

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE LA EMPRESA MADERA Y MUEBLES  
APLICANDO SIMULACIÓN DISCRETA: Caso particular silla DaVinci**

**Investigadora Principal  
MSc. MARCELA MARÍA MORALES CHÁVEZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA COMERCIAL  
SEMILLERO EN INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Y ESTADÍSTICA  
PEREIRA  
2014**

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE LA EMPRESA MADERA Y MUEBLES  
APLICANDO SIMULACIÓN DISCRETA: Caso particular silla DaVinci**

**Investigadora Principal  
MSc. MARCELA MARÍA MORALES CHÁVEZ**

**Investigadores Auxiliares**

**VALENTINA GIRALDO RAMÍREZ  
DIANA MELISSA RAMÍREZ JARAMILLO**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA COMERCIAL  
SEMILLERO EN INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Y ESTADÍSTICA  
PEREIRA  
2014**

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	9
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	11
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
4. MARCO REFERENCIAL .....	16
4.1 MARCO TEÓRICO .....	16
4.2 MARCO CONCEPTUAL .....	19
4.3 ESTADO ACTUAL .....	23
5. DISEÑO METODOLÓGICO .....	28
5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....	29
5.2 MODELO DE SIMULACIÓN .....	31
5.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	40
5.4 ACCIONES DE MEJORA.....	49
6. CONCLUSIONES .....	53

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	54
8. BIBLIOGRAFÍA.....	55
9. ANEXOS.....	59

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Locaciones</i> .....	32
<b>Tabla 2.</b> <i>Entidades</i> .....	33
<b>Tabla 3.</b> <i>Entity Summary</i> .....	42
<b>Tabla 4.</b> <i>Entity States</i> .....	43
<b>Tabla 5.</b> <i>Location Summary</i> .....	47
<b>Tabla 6.</b> <i>Location States (Multi Cap)</i> .....	48
<b>Tabla 7.</b> <i>Location Summary</i> .....	51

## LISTA DE GRÁFICAS

<b>Figura 1.</b> <i>FLUJO DEL ROCESO</i> .....	30
<b>Figura 2.</b> <i>LAYOUT</i> .....	31
<b>Figura 3.</b> <i>VIEW TEXT</i> .....	34
<b>Figura 4.</b> <i>Entity States-Baseline</i> .....	44
<b>Figura 5.</b> <i>Single Capacity Location States-Baseline</i> .....	46
<b>Figura 6.</b> <i>Entity States-Baseline</i> .....	52

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> <i>Tiempos de Operación</i> .....	59
---	----

## RESUMEN

Esta investigación presenta un análisis de eficiencia de la empresa Madera y muebles ubicada en la ciudad de Santa Rosa de Cabal, desarrollando un modelo de simulación discreta, el cual permitirá a través de los resultados generados realizar un diagnóstico de la eficiencia de los procesos de logística interna, identificando problemas asociados a tiempos de espera, bloqueo y ociosidad, para finalmente proponer acciones de mejora que permitan a la empresa disminuir su tiempo de respuesta al cliente. Un nuevo escenario se plantea obteniendo una disminución del 12.31%.

**Palabras claves:**

Promodel, Simulación, Locaciones, Entidades, Logística, Optimización.

## ABSTRACT

This research presents an analysis of business efficiency "Madera y Muebles" located in the city of Santa Rosa de Cabal, developing a discrete simulation model, which will allow the results generated through a diagnosis of the efficiency of internal logistics processes, identifying problems associated with waiting times, blocking and idleness, to finally establish improvement actions to be implemented and allow the company to decrease the time of customer response. A new scenario arises obtaining a decrease of 12.31%.

**Keywords:**

Promodel, Simulation, Locations, Entities, Logistics, Optimization.

## INTRODUCCIÓN

Madera y muebles es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de muebles de madera para el hogar con una larga trayectoria y un gran reconocimiento en el sector, sin embargo se ha visto en la necesidad de mejorar sus procesos para que el tiempo de respuesta al cliente sea cada vez menor. Es por esta razón que se presenta un análisis de eficiencia de la empresa, aplicando simulación discreta teniendo en cuenta como caso particular, la silla DaVinci que es su producto estrella.

Los estudios que se realizaron arrojan como resultados una producción de 24 sillas, con un tiempo promedio de 8984,53 minutos cada una, estando en espera 54.89% y bloqueados un 9.82%. En este modelo se pudo observar que el proceso en general se desarrolla de manera adecuada, encontrando unos tiempos de bloqueo y espera específicamente en entidades como frentes, preensamble costados, y la tela cocida; en cuanto a las locaciones como preensamble, preensamble 2 y ensamble se evidenciaron esperas de 43,44%, 3,60% y 0,42% respectivamente, lo que muestra las situaciones problemáticas en el sistema generando que el tiempo de respuesta al cliente sea poco eficiente ya que tienen que satisfacer la demanda de los cuatro almacenes.

Se propone un escenario para mejorar esta situación como es el aumento de las capacidades en locaciones específicas, al evaluar esta opción se evidencia una disminución del 12.31%

Esta investigación está estructurada de la siguiente manera. Inicialmente se describe el proceso desde la recepción de materia prima hasta la entrega de la silla DaVinci (ver numeral 5.1), relacionando además toda la información con respecto a tiempos de operación, que permitan un análisis posterior para proceder al diseño del modelo de simulación utilizando el software Promodel presentado en el numeral 5.2, el cual permitirá a través de los resultados generados realizar un diagnóstico de la eficiencia de los procesos, identificando problemas asociados a tiempos de espera, bloqueo y ociosidad como se observa en el numeral 5.3, para finalmente establecer acciones de mejora que permitan que la empresa sea más competitiva (ver numeral 5.4).

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia la industria de la madera se ha potencializado, de tal forma que la producción del mueble, en las últimas décadas se ha convertido en un renglón industrial fuerte; con una contribución total a la industria del 1.44%. “Se destaca el sector del mobiliario, que ocupa el quinto lugar entre los negocios con mayor número de establecimientos y el séptimo mayor generador de empleo en la industria.”<sup>1</sup> Es por esta razón que la balanza comercial colombiana de muebles de madera se ha destacado y posicionado dentro del mercado.

Por tal motivo las empresas de muebles de madera en el país, se han visto en la obligación de sofisticarse en cuanto a maquinaria, además de tener industrias más eficientes, con mayor capacidad de producción y calidad, avanzando en sus procesos para que de esta manera se logre satisfacer la demanda.<sup>2</sup> Es así como las empresas han volcado todos sus esfuerzos, por satisfacer las necesidades e ideales de los clientes; de ahí la importancia de una logística eficiente en toda la cadena de abastecimiento, puesto que ayuda a mantener la rentabilidad, buscando siempre menores costos y disminución en los tiempos, para que el producto llegue en el menor tiempo, en la cantidad requerida, al lugar adecuado, y en las condiciones deseadas cumpliendo con los requerimientos de los clientes.

