uno y dos, pasan la mayor parte de su tiempo disponibles, debido a que los colaboradores son ágiles en la realización del proceso para el que las emplean y pasan la otra parte de su tiempo transportando el producto, de estiba a máquina y máquina a estiba. Lo que podría sugerir la reubicación de las estibas, con el propósito de acortar distancias de desplazamiento y reducir el tiempo invertido en esta actividad.

Por otra parte, la cerradora tres, pasa casi el 61% del tiempo en utilización, lo cual, se debe a que el operario ubicado en esta máquina, emplea más tiempo en el proceso de cerrado de los colchones, en comparación con sus compañeros; lo que se ve reflejado en el número de unidades procesadas por él al final del turno. Igualmente, las mesas de empaque, son empleadas en promedio el 71% del tiempo, lo que se debe a que el proceso de empaque toma más tiempo que el de cerrado y, constantemente, tienen unidades en espera para ser procesadas. El tiempo de disponibilidad, corresponde al empleado por los operarios para mover los colchones, tanto de la estiba a la mesa, como de la mesa a la sección de producto terminado.

En general, se evidencia que cada una de las áreas de proceso, dispone de un porcentaje significativo de tiempo de disponibilidad, el cual podría ser empleado en el procesamiento de más unidades; para lo cual, sería necesario intervenir el proceso en busca de acortar las distancias de desplazamiento y así, mejorar la ubicación de los productos en proceso en el área.

Gráfico 3. Porcentajes de los estados de simulación por recurso (actual).



Fuente: elaboración propia.

En este gráfico, el término recurso, hace alusión a los colaboradores u operarios dispuestos en la simulación, que serían los tres cerradores y los cuatro empacadores. Allí, se evidencia el porcentaje de tiempo empleado durante la simulación para la realización de diversas actividades, cada una representada con un color diferente; tal como se explica a continuación:

- **Porcentaje de tiempo en uso (% In Use):** se representa con el color verde y corresponde al porcentaje de tiempo que el recurso fue utilizado; en el caso de esta simulación, para transportar el producto de su área de proceso a la estiba correspondiente, dejarlo allí y volver a dicha área.

- **Porcentaje de tiempo para desplazamiento (% Travel To Use):** se representa con el color amarillo y, para esta simulación, corresponde al porcentaje de tiempo que el recurso fue utilizado para desplazarse hasta la estiba, recoger el producto y llevarlo a su área de proceso.
- **Porcentaje de tiempo al nodo base (%Travel To Park):** se representa con el color azul claro y corresponde al porcentaje de tiempo que el recurso invirtió en desplazarse hasta su nodo base, es decir, hasta su punto de inicio luego de haber realizado un desplazamiento con destino a un lugar diferente de un área de proceso.
- **Porcentaje de tiempo “libre” (% Idle):** se representa con el color azul y corresponde al porcentaje de tiempo en el cual el recurso no está siendo utilizado. En el caso de esta simulación, sería el tiempo que emplea el operario en “espera” de que la unidad de producto sea procesada en el área de proceso correspondiente. Esto se debe, a que en la simulación, la máquina es la que realiza el proceso por sí sola, puesto que se emplea el comando “WAIT”, que le ordena a la entidad (el colchón) esperar en el área de proceso un tiempo determinado, en el cual no interviene el recurso. En otras palabras, este tiempo sería equivalente al empleado por cada área de proceso en el procesamiento de los productos, tal como se expone en el Gráfico 2 (color verde).
- **Porcentaje de tiempo muerto-inactivo (% Down):** se representa con el color rojo y corresponde al porcentaje de tiempo en el cual el recurso está paralizado. En esta simulación, no hubo tiempos asignables a este estado.

Con el propósito de exponer los porcentajes de tiempo asignables a cada uno de los estados descritos anteriormente, para cada uno de los recursos simulados; se presenta la siguiente tabla:

Tabla 2. Valores de los estados de simulación por recurso (actual).

Recurso	(%) Porcentaje de Tiempo			
	Para llevar	Para recoger	Nodo base	“Libre”
Cerrador 1	30,75	30,50	0,25	38,50
Cerrador 2	25,75	25,50	0,25	48,50
Cerrador 3	19,50	19,56	0	60,94
Empacador 1	14,25	14,25	0	71,50
Empacador 2	14,25	14,25	0	71,50
Empacador 3	14,17	0	14,17	71,67
Empacador 4	14,17	0	14,17	71,67

Fuente: elaboración propia.

Al comparar esta tabla con el Gráfico 2 y la Tabla 1, se comprueba lo anteriormente explicado, puesto que los cerradores uno y dos emplean la mayor parte de su tiempo (61,5% y 51,5% respectivamente; sumando los valores de las columnas uno y dos de la Tabla 2) en el transporte del producto, valores iguales al porcentaje de tiempo disponible para las máquinas cerradoras uno y dos expresado en la Tabla 1. Asimismo, el porcentaje de tiempo empleado por el cerrador tres para el transporte del producto, es de 39,06% (19,50% + 19,56%), valor igual al porcentaje de tiempo disponible para la máquina cerradora tres expresado en la Tabla 1.

Igualmente, el porcentaje de tiempo “libre”, tal como fue explicado anteriormente, corresponde al empleado por la máquina cerradora para procesar la unidad de producto, empleando el comando de programación “WAIT”, tiempo en el que los cerradores deben esperar y por esto quedan “libres”; por lo que al comparar los valores obtenidos en la Tabla 2 para los tres cerradores (38,5%, 48,5% y 60,94% respectivamente), con el porcentaje de tiempo de utilización para las máquinas cerradoras expresado en la Tabla 1, se evidencia que es igual en cada caso.

Por otra parte, en cuanto a los empacadores uno y dos, pasan el 28,5% del tiempo en labores de transporte del producto, puesto que ellos son los encargados de ir a recoger los colchones a las estibas 4 y 5, 5 y 6 respectivamente, y llevarlos a la mesa de empaque; el 71,5% del tiempo restante, lo pasan “libres” en espera de que el producto sea procesado en la mesa de empaque, programado mediante el comando “WAIT”, tal como fue explicado anteriormente.

De la misma forma, los empacadores tres y cuatro, emplean el 28,34% del tiempo transportando el producto empacado, de la mesa al área dispuesta para almacenar temporalmente el producto terminado, y luego regresar a la mesa de empaque para procesar la siguiente unidad. El 71,67% del tiempo restante, lo pasan “libres” en espera de que el producto sea procesado en la mesa de empaque, igual que los empacadores uno y dos. Este tiempo, equivale al expresado en la Tabla 1 para el porcentaje de utilización de las mesas de empaque; tal como sucede al comprar el porcentaje de tiempo “libre” de los cerradores, versus el porcentaje de tiempo de utilización de las máquinas cerradoras.

6.3 PROPUESTA DE MEJORA

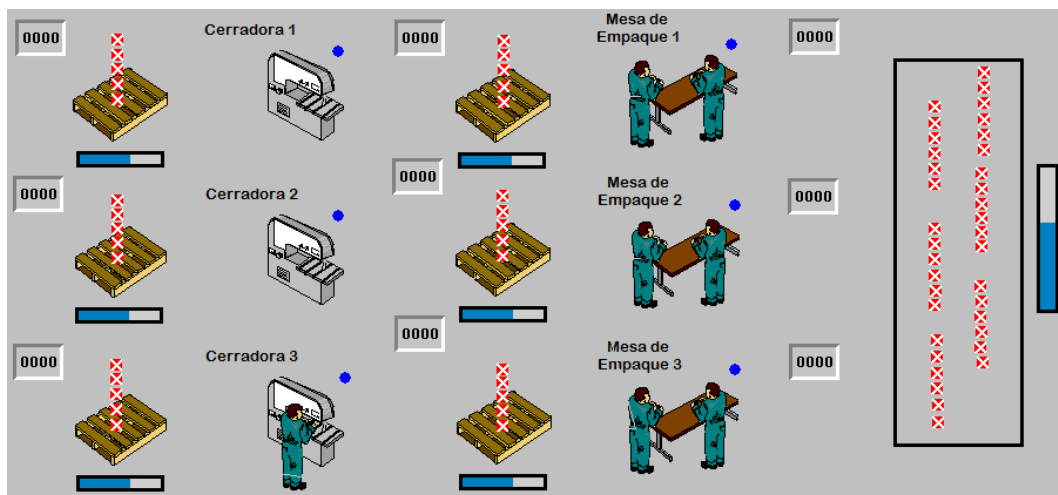
Por medio de la información anteriormente expuesta, obtenida de la simulación del proceso de fabricación actual del colchón Eco Line 100x190x15, y teniendo en

cuenta principalmente el cuello de botella encontrado en el proceso de empaque de los colchones; se propone la implementación de una mesa adicional para llevar a cabo este proceso, junto con dos nuevos colaboradores que realicen esta actividad. Dicha nueva mesa, sería ubicada bajo las otras dos, quedando en paralelo con las máquinas cerradoras y las estibas allí ubicadas. Con dicha mejora, se busca reducir y/o eliminar el cuello de botella identificado, esto por medio del empaque de la mayor cantidad de unidades posibles que se quedan represadas en las estibas luego del proceso de cerrado.

6.4 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN PROPUESTO

Con base en la propuesta de mejora anteriormente descrita y el modelo de simulación del proceso de fabricación actual, presentado en el capítulo 6.2; se presenta a continuación la ilustración correspondiente a la simulación del proceso de fabricación propuesto (mejorado):

Ilustración 3. Esquema de simulación del proceso de fabricación propuesto en ProModel.