---

<sup>1</sup> **REVISTA EL MUEBLE Y LA MADERA.** Datos económicos del Mueble y la Madera. Consultado: 20 de Agosto de 2014. Disponible en: [http://www.revista-mm.com/ediciones/rev81/20\\_datos\\_economicos.pdf](http://www.revista-mm.com/ediciones/rev81/20_datos_economicos.pdf)

<sup>2</sup> **REVISTA EL MUEBLE Y LA MADERA.** Muebles de Colombia y Maderas de Colombia. Consultado: 20 de Agosto del 2014. Disponible en: <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev53/editorial.pdf>

Una de esas empresas es MADERA Y MUEBLES, ubicada en la ciudad de Santa Rosa de Cabal, con 17 años de experiencia en el mercado, ofreciendo una variedad de productos de madera para el hogar. Esta se ha visto en la necesidad de mejorar sus procesos para que el tiempo de respuesta al cliente sea cada vez menor. Cabe señalar que dentro de estos procesos se encuentran la selección de la madera, corte de tablonos, preensamble y ensamble de las piezas de madera, inmunizado de las mismas, pintura, secado y tapizado; así como comercialización y distribución de los productos terminados. Por tal motivo, se decide analizar la eficiencia en cuanto a los tiempos de entrega contemplando su producto estrella la silla DaVinci, a través de un modelo de simulación discreta.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las nuevas exigencias globales respecto a competitividad requieren que las organizaciones brinden respuestas eficientes a sus clientes para poder subsistir y tener éxito en el mercado.<sup>3</sup> La capacidad para competir a nivel local y nacional depende de la manera en hacer que los productos tengan un factor diferenciador en cuanto a calidad, entrega, precio y servicio al cliente; otorgándole a una empresa la ventaja de atraer mayor cantidad de mercado, logrando la permanencia y la diferenciación con respecto a otras organizaciones.

Estas exigencias de competitividad se ven evidenciadas también en el sector de los muebles, como se puede comprobar en las siguientes cifras en donde “Colombia en el primer semestre del 2013 exportó US\$18.032.411 en muebles de madera. Periodo en el que Panamá se consolidó como el mayor comprador de este tipo de mobiliario. Entre enero y junio, las ventas a la nación vecina sumaron US\$5.610.297, lo que representa un crecimiento del 23.5%, frente primer semestre del 2012”.<sup>4</sup> El país está mostrando a corto y

---

<sup>3</sup> **SALAZAR LÓPEZ**, Bryan Antonio. Respuesta eficiente al consumidor. Consultado: 28 de Agosto del 2014. Consultado: 27 de Agosto de 2014. Disponible en: [http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero industrial/log%C3%ADstica/respuesta-eficiente-al-consumidor-ecr/](http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/log%C3%ADstica/respuesta-eficiente-al-consumidor-ecr/)

<sup>4</sup> **REVISTA EL MUEBLE Y LA MADERA**. Datos económicos del Mueble y la Madera. Consultado el 20 de Agosto de 2014. Disponible en: <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.revista->

mediano plazo un verdadero desarrollo de mercados, donde el mundo empresarial de este sector productivo necesita estar a la vanguardia de lo que se está exigiendo hoy.

Es importante que una empresa desarrolle procesos de una forma ágil, dando respuestas a los requerimientos del mercado, por esto, hoy en día es necesario saber cuáles son las necesidades reales de los clientes, satisfacerlas y superar sus expectativas. En este caso, la empresa Madera y Muebles, ubicada en la ciudad de Santa Rosa de Cabal, Risaralda, con una sola planta de producción, debe satisfacer la demanda de sus almacenes en Medellín, Manizales, Santa Rosa de Cabal y Pereira; teniendo en cuenta esto, se decide analizar la eficiencia del proceso de la silla “DaVinci”, desde el momento en que la materia prima llega a la fábrica para realizar toda la elaboración de la misma, hasta obtener el producto terminado; para contribuir a la competitividad de la empresa mejorando sus indicadores de tiempo de respuesta al cliente.

---

[mm.com%2Fediciones%2Frev81%2F20\\_datos\\_economicos.pdf&ei=BMgDVIKmAyWxggS43IHYCA&u sg=AFQjCNEjohGiEAEaghqfdUD75u17gOYW6g&bvm=bv.74115972,d.cWc](http://mm.com%2Fediciones%2Frev81%2F20_datos_economicos.pdf&ei=BMgDVIKmAyWxggS43IHYCA&u sg=AFQjCNEjohGiEAEaghqfdUD75u17gOYW6g&bvm=bv.74115972,d.cWc)

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar la eficiencia de la empresa Madera y Muebles a través de un modelo de simulación discreta, para el caso particular silla DaVinci, que permita disminuir los tiempos de respuesta al cliente.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir el proceso de la silla DaVinci en la empresa Madera y Muebles.
2. Diseñar un modelo de simulación que represente el proceso objeto de estudio utilizando el software PROMODEL.
3. Realizar un diagnóstico del proceso a partir de los resultados obtenidos del modelo.
4. Proponer acciones de mejora del sistema actual.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 MARCO TEÓRICO

La **Cadena de Suministros (Supply Chain)** es una integración de proveedores, fábricas y distribuidores que tiene como función la obtención de materiales, la transformación de estos en productos terminados y posteriormente la distribución a los consumidores. Para que la cadena de suministros funcione adecuadamente, es necesario que el **proceso logístico** que se encarga de planear, implementar y controlar el flujo y almacenamiento sea eficiente, con costos competitivos en materias primas, inventarios en proceso y productos terminados; con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes.<sup>5</sup>

Para ayudar a que se logre una logística eficiente **la Investigación de Operaciones (I.O)** comprende un conjunto de procedimientos (determinísticos y estocásticos) que determinan el mejor curso de acción, a partir de modelos matemáticos cuyo objetivo es optimizar un proceso, bajo la restricción de recursos limitados.<sup>6</sup>

El término IO se utiliza por primera vez en el año 1939 durante la 2da Guerra Mundial, específicamente cuando surge la necesidad de investigar las operaciones tácticas y estratégicas de la defensa aérea, ante la incorporación de un nuevo radar, en oportunidad de los ataques alemanes a

---

<sup>5</sup> **MORA GARCIA**, Luis Aníbal. Gestión logística Integral. ECOE ediciones. Bogotá 2008. 380 páginas.

<sup>6</sup> **LEIVA**, Víctor. Investigación de Operaciones. Consultado: 25 de Septiembre del 2014. Disponible en: [http://staff.deuv.cl/leiva/archivos/docencia/IO/clases\(23.08.2012\).pdf](http://staff.deuv.cl/leiva/archivos/docencia/IO/clases(23.08.2012).pdf)

Gran Bretaña. El avance acelerado de la tecnología militar hace que los ejecutivos y administradores militares británicos deban recurrir a los científicos, en pos de apoyo y orientación en la planificación de su defensa. El éxito de un pequeño grupo de científicos que trabajaron en conjunto con el ejecutivo militar a cargo de las operaciones en la "línea", derivó en una mayor demanda de sus servicios y la extensión del uso de la metodología a USA, Canadá y Francia entre otros.

Sin embargo, el origen de la Investigación Operativa puede considerarse como anterior a la Revolución Industrial, aunque fue durante este período que comienzan a originarse los problemas tipo que la Investigación Operativa trata de resolver. A partir de la Revolución Industrial y a través de los años se origina una segmentación funcional y geográfica de la administración, lo que da origen a la función ejecutiva o de integración de la administración para servir a los intereses del sistema como un todo.