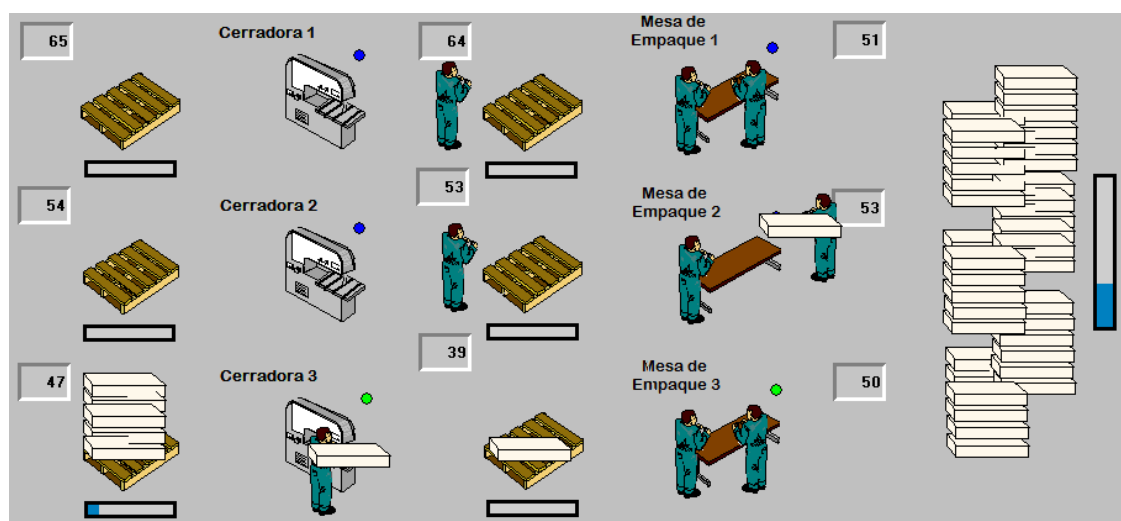
Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los tiempos de llegada (Arrivals) y la frecuencia de estas llegadas, se mantienen los mismos valores expuestos en la simulación del proceso de fabricación actual; al igual que los tiempos asignados al proceso de cerrado para cada uno de los operarios y aquellos otros asignados al proceso de empaque, tanto para las mesas uno y dos, como para la nueva mesa tres. Asimismo, la ubicación de las estibas y cerradoras, quedó igual que en la simulación anterior.

Sin embargo, el orden de selección de la estiba de la cual los empacadores recogen el colchón para empacarlo, fue cambiada y diseñada de la siguiente manera: la mesa de empaque uno, procesará los colchones ubicados en la estiba cuatro; la mesa dos, aquellos ubicados en la estiba cinco; y la mesa tres, procesará los colchones ubicados en la estiba seis y, en algunas ocasiones, ayudará a los empacadores de la mesa uno a procesar las unidades ubicadas en la estiba cuatro. Esto se debe, a que la mesa tres posee la menor carga laboral y la mesa uno la mayor, puesto que el cerrador tres procesa poco más de la mitad de las unidades procesadas por el cerrador uno. Consiguiendo así, un equilibrio en esta etapa del proceso y reduciendo significativamente el cuello de botella.

Es posible apreciar en la ilustración anterior, que no aparecen los cerradores uno y dos en sus máquinas, lo cual se debe a las limitaciones que posee la versión gratuita del software ProModel, puesto que no es posible ingresar más recursos (operarios en este caso). Por tal motivo, mediante la utilización del comando "GRAPHIC", fue posible lograr que aparezca el operario en el momento que el colchón es llevado a la estiba de destino luego de ser cerrado; sin embargo, no es posible que este aparezca durante todo el recorrido, ya que ambas imágenes (colchón y operario) están contenidas en una misma entidad, por esto se usa dicho comando, para mostrar en diferentes ocasiones una de las dos imágenes. La información descrita anteriormente, fue ingresada en la programación del modelo (ver Anexo B). Con base en la cual, fue puesto en simulación el modelo, tal como se puede apreciar a continuación:

Ilustración 4. Ejecución de la simulación del proceso de fabricación propuesto en ProModel.

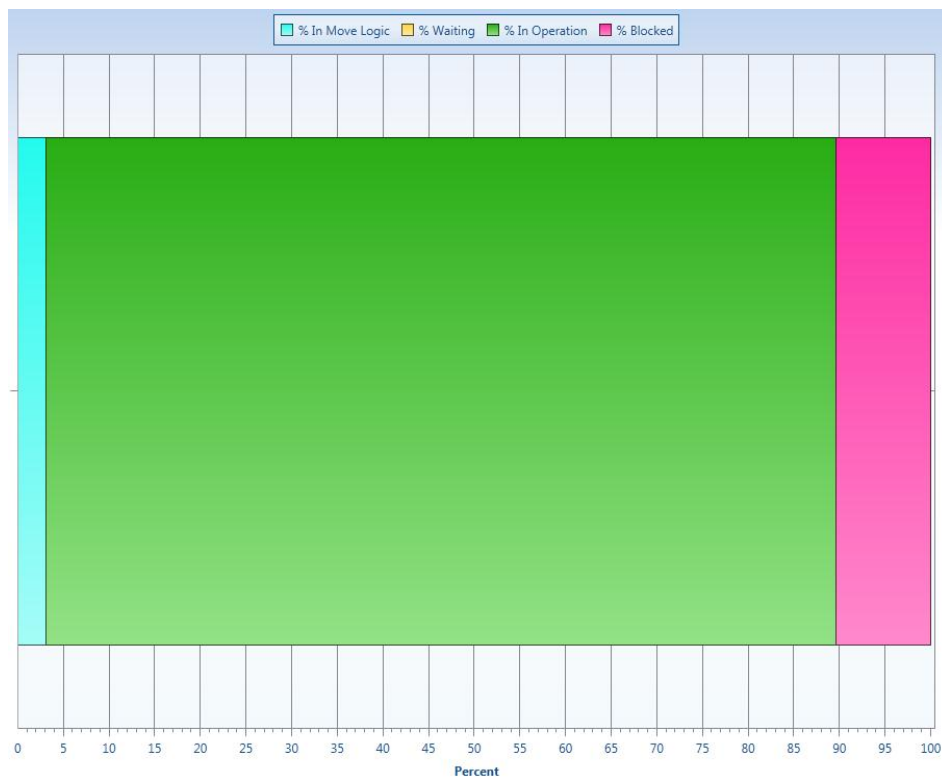


Fuente: elaboración propia.

Esta simulación, fue ejecuta en las mismas condiciones que la correspondiente al proceso de fabricación actual. Obteniendo como resultado, que el primer cerrador procesó 192 unidades, el segundo 160 unidades y el tercero 117 unidades; para un total de 469 colchones cerrados. Por otra parte, la cantidad de colchones empacados fue de 465, 153 unidades en las mesas uno y tres y 159 en la mesa dos; lo que equivale al 99,15% del total de los colchones cerrados; quedando sin empacar tan sólo 4 unidades. Lo cual, impacta positivamente en el proceso de facturación de la compañía, puesto que todas estas unidades quedarían facturadas y, a la vez, se evidencia la desaparición del cuello de botella anteriormente identificado.

Además de lo mencionado anteriormente, fueron recopilados varios gráficos, los cuales hacen alusión a información sobre las diversas variables involucradas en el proceso de fabricación. Estos gráficos, son del mismo tipo que los expuestos en el capítulo 6.2, por lo que su interpretación es tal como fue explicada en dicho capítulo; por tal razón, sólo serán interpretados los resultados obtenidos. A continuación, se presentan los gráficos recopilados:

Gráfico 4. Porcentajes de los estados de simulación del producto (propeusto).



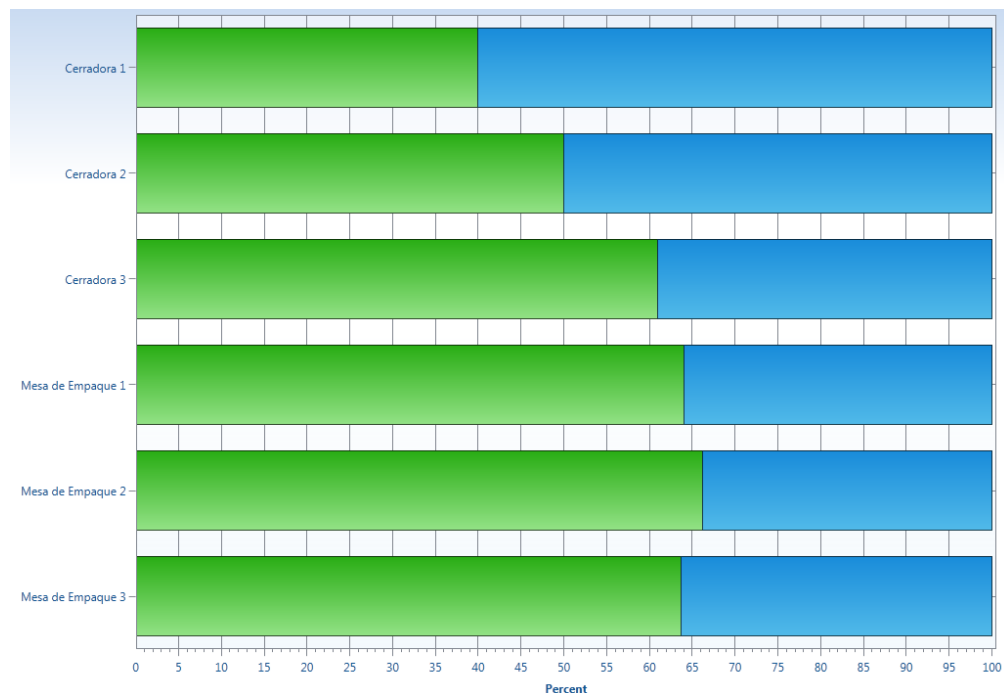
Fuente: elaboración propia.

Con base en los estados por los que pasó el producto, es posible afirmar que:

- **Porcentaje en lógica de movimientos (% In Move Logic):** el 3,14% del tiempo de simulación (15 minutos), es empleado en el traslado del producto entre cada proceso.
- **Porcentaje en operación (%Operation):** el 86,43% del tiempo de simulación (6,9 horas), es empleado en el procesamiento del producto a través de cada una de las actividades descritas (cerrado y empaque).
- **Porcentaje bloqueado (%Blocked):** el 10,42% del tiempo de simulación restante (0,85 horas), es durante el que el producto debe esperar para pasar a la siguiente actividad, en otras palabras, esperar a que esté disponible la siguiente área de proceso.

Estos datos, evidencian que la mayor parte del tiempo de simulación (86,43%), el producto se encuentra en el desarrollo de actividades productivas, las cuales le agregan valor; y el tiempo restante, se encuentra esperando en las estibas a ser llevado al siguiente proceso.

Gráfico 5. Porcentajes de los estados de simulación por área de proceso (propeusto).



Fuente: elaboración propia.