La Investigación Operativa tarda en desarrollarse en el campo de la administración industrial. El uso de la metodología científica en la industria se incorpora al inicio de los años 50, a partir de la 2da Revolución Industrial, propiciada por los avances de las comunicaciones, y la computación, que sientan las bases para la automatización, y sobre todo por el florecimiento y bienestar económico de ese período.

Los primeros desarrollos de esta disciplina (IO) se refirieron a problemas de ordenamiento de tareas, reparto de cargas de trabajo, planificación y asignación de recursos en el ámbito militar en sus inicios, diversificándose luego, y extendiéndose finalmente a organizaciones industriales, académicas y gubernamentales.

Una de las técnicas de la Investigación de Operaciones es la **Simulación** que es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de tal forma que se obtiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo. La simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema; la observación de esta historia mediante la manipulación experimental, esta ayuda a inferir las características operacionales de tal sistema. En la definición anterior se citan dos pasos básicos de una simulación: a) desarrollo del modelo y b) experimentación. El desarrollo del modelo incluye la construcción de ecuaciones lógicas representativas del sistema y la preparación de un programa computacional. Una vez que se ha validado el modelo del sistema, la segunda fase de un estudio de simulación entra en escena, experimentar con el modelo para determinar cómo responde el sistema a cambios en los niveles de algunas variables de entrada.

Los términos "**sistema**" y "**modelo**" también son importantes en la definición descrita. Un sistema es una colección de variables que interactúan entre sí dentro de ciertos límites para lograr un objetivo. El modelo por su parte es una representación de los objetos del sistema y refleja de manera sencilla las actividades en las cuales esos objetos se encuentran involucrados.

Se puede entender como **modelo de un sistema**, toda la información que se tiene de las características y los componentes de un sistema, de su estructura y comportamiento con respecto al medio que lo rodea y que permita crear una representación mental del mismo. Cuando estos modelos mentales deben comunicarse a otras personas surge la necesidad de la

representación física o abstracta. En resumen, es la representación simplificada de un objeto o sistema.

## **4.2 MARCO CONCEPTUAL**

**El Software ProModel** es uno de los paquetes de software comercial para simulación más usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseños que, unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten al analista conocer mejor el problema y alcanzar mejores resultados siendo más confiables respecto de las decisiones a tomar.

Básicamente este producto se enfoca a procesos de uno o varios productos, líneas de ensamble y de transformación, entre otros.

En teoría, cualquier sistema de procesos puede ser modelado en computadora; sólo se necesita de esfuerzo e ingenio, además de las herramientas que permitan plasmar el pensamiento en un modelo computarizado. Una de esas herramientas es ProModel, en el cual se puede crear un modelo computarizado de todo proceso de manufactura y una vez realizado el modelado, se podrá simular sobre él una gran cantidad de situaciones como “Justo a tiempo”, “Teoría de restricciones”, “Sistemas de empujar y jalar”, “Logística” y muchas otras más. Además de permitir el simulado de acciones, enseña como optimizar los procesos en la misma, y así obtener los mejores con el consumo mínimo de recursos; para dicha tarea, el sistema cuenta con dos optimizadores.

Promodel se funda en cuatro pilares básicos:

**Entities (Entidades)** que son aquellas cosas que son procesadas dentro del sistema, es decir, son aquellas personas, partes, insumos, documentos, productos, etc. que ingresan al sistema para ser transformados en productos

finales o clientes atendidos. Como es de esperarse, estas entidades son altamente dinámicas, ya que pasan de una estación de servicio o máquina, a otra. **Locations (Locaciones)** las cuales representan las máquinas o personas que atienden, procesan, transforman, etc. a las entidades. Consiguientemente, son estáticas dentro del sistema, ya que no es de esperarse que una máquina se mueva de un lugar a otro. **Arrivals (Llegadas)** este componente define cómo será alimentado el sistema con entidades; es decir define parámetros tales como la cantidad, tipo, frecuencia y lugar de arribo de las entidades. **Processing (Procesos)** Define la forma cómo se moverán las entidades entre las locaciones, más aún, se encarga de proveer las reglas que determinan cómo procesará cada máquina una entidad y el tiempo de ese procesamiento.

Además de los componentes básicos, ProModel permite asignar recursos como personal de mantenimiento, electricidad, agua, gas, etc. a cada operación realizada en una locación. Es posible asignar costos para todos los componentes, de forma que no sólo se pueda determinar el tiempo de producción, sino también el costo de cada producto terminado o cliente atendido.<sup>7</sup>

ProModel provee a los ingenieros y gerentes la oportunidad de probar nuevas ideas para el mejoramiento o diseño de sistemas, antes de invertir tiempo y recursos necesarios para construir o alterar el sistema actual. ProModel se enfoca en objetivos tales como utilización de recursos, capacidad de producción, productividad y niveles de inventario. A través del

---

<sup>7</sup> **SOBEYDA CORNEJO**, Jenny. ProModel. Consultado: 20 de Agosto del 2014. Disponible en: <http://unitecnicasjenny01.files.wordpress.com/2011/04/promodel.pdf>

modelamiento de los elementos importantes de un sistema de producción tales como utilización de recursos, capacidad del sistema y programas de producción, se puede experimentar con diferentes estrategias operacionales y diseños para asegurar los mejores resultados.

Dentro del proceso por simular en esta investigación se encuentran una serie de máquinas que ayudan a la transformación de las materias primas (en este caso la madera) así como la fabricación de todos los productos como muebles, mesas, sillas. Se hallan entre estas el **Horno de Secado**, este se usa para secar los bloques de madera que llegan a la fábrica y eliminar algunas plagas, ya que la madera llega con humedad. La **Sierra Radial** que se compone de un disco que gira y corta las tablas en tablonés más pequeños. En la **Canteadora** se le eliminan las cáscaras rugosas que tiene la madera para que los tablonés queden sin imperfecciones y puedan seguir con el proceso. El **Rizzo** permite darle el alto y ancho a los trozos. Sin duda una de las máquinas más influyentes es el **Cepillo** donde se le da a las piezas la medida exacta que debe llevar en centímetros, la **Sierra sin fin** se encarga de cortar las piezas curvas para luego en el **Trompo** emparejarlas con las plantillas base y darles la figura deseada con la medida requerida. Cuando el proceso lo solicite para enlazar algunas piezas estas deben ser perforadas en el **Barreno** que consta de una broca para hacer las perforaciones donde van incrustados los palitos que permiten unir una pieza con otra. Finalmente en el proceso de **Preensamble y Ensamble** se enlazan todas las piezas para formar la silla, la mesa o lo que se esté fabricando.

Así como máquinas también se contemplan algunas piezas que circulan por el sistema. Estas son: **Costados**, que se ubican a los lados laterales de las sillas. **Arnillas traseras**, que se ubican en el espaldar para darle apoyo a este. Los **Chazos**, son tablas pequeñas en forma triangular, que van ubicados en el asiento para ensamblar todas las patas. Otra parte importante de la silla, son los **Refuerzos** pequeños trozos de madera que se encajan para fortalecer el espaldar. Finalmente se encuentran las **Coderas** que le dan el soporte y el estilo que diferencia a la silla Davinci de todas las demás que se fabrican y comercializan en la empresa.

### 4.3 ESTADO ACTUAL

En la revisión de la literatura se encontraron varios estudios relacionados con la eficiencia de las empresas de muebles de madera, los cuales para su análisis se agrupan de la siguiente manera: En el primer grupo se encuentran las investigaciones que aplican técnicas de simulación al sector muebles, en el segundo se contemplan proyectos que aunque analizan la eficiencia de la empresa, lo hacen a partir de técnicas como el *data envelopment analysis* (DEA), programación lineal y estudios de mercado y por último un tercer grupo enfocado en la importancia del sector de la madera y mueble.

En el primer grupo se encuentran estudios que se centran en mejorar procesos de almacenaje y distribución para el mejoramiento de los sistemas de inventarios; uno de los modelos planteados pretende revisar y mejorar las políticas o procesos actuales de almacenaje, con el fin de proponer un sistema de inventarios conforme al comportamiento de la demanda, para soportar la toma de decisiones gerenciales en la bodega, a nivel tanto administrativo como operativo.<sup>8</sup>

Dentro de este mismo grupo se simulan también los costos de producción para llevar a cabo la determinación e implementación de sistemas de costos tradicionales y sistema ABC, a los artículos que al interior de una empresa presentan mayor volumen de ventas y alto margen de rentabilidad; para

---

<sup>8</sup> PEÑA GUERRERO, Edgar Alberto; FORERO FORERO, Esmeralda. Modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa Muebles y Accesorios S.A. para el mejoramiento de su sistema de inventarios. Universidad Libre Seccional Bogotá. Consultado: 25 de Julio de 2014. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/6700>

garantizar la puesta en marcha hacia un porvenir más competitivo para la empresa.<sup>9</sup>

Así mismo se encuentra un estudio realizado mediante el uso de simulación, para analizar el sistema productivo de carpintería de una compañía, en donde se están realizando cambios, como la construcción de un almacén automatizado, que eliminará el problema de espacio físico que impide aumentar los niveles de producción y así lograr utilizar toda la capacidad instalada.<sup>10</sup>

Para terminar con este grupo, se encontró el proyecto de una empresa que tiene como fin incrementar la productividad, buscando ampliar su mercado e incursionar en mercados latinoamericanos. Analizando la distribución actual de la línea, con el objetivo de proponer una alternativa de distribución que incorpore las nuevas máquinas y contribuya al aumento en la eficiencia de la sección. La distribución actual fue modelada mediante la herramienta de simulación Promodel como soporte para comparar futuras propuestas de

---

<sup>9</sup> **GARCÉS HINCAPIÉ**, Julián Alberto; **RODRÍGUEZ VELÁSQUEZ**, Juan Camilo. Estudio de costos de producción mediante el método tradicional y el método ABC en la empresa Muebles Yoly simulado en el software Promodel. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial. Consultado: 3 de Septiembre de 2014. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3455/1/6581552G215.pdf>

<sup>10</sup> **BLASCO QUERAL**, Rebeca. Análisis y propuesta de mejoras productivas en carpintería de una empresa del sector del mueble de oficina mediante el uso de la Simulación. Universidad Politécnica Catalunya. Consultado: 1 de Agosto de 2014. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3665>

distribución y conocer el impacto de las mejoras en la productividad de la línea<sup>11</sup>.

En el segundo grupo se encuentran proyectos donde se utilizan técnicas como análisis envolventes de datos (DEA) y programación lineal. La primera técnica fue empleada para comprobar las diferencias en la estructura de las tres industrias que componen la cadena de la madera en Madrid (madera, muebles y papel), en donde esta última aparece como la más dinámica. Además de otros aspectos como productividad y especialización las empresas del sector de la madera, y en menor grado las del sector muebles, presentan un nivel de eficiencia medio superior a las empresas de la industria del papel.<sup>12</sup> Respecto a la segunda técnica, se pretendía encontrar la solución óptima en la maximización de la producción de los principales muebles, comprendiendo específicamente: camas, sillas, veladores y mesas para televisión (productos comúnmente pedidos por los clientes), para la cual se emplea la programación lineal como herramienta para la toma de decisiones con un proyecto de plan de producción semanal, con el objetivo

---

<sup>11</sup> **BAUTISTA CALA**, Sandra Milena; **MANZANA HOYOS**, Cristy Johanna. Mejoramiento del proceso productivo de la línea de muebles modulares de Maximuebles. Universidad Industrial de Santander. Consultado: 25 de Julio de 2014. Disponible en: file:///C:/Users/Equipo9.ESTUDIANTES-PC/Downloads/141189.pdf

<sup>12</sup> **DÍAZ BALTEIRO**, Luis; **CASIMIRO**, Antonio; **HERRUZO**, Martínez; **ROMERO LÓPEZ**, Carlos; **MARTÍNEZ NÚÑEZ**, M. Estudio de la eficiencia de las empresas de la cadena de la madera en la comunidad de Madrid. Departamento de Economía y Gestión Forestal Universidad de Madrid. Consultado: 3 de Septiembre de 2014. Disponible en: file:///C:/Users/Equipo9.ESTUDIANTES-PC/Downloads/Dialnet-EstudioDeLaEficienciaDeLasEmpresasDeLaCadenaDeLaMa-2980777%20(1).pdf

de maximizar la ganancia y determinar la combinación de productos que aumenten la utilidad para la Empresa.<sup>13</sup>

También se encontraron estudios de mercado basados en técnicas de investigación comunes como lo es la encuesta. Este es el caso de la empresa Makrohogar fabricante y distribuidora de muebles de sala y colchones, cuyos objetivos fueron identificar el segmento de mercado, al cual la empresa está llegando con sus productos, conocer los mercados potenciales a los cuales puede llegar la empresa, establecer cuáles son las características y los factores que influyen en la decisión de comprar o no del producto y determinar cuál debe ser la publicidad adecuada para mejorar las ventas.<sup>14</sup>

Para finalizar, el tercer grupo está conformado por estudios donde se analizan la importancia del sector de la madera y el mueble; uno de ellos fue realizado en España, especialmente en la Comunidad Valenciana, la segunda comunidad autónoma en número de empresas productoras de muebles, seguida de Cataluña; para conocer los productos que se ofrecen en dicho sector, como es el proceso productivo, los tipos de distribución, el comercio exterior y la comercialización que se realiza. Además, se estudia

---

<sup>13</sup> **CORILLOCLA CUSACANI**, Diana Rosa; **RAMOS DAMIAN**, Lady; **MAMANI TAPIA**, Cynthia Karen; **TRUJILLO CHIPANA**, André Gustavo; **VILCAPAZA FERNANDEZ**, Ysmael; **PINEDA CONDORI**, Víctor. Modelo de programación lineal para la maximización de las ganancias de los productos de mayor demanda en la empresa de Muebles Ronny de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Perú.