En comparación con el Gráfico 2, aquí se visualiza un área de proceso más, que corresponde a la mesa de empaque tres. En la tabla presentada a continuación, se expresan los valores correspondientes a las barras verdes y azules expuestas en gráfico:

Tabla 3. Valores de los estados de simulación por área de proceso (propuesto).

Área	Utilización		Disponibilidad	
	Porcentaje	Tiempo (Hrs)	Porcentaje	Tiempo (Hrs)
Cerradora 1	40 %	3,2	60 %	4,8
Cerradora 2	50 %	4	50 %	4
Cerradora 3	60,94 %	4,8752	39,06 %	3,1248
Mesa de Empaque 1	64,06 %	5,1248	35,94 %	2,8752
Mesa de Empaque 2	66,25 %	5,3	33,75 %	2,7
Mesa de Empaque 3	63,75 %	5,1	36,25 %	2,9

Fuente: elaboración propia.

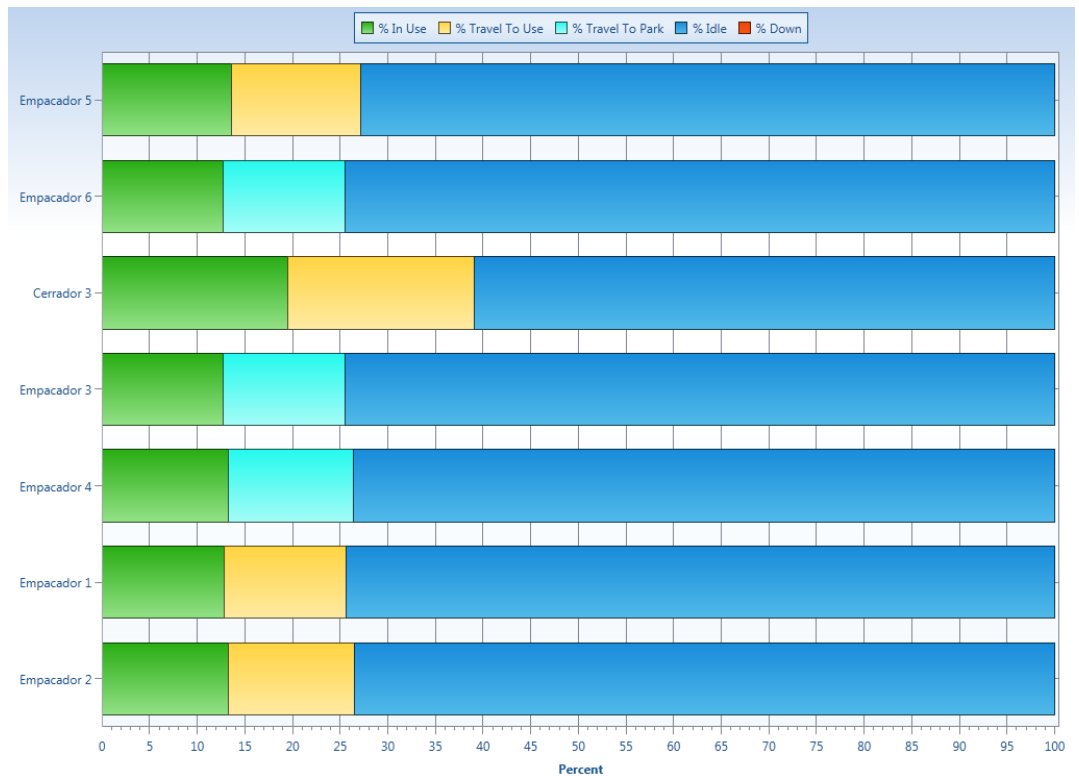
De la misma forma que en la Tabla 1, es posible determinar que las máquinas cerradoras uno y dos, pasan la mayor parte de su tiempo disponibles, debido a que los colaboradores son ágiles en la realización del proceso para el que las emplean y pasan la otra parte de su tiempo transportando el producto, de estiba a máquina y máquina a estiba. Por otra parte, la cerradora tres, pasa la mayor parte de su tiempo en utilización, puesto que el empleado allí ubicado requiere de más tiempo para desarrollar este proceso, en comparación con sus compañeros.

En cuanto a las mesas de empaque, las tres son empleadas en promedio el 65% del tiempo, esto en proceso de empaque de colchones; lo que deja aún, un porcentaje de tiempo significativo que podría ser empleado en el procesamiento de más unidades, para lo que se tendrían que reducir los tiempos de desplazamiento.

En general, se evidencia que cada una de las áreas de proceso, dispone de un porcentaje significativo de tiempo de disponibilidad, el cual podría ser empleado en el procesamiento de más unidades; para lo cual, sería necesario acortar las distancias de desplazamiento entre sección, o diseñar un nuevo método para el

transporte de las unidades, tanto luego del proceso cerrado como del de empaque.

Gráfico 6. Porcentajes de los estados de simulación por recurso (propuesto).



Fuente: elaboración propia.

En la tabla presentada a continuación, se exponen los valores representados en este gráfico, para cada uno de los recursos simulados y los estados por los que estos pasan.

Tabla 4. Valores de los estados de simulación por recurso (propuesto).

Recurso	(%) Porcentaje de Tiempo			
	Para llevar	Para recoger	Nodo base	“Libre”
Cerrador 3	19,50	19,56	0	60,94
Empacador 1	12,83	12,83	0	74,33
Empacador 2	13,25	13,29	0	73,46
Empacador 3	12,75	0	12,75	74,50

Empacador 4	13,25	0	13,17	73,58
Empacador 5	13,59	13,60	0	72,81
Empacador 6	12,75	0	12,75	74,50

Fuente: elaboración propia.

Tal como fue explicado al inicio de este capítulo, los cerradores uno y dos no se encuentran en el gráfico puesto que el software no permite el ingreso de más recursos, esto por ser la versión gratuita. Son embargo, sus estadísticas serían iguales o muy similares, tal como sucede con el cerrador tres, donde los porcentajes expresados en esta tabla, son iguales a los expuestos en la Tabla 2. Por lo que su interpretación, es igual a la descrita en el análisis de dicha tabla.

Por otra parte, los empacadores uno, dos y cinco, emplean el 25,66%, 26,54% y 27,19% de su tiempo respectivamente, en el transporte del producto, es decir, ir a recoger los colchones a las estibas 4, 5 y 6 respectivamente, y llevarlos a la mesa de empaque. El porcentaje de tiempo restante (“libre”), lo emplean en espera de que el producto sea procesado en la mesa de empaque, programado mediante el comando “WAIT”, tal como fue explicado en el capítulo 6.2.

Asimismo, los empacadores tres, cuatro y seis, emplean el 25,5%, 26,42% y 25,5% de su tiempo respectivamente, transportando el producto empacado, de la mesa al área dispuesta para almacenar temporalmente el producto terminado, y luego regresar a la mesa de empaque para procesar la siguiente unidad. El porcentaje de tiempo restante (“libre”), lo emplean en espera de que el producto sea procesado en la mesa de empaque, igual que los empacadores uno, dos y cinco.

6.5 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN AMBAS SIMULACIONES

Con base en los resultados obtenidos en ambas simulaciones, expuestos en los capítulos anteriores por medio de los diversos gráficos y tablas presentadas, se presenta a continuación una tabla comparativa con los ítems de mayor relevancia, así como su respectivo análisis.

Tabla 5. Comparación de los resultados de mayor relevancia obtenidos en ambas simulaciones.

Descripción	Proceso Actual	Proceso Propuesto
Colchones Empacados	340	465
Colchones sin Empacar	115	4
% de Cumplimiento	74,73	99,15
% Operación del Producto	49,83	86,43
% Espera del Producto	47,68	10,42
% Promedio utilización de Cerradoras	49,28	50,31
% Promedio utilización de Mesas de Empaque	70,94	64,69
% Promedio desplazamiento Empacadores	28,42	26,14

Fuente: elaboración propia.

Es evidente, la gran mejora en cuanto a la cantidad de colchones empacados en un turno de ocho horas, pasando del 74,73% al 99,15% de cumplimiento con respecto a la cantidad de unidades cerradas, es decir, 125 colchones más por turno; lo cual, se debe a la nueva mesa de empaque empleada en el proceso propuesto. De igual forma, el porcentaje de procesamiento (operación) del producto, aumentó significativamente (un 36,6%), puesto que los colchones que se almacenan en las estibas luego del proceso de cerrado, en espera a que sean empacados (cuello de botella), se redujo casi por completo, pasando de tener 115 unidades pendientes por empacar a tan sólo 4.

Asimismo, la reducción del tiempo de espera, se ve reflejada en el porcentaje expuesto en la tabla, pasando de 47,68% a un 10,42% en el proceso propuesto. Por otra parte, el promedio de utilización de las máquinas cerradoras, se mantuvo estable, puesto que allí no fue aplicada mejora alguna; en cambio, el promedio de utilización de las mesas de empaque, sufrió una reducción del 6,25% luego de la mejora propuesta, en comparación con el proceso actual. Esto, se debe a que la implementación de la nueva mesa de empaque (número tres), equilibró la carga laboral de la mesa uno y eliminó el cuello de botella presente en este proceso, debido a la acumulación de unidades cerradas por empacar.

Por otro lado, el promedio del tiempo empleado por los empacadores para realizar el transporte del producto, tanto de las estibas a las mesas de empaque como de las mesas de empaque al área dispuesta para el almacenamiento temporal de los

productos terminados, se mantuvo prácticamente estable, presentado tan sólo una reducción del 2,28%; pues a pesar de que las rutas de desplazamiento fueron cambiadas y acortadas en el modelo propuesto, el empacador cinco debe desplazarse tanto a la estiba seis como a la cuatro, lo que alarga su ruta y hace que el promedio de desplazamiento aumente un poco en comparación a si sólo tuviese que desplazarse a la estiba seis.

En general, cada uno de los aspectos descritos en la tabla anterior, presenta una mejoría significativa, lo que resalta la importancia de tener en cuenta la propuesta de mejora diseñada.