<sup>14</sup> **EMPRESA MAKROHOGAR**. Consultado: 27 de Agosto de 2014. Caso real de estudio de mercados. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/casorealmkt.htm>

las estrategias de innovación, el nivel tecnológico, el esfuerzo innovador de dichas empresas y los resultados de la innovación.<sup>15</sup>

Adicionalmente se halló un proyecto para desarrollar un sistema de comercialización e información para productos de la cadena de la madera y muebles en el MERCOSUR, que les permita a los empresarios del sector acceder de forma económica e inmediata a información comercial del mismo, así como ofertas y demandas.<sup>16</sup>

De acuerdo con la revisión de la literatura se encontraron varios estudios donde utilizaban técnicas de simulación, este proyecto pretende aportar en el análisis de eficiencia utilizando técnicas de simulación para modelar la situación real de la empresa Madera y Muebles caso particular la silla Davinci, planteando mejoras y validando que dichas mejoras en el modelo de simulación propuesto, que permita disminuir los tiempos de respuesta al cliente.

---

<sup>15</sup> **GIL MORENO**, Estefanía. Análisis del sector del mueble en la comunidad Valenciana. Universidad Politécnica de Valencia. Consultado: 1 de Agosto de 2014 Disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14596/Trabajo%20Final%20de%20Carrera,%20Estefan%C3%ADa%20Gil%20Moreno.pdf?sequence=1>

<sup>16</sup> **FERREIRA BRUSQUETTI**, Manuel. Investigación madera y muebles. Consultado: 25 de Julio de 2014. Disponible en: [http://www.mercosur.int/msweb/00\\_Dependientes/FCM/ES/docs/EST-002-07-version%20final%20Ferreira.pdf](http://www.mercosur.int/msweb/00_Dependientes/FCM/ES/docs/EST-002-07-version%20final%20Ferreira.pdf)

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

El desarrollo del proyecto se basa en el cumplimiento de los objetivos específicos planteados. Inicialmente se describe el proceso desde la recepción de materia prima hasta la entrega de la silla DaVinci (ver numeral 5.1), relacionando además toda la información con respecto a tiempos de operación que permitan un análisis posterior, con base en esta se procede al diseño del modelo de simulación utilizando el software Promodel (ver numeral 5.2), el cual permitirá a través de los resultados generados realizar un diagnóstico de la eficiencia de los procesos, identificando problemas asociados a tiempos de espera, bloqueo y ociosidad (ver numeral 5.3), para así establecer acciones de mejora que permitan que la empresa sea más competitiva en el sector (ver numeral 5.4).

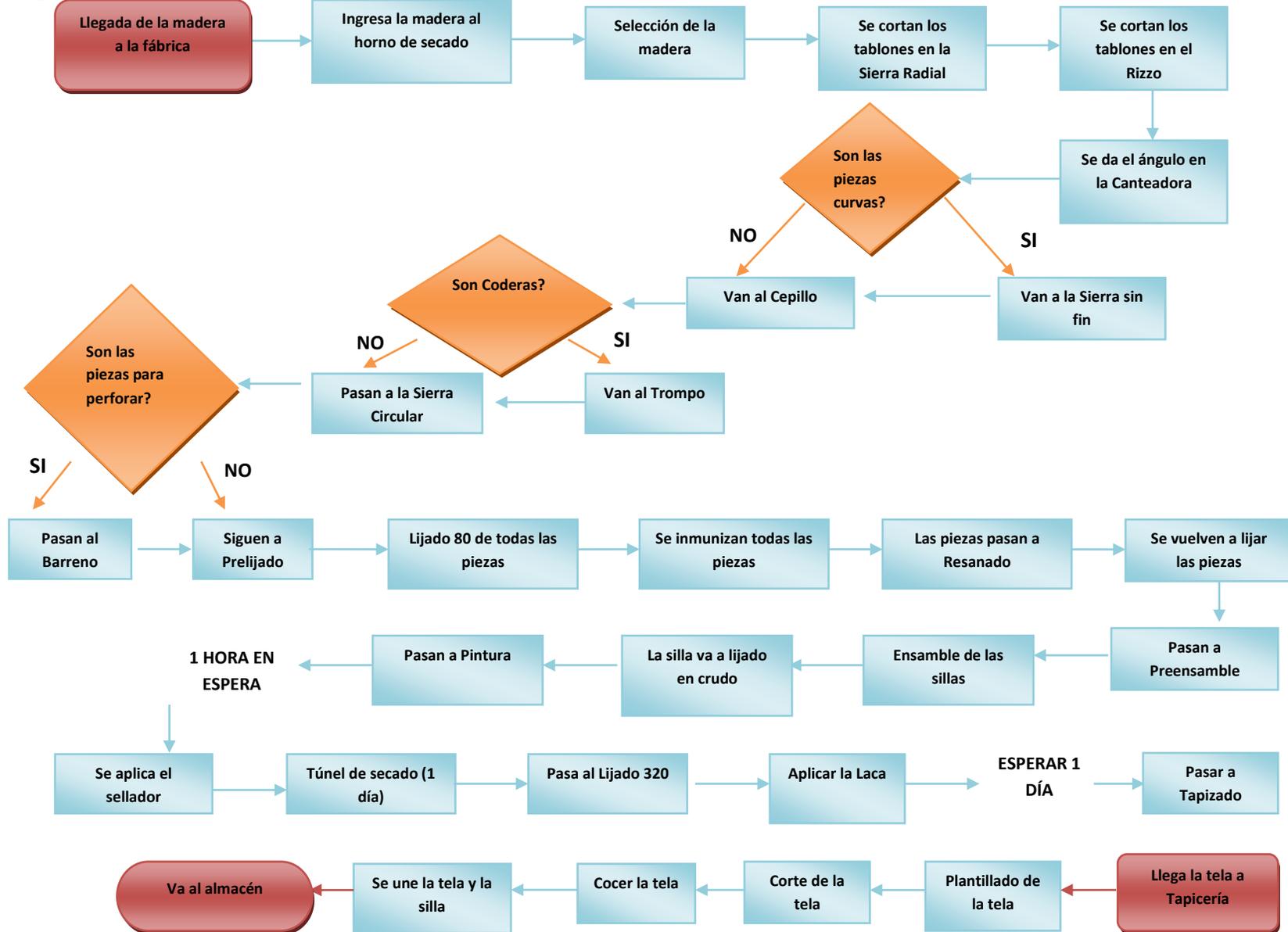
## 5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de la silla DaVinci inicia con la recepción de la materia prima que es la madera llega a la fábrica e ingresa al horno de secado, de allí se selecciona la que se va a utilizar en la elaboración de las sillas, se cortan los tablones en la Sierra Radial y posteriormente pasan al Rizzo, para darle ángulo a las piezas, después pasan por la Canteadora y si las piezas son curvas van a la Sierra sin fin, si no lo son, al cepillo.

Las piezas curvas llamadas coderas se dirigen al Trompo y las rectas van a la Sierra Circular; las piezas para perforar siguen al Barreno y las que no a Prelijado, todas las partes pasan por Lijado 80, de allí a la zona de Inmunizado para seguir al Resanado, cuando se termina este procedimiento las piezas tienen que volver a ser lijadas para realizarles un preensamble y luego ser ensambladas.

Al estar la silla está totalmente armada, pasa al área de pintura y posteriormente se espera 1 hora para aplicar el sellador. A continuación deben pasar por un túnel de secado durante 1 día para luego realizarles el Lijado 320, donde la silla queda lista para aplicar la laca. Un día después llega al área de Tapizado en el que se hacen varios procedimientos, en el primero se plantilla la tela, segundo se corta, tercero se cose y por último se une la tela con la silla para llevarla al almacén donde se comercializa. Este proceso se muestra en la figura 1 y en los anexos 1 se presentan los tiempos de operación correspondientes a cada actividad.