7 CONCLUSIONES

En el momento de realizar la simulación del proceso de fabricación actual de la línea de colchones Eco Line 100x190x15, con base en la información recopilada, fue posible identificar gráfica y visualmente, el cuello de botella expuesto en la descripción del problema (capítulo 2). Lo cual, fue de gran importancia para el diseño de la propuesta de mejora presentada, puesto que se pudo identificar que los empacadores no daban abasto para la cantidad de carga laboral que tenían asignada, esto en cuanto a la cuantía de colchones cerrados en espera por ser empacados. Por tal motivo, fue ideada la adecuación de una nueva mesa de empaque que equilibrase las cargas laborales y eliminara el cuello de botella identificado.

La eliminación de este cuello de botella, se logra gracias a las unidades empacadas por la nueva mesa, que fueron 153, reduciendo a la vez la cantidad de unidades empacadas en las dos primeras mesas (su carga laboral). Esta propuesta de mejora, tendría un impacto de gran importancia en la facturación de las unidades empacadas al final de cada turno, puesto que se incrementaría en un 24,42%, monto que impactaría positivamente en las finanzas diarias de la organización. Por lo que, si el volumen de producción se mantiene constante o similar al simulado en el modelo propuesto, la inversión en la nueva mesa de empaque y los dos operarios correspondientes, se vería totalmente justificada con este nuevo margen de unidades empacadas por turno y, a su vez, facturadas.

Asimismo, por medio de esta propuesta, se evidencia la mejoría que acarrearía en cada uno de los aspectos de mayor importancia del área, tal como lo son: el tiempo de desplazamiento, las rutas por las que se realiza este desplazamiento, unidades empacadas por turno, unidades cerradas en espera a ser empacadas al final de la jornada, y el porcentaje de tiempo empleado en la realización de actividades productivas que le agreguen valor al producto.

8 RECOMENDACIONES

Con base en la información recolectada a lo largo del desarrollo del proyecto, tanto en el proceso llevado a cabo para la simulación del proceso actual de fabricación de la línea de colchones Eco Line 100x190x15, como para el desarrollo de la propuesta de mejora y su respectiva simulación; se describen a continuación una serie de recomendaciones, las cuales, a consideración personal, sería importante analizar y tener en cuenta:

- Con respecto a los porcentajes de tiempo empleados por los operarios para el transporte del producto de una estiba a un área de proceso y viceversa, el cual fue similar en ambos procesos (actual y propuesto); se recomienda realizar un estudio de distribución de planta que permita reubicar las estibas y/o áreas de proceso, con el propósito de acortar la distancia presente entre estos dos espacios y, así, disminuir el tiempo empleado por los operarios en dichos desplazamientos, lo que dejaría más tiempo disponible para realizar el procesamiento de otras unidades, actividades productivas que realmente le agregan valor al producto.
- Por otra parte, puesto que el cerrador número tres es el de menor experiencia en el cargo, sería de gran utilidad emplear tiempo en su capacitación, en orientación por parte de sus compañeros en técnicas clave por tipo de referencia. Asimismo, realizar evaluaciones periódicas sobre su desempeño, que permitan conocer el nivel de mejora adquirido en el transcurso de su estadía en el cargo.
- En cuanto a la propuesta de mejora planteada, se considera adecuado implementarla, puesto que la cantidad de unidades empacadas y facturadas por turno, aumentaría significativamente el nivel de producción y el estado financiero de la compañía, lo que justificaría la inversión en mano de obra y en equipos. Además, las cargas laborales se equilibrarían y, con el paso del tiempo y el aumento de unidades cerradas por parte de los cerradores dos y tres, podrían ser modificadas las rutas de cada mesa, con el fin de que sean lo más eficientes posible.
- Debido a que parte del tiempo empleado por los empacadores en su actividad es destinado a la revisión y el pulido del colchón, podrían ser contratados uno o dos operarios más que se encargasen de realizar esta labor (pulidores) justo después de que los cerradores terminan su proceso; de esta forma, se reduciría el tiempo de empaque, puesto que los empacadores se centrarían en labores netamente de empaque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, L. y Fajardo, I. (2003) *Simulación con ProModel, Casos de Producción y Logística*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Concepto.de. (2015). *Concepto de Costo*. Recuperado de <http://concepto.de/costo/#ixzz4eMS33RnT>
- Contabilidad.com.py. (2006). *Concepto de Costo*. Recuperado de http://www.contabilidad.com.py/articulos_70_concepto-de-costo.html
- Espumas Medellín S.A. (2017). *Nuestra compañía*. Recuperado de <https://www.espumasmedellin.com/content/4-sobre-nosotros>
- Faulín, J. y Juan Á. (2002). *Simulación de Monte Carlo con Excel*. Proyecto e-Math, Universidad Abierta de Cataluña, 1–3.
- Galeon.com Hispavista. (2017). *Horas Extras y Recargos*. Recuperado de <http://todolaboral.galeon.com/horas-extras.html>
- Garavito Hernández, E. (2014). *Simulación de Procesos en ProModel*. Universidad Industrial de Santander: Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
- GestioPolis.com Experto. (2003, Abril 21). *¿Qué es el tiempo de producción y cómo está compuesto?* Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/que-es-el-tiempo-de-produccion-y-como-esta-compuesto/>
- Ortíz, M. (2011). *¿Qué es Excel?* Recuperado de <https://exceltotal.com/que-es-excel/>
- ProModel. (2017). *ProModel*. Recuperado de <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>
- Tacoma Carbajal, R. (2014, Octubre). *“La Eficiencia, Eficacia, Productividad y Competitividad”*. Recuperado de <http://www.scoop.it/t/la-eficiencia-eficacia-productividad-y-competitividad>
- Thompson, L. (2008, Abril). *Tipos de Costos*. Recuperado de <https://www.promonegocios.net/costos/tipos-costos.html>

ANEXOS

Anexo A. Programación de la simulación del proceso de fabricación actual en ProModel.

```
*****
*                               Processing                               *
*****
```

Process			Routing				
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
EcoLine_100x190x15	Estiba_1	INC Cant_E1	1	EcoLine_100x190x15	Cerradora_1	FIRST 1	MOUE WITH Cerrador_1 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Cerradora_1	WAIT 1	1	EcoLine_100x190x15	Estiba_4	FIRST 1	MOUE WITH Cerrador_1 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Estiba_4	INC Cant_E4	1	EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_1	FIRST 1	MOUE WITH Empacador_1 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_1	WAIT 2 INC Cant_M1	1	EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOUE WITH Empacador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	WAIT 60	1	EcoLine_100x190x15	EXIT	FIRST 1	
EcoLine_100x190x15	Estiba_2	INC Cant_E2	1	EcoLine_100x190x15	Cerradora_2	FIRST 1	MOUE WITH Cerrador_2 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Cerradora_2	WAIT 1.5	1	EcoLine_100x190x15	Estiba_5	FIRST 1	MOUE WITH Cerrador_2 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Estiba_5	INC Cant_E5	1	EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_1	TURN 1	MOUE WITH Empacador_1 THEN FREE
				EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_2	TURN	MOUE WITH Empacador_2 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_1	WAIT 2 INC Cant_M1	1	EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOUE WITH Empacador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_2	WAIT 2 INC Cant_M2	1	EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOUE WITH Empacador_4 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	WAIT 60	1	EcoLine_100x190x15	EXIT	FIRST 1	
EcoLine_100x190x15	Estiba_3	INC Cant_E3	1	EcoLine_100x190x15	Cerradora_3	FIRST 1	MOUE WITH Cerrador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Cerradora_3	WAIT 2.5	1	EcoLine_100x190x15	Estiba_6	FIRST 1	MOUE WITH Cerrador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Estiba_6	INC Cant_E6	1	EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_2	FIRST 1	MOUE WITH Empacador_2 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_2	WAIT 2 INC Cant_M2	1	EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOUE WITH Empacador_4 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Área_de_Pto_Terminado	WAIT 60	1	EcoLine_100x190x15	EXIT	FIRST 1	

Anexo B. Programación de la simulación del proceso de fabricación propuesto en ProModel.

```
*****
*                               Processing                               *
*****
```

Process			Routing				
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
EcoLine_100x190x15	Estiba_1	INC Cant_E1 GRAPHIC 1					
			1	EcoLine_100x190x15	Cerradora_1	FIRST 1	MOVE ON Ruta_C1
EcoLine_100x190x15	Cerradora_1	WAIT 1 GRAPHIC 2					
			1	EcoLine_100x190x15	Estiba_4	FIRST 1	MOVE ON Ruta_C1
EcoLine_100x190x15	Estiba_4	INC Cant_E4 GRAPHIC 1					
			1	EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_1	TURN 1	MOVE WITH Empacador_1 THEN FREE
				EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_3	TURN	MOVE WITH Empacador_5 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_1	WAIT 2 INC Cant_M1					
			1	EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOVE WITH Empacador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_3	WAIT 2 INC Cant_M3					
			1	EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOVE WITH Empacador_6 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	WAIT 60					
			1	EcoLine_100x190x15	EXIT	FIRST 1	
EcoLine_100x190x15	Estiba_2	INC Cant_E2 GRAPHIC 1					
			1	EcoLine_100x190x15	Cerradora_2	FIRST 1	MOVE ON Ruta_C2
EcoLine_100x190x15	Cerradora_2	WAIT 1.5 GRAPHIC 2					
			1	EcoLine_100x190x15	Estiba_5	FIRST 1	MOVE ON Ruta_C2
EcoLine_100x190x15	Estiba_5	INC Cant_E5 GRAPHIC 1					
			1	EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_2	FIRST 1	MOVE WITH Empacador_2 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_2	WAIT 2 INC Cant_M2					
			1	EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOVE WITH Empacador_4 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	WAIT 60					
			1	EcoLine_100x190x15	EXIT	FIRST 1	
EcoLine_100x190x15	Estiba_3	INC Cant_E3					
			1	EcoLine_100x190x15	Cerradora_3	FIRST 1	MOVE WITH Cerrador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Cerradora_3	WAIT 2.5					
			1	EcoLine_100x190x15	Estiba_6	FIRST 1	MOVE WITH Cerrador_3 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Estiba_6	INC Cant_E6					
			1	EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_3	FIRST 1	MOVE WITH Empacador_5 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Mesa_de_Empaque_3	WAIT 2 INC Cant_M3					
			1	EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	FIRST 1	MOVE WITH Empacador_6 THEN FREE
EcoLine_100x190x15	Area_de_Pto_Terminado	WAIT 60					
			1	EcoLine_100x190x15	EXIT	FIRST 1	