Figura 1. FLUJO DEL ROCESO





**Tabla 1. Locaciones**

LOCACIONES		
Fábrica	Inmunizado	Lijado en crudo
Horno de secado	Fila resanado	Fila pintura
Fila selección madera	Resanado	Pintura
Selección madera	Fila lijado suavizar	Secado
Fila sierra radial	Lijado suavizar	Sellador
Sierra Radial	Fila preensamble costados	Tunel de secado 1
Fila Rizzo	Fila preensamble patas delanteras	Lijado sellador
Rizzo	Fila preensamble coderas	Fila laca
Fila Canteadora	Fila preensamble espaldar	Laca
Canteadora	Preensamble	Tunel de secado 2
Fila sierra sin fin	Fila preensamble 2	Bodega tela
Sierra sin fin	Fila preensamble 2 espaldar	Plantillado
Fila cepillo	Preensamble 2	Corte tela
Cepillo	Fila roteadora	Costura tela
Fila trompo	Roteadora	Fila tapicería tela
Trompo	Fila ensamble frentes	Fila tapicería silla
Fila sierra circular	Fila ensamble arnillas	Tapicería
Sierra circular	Fila ensamble chazos	Almacén
Fila barreno	Fila ensamble refuerzos	
Barreno	Fila ensamble coderas-costados	
Fila lijado en 80	Ensamble	
Lijado en 80	Fila lijado en crudo	

Tabla 1. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

**Tabla 2. Entidades**

<b>ENTIDADES</b>	
Madera aserrada	Silla
Madera seca	Silla lijada
Costados	Silla pintada
Patas delanteras	Silla seca
Frentes	Silla sellada
Arnillas traseras	Silla lijado sellador
Chazos	Silla lacada
Refuerzos	Silla para tapizado
Coderas	Tela
Espaldar	Tela plantillada
Preensamble costados	Tela cortada
Preensamble coderas-espaldar	Tela cocida
Preensamble coderas-costados	Silla tapizada
	Silla terminada

**Tabla 2. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.**

Figura 3. VIEW TEXT

```

*****
*
*                               Formatted Listing of Model:
*                               \\tsclient\C\Users\Valentina\Desktop\Tesisfinal ok.MOD
*
*****

Time Units:                      Minutes
Distance Units:                  Meters

*****
*                               Locations
*
*****

Name          Cap      Units Stats      Rules          Cost
-----
FABRICA       INFINITE 1      Time Series Oldest,
HORNO_DE_SECADO 1      1      Time Series Oldest,
FILA_MADERA_SECA INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
SELECCION_MADERA 1      1      Time Series Oldest,
SIERRA_RADIAL 1      1      Time Series Oldest,
RIZZO        1      1      Time Series Oldest, First
FILA_RIZZO   INFINITE 1      Time Series Oldest,
CANTEADORA   1      1      Time Series Oldest,
SIERRA_SIN_FIN 1      1      Time Series Oldest,
CEPILLO      1      1      Time Series Oldest, First
TROMPO       1      1      Time Series Oldest,
SIERRA_CIRCULAR 1      1      Time Series Oldest,
BARRENO      1      1      Time Series Oldest,
LIJADO_SUAUIZAR 1      1      Time Series Oldest,
INMUNIZADO   INFINITE 1      Time Series Oldest,
PREENSAMBLE  1      1      Time Series Oldest,
ENSAMBLE     1      1      Time Series Oldest,
RESANADO     1      1      Time Series Oldest,
LIJADO_EN_CRUDO 1      1      Time Series Oldest,
FILA_PINTURA INFINITE 1      Time Series Oldest,
PINTURA     1      1      Time Series Oldest,
SECADO       INFINITE 1      Time Series Oldest,
SELLADOR     1      1      Time Series Oldest,
LIJADO_SELLADOR 1      1      Time Series Oldest,
TUNEL_DE_SECADO_1 INFINITE 1      Time Series Oldest,
FILA_LACA    INFINITE 1      Time Series Oldest,
LACA        1      1      Time Series Oldest,
TUNEL_DE_SECADO_2 INFINITE 1      Time Series Oldest,
BODEGA_TELA  24      1      Time Series Oldest,
TAPICERIA   1      1      Time Series Oldest,
ALMACEN     INFINITE 1      Time Series Oldest,
FILA_SIERRA_RADIAL INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
FILA_CANTEADORA INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
FILA_SIERRA_SIN_FIN INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
FILA_CEPILLO INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
FILA_TROMPO  INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
FILA_SIERRA_CIRCULAR INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,

```

Figura 3 (Continuación)

LIJADO_EN_80	1	1	Time Series Oldest,	,
FILA_BARRENO	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_PRELIJADO_	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_RESANADO	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_LIJADO_SUAVIZAR	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_PREEMS_CODERAS	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_ENSAMBLE_FRENTES	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_LIJADO_EN_CRUDO	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_ROTADORA	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
ROTADORA	1	1	Time Series Oldest,	,
PLANTILLADO	1	1	Time Series Oldest,	,
CORTE_TELA	1	1	Time Series Oldest,	,
COSTURA_TELA	1	1	Time Series Oldest,	,
FILA_TAPICERIA_SILLA	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
PREENSAMBLE_2	1	1	Time Series Oldest,	,
FILA_PREENSAMBLE_2	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_PREEMS_DELANTERAS	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_PREEMS_COSTADOS	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_PREEMS_ESPALDAR	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_ENSAMB_ARNILLAS	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_ENSAMB_CHAZOS	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_ENSAMB_REFUERZOS	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_ENSAMB_CODE_COST	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_PREEMS_2_ESPALDAR	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,
FILA_TAPICERIA_TELA	INFINITE	1	Time Series Oldest,	FIFO,

\*\*\*\*\*  
 \* Entities  
 \*\*\*\*\*

Name	Speed (mpm)	Stats
MADERA_ASERRADA	50	Time Series
MADERA_SECA	50	Time Series
SILLA	50	Time Series
SILA_LIJADA	50	Time Series
SILLA_PINTADA	50	Time Series
SILLA_SECA	50	Time Series
SILLA_SELLADA	50	Time Series
SILLA_LIJADO_SELLADOR	50	Time Series
SILLA_LACADA	50	Time Series
SILLA_PARA_TAPIZADO	50	Time Series
TELA	50	Time Series
SILLA_TAPIZADA	50	Time Series
SILLA_TERMINADA	50	Time Series
COSTADOS	50	Time Series
PATAS_DELANTERAS	50	Time Series
FRENTES	50	Time Series
ARNILLAS_TRASERAS	50	Time Series
CHAZOS	50	Time Series
REFUERZOS	50	Time Series
PREESAMBLE_COSTADOS	50	Time Series
PREESAMBLE_CODERAS_ESPALDAR	50	Time Series
ESPALDAR	50	Time Series
CODERAS	50	Time Series
TELA_PLANTILLADA	50	Time Series
TELA_CORTADA	50	Time Series
TELA_COCIDA	50	Time Series
PREENSAMBLE_CODERAS_COSTADOS	50	Time Series

Figura 3 (Continuación)

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

		Process			Routing	
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule
MADERA_ASERRADA	FABRICA		1	MADERA_ASERRADA	HORNO_DE_SECADO	FIRST 1
MADERA_ASERRADA	HORNO_DE_SECADO	WAIT 4320	1	MADERA_SECA	FILA_MADERA_SECA	FIRST 1
MADERA_SECA	FILA_MADERA_SECA		1	MADERA_SECA	SELECCION_MADERA	FIRST 1
MADERA_SECA	SELECCION_MADERA	WAIT 3.07	1	MADERA_SECA	FILA_SIERRA_RADIAL	FIRST 1
MADERA_SECA	FILA_SIERRA_RADIAL		1	MADERA_SECA	SIERRA_RADIAL	FIRST 1
MADERA_SECA	SIERRA_RADIAL	WAIT 36.86	1	COSTADOS	FILA_RIZZO	FIRST 48
			2*	PATAS_DELANTERAS	FILA_RIZZO	FIRST 48
			3*	FRENTES	FILA_RIZZO	FIRST 24
			4	ARNILLAS_TRASERAS	FILA_RIZZO	FIRST 24
			5	CHAZOS	FILA_RIZZO	FIRST 96
			6	REFUERZOS	FILA_RIZZO	FIRST 264
			7	CODERAS	FILA_CANTEADORA	FIRST 96
COSTADOS	FILA_RIZZO		1	COSTADOS	RIZZO	FIRST 1
PATAS_DELANTERAS	FILA_RIZZO		1	PATAS_DELANTERAS	RIZZO	FIRST 1
FRENTES	FILA_RIZZO		1	FRENTES	RIZZO	FIRST 1
ARNILLAS_TRASERAS	FILA_RIZZO		1	ARNILLAS_TRASERAS	RIZZO	FIRST 1
CHAZOS	FILA_RIZZO		1	CHAZOS	RIZZO	FIRST 1
REFUERZOS	FILA_RIZZO		1	REFUERZOS	RIZZO	FIRST 1
COSTADOS	RIZZO	WAIT 0.32	1	COSTADOS	FILA_CANTEADORA	FIRST 1
PATAS_DELANTERAS	RIZZO	WAIT 0.34	1	PATAS_DELANTERAS	FILA_SIERRA_SIN_FIN	FIRST 1
FRENTES	RIZZO	WAIT 0.33	1	FRENTES	FILA_CANTEADORA	FIRST 1
ARNILLAS_TRASERAS	RIZZO	WAIT 0.18	1	ARNILLAS_TRASERAS	FILA_SIERRA_SIN_FIN	FIRST 1
CHAZOS	RIZZO	WAIT 0.08	1	CHAZOS	FILA_CANTEADORA	FIRST 1
REFUERZOS	RIZZO	WAIT 0.30	1	REFUERZOS	FILA_CANTEADORA	FIRST 1
CODERAS	FILA_CANTEADORA		1	CODERAS	CANTEADORA	FIRST 1
COSTADOS	FILA_CANTEADORA		1	COSTADOS	CANTEADORA	FIRST 1
FRENTES	FILA_CANTEADORA		1	FRENTES	CANTEADORA	FIRST 1
CHAZOS	FILA_CANTEADORA		1	CHAZOS	CANTEADORA	FIRST 1
REFUERZOS	FILA_CANTEADORA		1	REFUERZOS	CANTEADORA	FIRST 1
CODERAS	CANTEADORA	WAIT 0.11	1	CODERAS	FILA_SIERRA_SIN_FIN	FIRST 1
COSTADOS	CANTEADORA	WAIT 0.11	1	COSTADOS	FILA_CEPILLO	FIRST 1
FRENTES	CANTEADORA	WAIT 0.11	1	FRENTES	FILA_CEPILLO	FIRST 1
CHAZOS	CANTEADORA	WAIT 0.11	1	CHAZOS	FILA_CEPILLO	FIRST 1
REFUERZOS	CANTEADORA	WAIT 0.11	1	REFUERZOS	FILA_CEPILLO	FIRST 1
PATAS_DELANTERAS	FILA_SIERRA_SIN_FIN		1	PATAS_DELANTERAS	SIERRA_SIN_FIN	FIRST 1
ARNILLAS_TRASERAS	FILA_SIERRA_SIN_FIN		1	ARNILLAS_TRASERAS	SIERRA_SIN_FIN	FIRST 1
CODERAS	FILA_SIERRA_SIN_FIN		1	CODERAS	SIERRA_SIN_FIN	FIRST 1
PATAS_DELANTERAS	SIERRA_SIN_FIN	WAIT 0.90	1	PATAS_DELANTERAS	FILA_CEPILLO	FIRST 1
ARNILLAS_TRASERAS	SIERRA_SIN_FIN	WAIT 1.75	1	ARNILLAS_TRASERAS	FILA_CEPILLO	FIRST 1
CODERAS	SIERRA_SIN_FIN	WAIT 0.87	1	CODERAS	FILA_CEPILLO	FIRST 1
COSTADOS	FILA_CEPILLO		1	COSTADOS	CEPILLO	FIRST 1
PATAS_DELANTERAS	FILA_CEPILLO		1	PATAS_DELANTERAS	CEPILLO	FIRST 1
FRENTES	FILA_CEPILLO		1	FRENTES	CEPILLO	FIRST 1
ARNILLAS_TRASERAS	FILA_CEPILLO		1	ARNILLAS_TRASERAS	CEPILLO	FIRST 1
CHAZOS	FILA_CEPILLO		1	CHAZOS	CEPILLO	FIRST 1
REFUERZOS	FILA_CEPILLO		1	REFUERZOS	CEPILLO	FIRST 1

Figura 3 (Continuación)

CODERAS	FILA_CEPILLO		1	CODERAS	CEPILLO	FIRST	1
COSTADOS	CEPILLO	WAIT 0.44	1	COSTADOS	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	CEPILLO	WAIT 0.44	1	PATAS_DELANTERAS	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
FRENTES	CEPILLO	WAIT 0.88	1	FRENTES	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
ARNILLAS_TRASERAS	CEPILLO	WAIT 0.11	1	ARNILLAS_TRASERAS	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
CHAZOS	CEPILLO	WAIT 0.22	1	CHAZOS	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
REFUERZOS	CEPILLO	WAIT 0.08	1	REFUERZOS	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
CODERAS	CEPILLO	WAIT 0.8	1	CODERAS	FILA_TROMPO	FIRST	1
CODERAS	FILA_TROMPO		1	CODERAS	TROMPO	FIRST	1
CODERAS	TROMPO	WAIT 2.14	1	CODERAS	FILA_SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
COSTADOS	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	COSTADOS	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	PATAS_DELANTERAS	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
FRENTES	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	FRENTES	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
ARNILLAS_TRASERAS	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	ARNILLAS_TRASERAS	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
CHAZOS	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	CHAZOS	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
REFUERZOS	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	REFUERZOS	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
CODERAS	FILA_SIERRA_CIRCULAR		1	CODERAS	SIERRA_CIRCULAR	FIRST	1
COSTADOS	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 0.86	1	COSTADOS	FILA_BARRENO	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 0.87	1	PATAS_DELANTERAS	FILA_BARRENO	FIRST	1
FRENTES	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 1.73	1	FRENTES	FILA_BARRENO	FIRST	1
ARNILLAS_TRASERAS	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 1.72	1	ARNILLAS_TRASERAS	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
CHAZOS	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 0.43	1	CHAZOS	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
REFUERZOS	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 0.16	1	REFUERZOS	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
CODERAS	SIERRA_CIRCULAR	WAIT 0.43	1	CODERAS	FILA_BARRENO	FIRST	1
COSTADOS	FILA_BARRENO		1	COSTADOS	BARRENO	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	FILA_BARRENO		1	PATAS_DELANTERAS	BARRENO	FIRST	1
FRENTES	FILA_BARRENO		1	FRENTES	BARRENO	FIRST	1
CODERAS	FILA_BARRENO		1	CODERAS	BARRENO	FIRST	1
COSTADOS	BARRENO	WAIT 0.54	1	COSTADOS	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	BARRENO	WAIT 0.55	1	PATAS_DELANTERAS	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
FRENTES	BARRENO	WAIT 1.09	1	FRENTES	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
CODERAS	BARRENO	WAIT 0.27	1	CODERAS	FILA_PRELIJADO_	FIRST	1
COSTADOS	FILA_PRELIJADO_		1	COSTADOS	LIJADO_EN_80	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	FILA_PRELIJADO_		1	PATAS_DELANTERAS	LIJADO_EN_80	FIRST	1
FRENTES	FILA_PRELIJADO_		1	FRENTES	LIJADO_EN_80	FIRST	1
ARNILLAS_TRASERAS	FILA_PRELIJADO_		1	ARNILLAS_TRASERAS	LIJADO_EN_80	FIRST	1
CHAZOS	FILA_PRELIJADO_		1	CHAZOS	LIJADO_EN_80	FIRST	1
REFUERZOS	FILA_PRELIJADO_		1	REFUERZOS	LIJADO_EN_80	FIRST	1
CODERAS	FILA_PRELIJADO_		1	CODERAS	LIJADO_EN_80	FIRST	1
COSTADOS	LIJADO_EN_80	WAIT 0.50	1	COSTADOS	INMUNIZADO	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	LIJADO_EN_80	WAIT 0.51	1	PATAS_DELANTERAS	INMUNIZADO	FIRST	1
FRENTES	LIJADO_EN_80	WAIT 1.01	1	FRENTES	INMUNIZADO	FIRST	1
ARNILLAS_TRASERAS	LIJADO_EN_80	WAIT 1.02	1	ARNILLAS_TRASERAS	INMUNIZADO	FIRST	1
CHAZOS	LIJADO_EN_80	WAIT 0.25	1	CHAZOS	INMUNIZADO	FIRST	1
REFUERZOS	LIJADO_EN_80	WAIT 0.10	1	REFUERZOS	INMUNIZADO	FIRST	1
CODERAS	LIJADO_EN_80	WAIT 0.26	1	CODERAS	INMUNIZADO	FIRST	1
COSTADOS	INMUNIZADO	WAIT 0.17	1	COSTADOS	FILA_RESANADO	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	INMUNIZADO	WAIT 0.18	1	PATAS_DELANTERAS	FILA_RESANADO	FIRST	1
FRENTES	INMUNIZADO	WAIT 0.35	1	FRENTES	FILA_RESANADO	FIRST	1
ARNILLAS_TRASERAS	INMUNIZADO	WAIT 0.36	1	ARNILLAS_TRASERAS	FILA_RESANADO	FIRST	1
CHAZOS	INMUNIZADO	WAIT 0.09	1	CHAZOS	FILA_RESANADO	FIRST	1
REFUERZOS	INMUNIZADO	WAIT 0.03	1	REFUERZOS	FILA_RESANADO	FIRST	1
CODERAS	INMUNIZADO	WAIT 0.09	1	CODERAS	FILA_RESANADO	FIRST	1
COSTADOS	FILA_RESANADO		1	COSTADOS	RESANADO	FIRST	1

Figura 3 (Continuación)

PATAS_DELANTERAS	FILA_RESANADO	1	SUAVIZO	RESANADO	FIRST	1
FRENTES	FILA_RESANADO	1	PATAS_DELANTERAS	RESANADO	FIRST	1
ARNILLAS TRASERAS	FILA_RESANADO	1	FRENTES	RESANADO	FIRST	1
CHAZOS	FILA_RESANADO	1	ARNILLAS TRASERAS	RESANADO	FIRST	1
REFUERZOS	FILA_RESANADO	1	CHAZOS	RESANADO	FIRST	1
CODERAS	FILA_RESANADO	1	REFUERZOS	RESANADO	FIRST	1
COSTADOS	RESANADO	WAIT 0.36	CODERAS	RESANADO	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	RESANADO	WAIT 0.35	COSTADOS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
FRENTES	RESANADO	WAIT 0.71	PATAS_DELANTERAS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
ARNILLAS TRASERAS	RESANADO	WAIT 0.72	FRENTES	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
CHAZOS	RESANADO	WAIT 0.18	ARNILLAS TRASERAS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
REFUERZOS	RESANADO	WAIT 0.06	CHAZOS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
CODERAS	RESANADO	WAIT 0.18	REFUERZOS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
COSTADOS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	CODERAS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	COSTADOS	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
FRENTES	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	LIJADO_SUAVIZAR	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
ARNILLAS TRASERAS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	PATAS_DELANTERAS	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
CHAZOS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	FRENTES	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
REFUERZOS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	ARNILLAS TRASERAS	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
CODERAS	FILA_LIJADO_SUAVIZAR	1	CHAZOS	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
COSTADOS	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.36	REFUERZOS	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.35	CODERAS	LIJADO_SUAVIZAR	FIRST	1
FRENTES	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.71	COSTADOS	FILA_PREEMS_COSTADOS	FIRST	1
ARNILLAS TRASERAS	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.72	PATAS_DELANTERAS	FILA_PREEMS_DELANTERAS	FIRST	1
CHAZOS	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.18	FRENTES	FILA_ENSAMBLE_FRENTES	FIRST	1
REFUERZOS	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.06	ARNILLAS TRASERAS	FILA_ENSAMB_ARNILLAS	FIRST	1
CODERAS	LIJADO_SUAVIZAR	WAIT 0.18	CHAZOS	FILA_ENSAMB_CHAZOS	FIRST	1
COSTADOS	FILA_PREEMS_COSTADOS	1	REFUERZOS	FILA_ENSAMB_REFUERZOS	FIRST	1
PATAS_DELANTERAS	FILA_PREEMS_DELANTERAS	1	CODERAS	FILA_PREEMS_CODERAS	FIRST	1
CODERAS	FILA_PREEMS_CODERAS	1	COSTADOS	PREENSAMBLE	JOIN 1	
ESPALDAR	FILA_PREEMS_ESPALDAR	1	PATAS_DELANTERAS	PREENSAMBLE	FIRST 1	
PATAS_DELANTERAS	PREENSAMBLE	JOIN 1 COSTADOS WAIT 2.5	CODERAS	PREENSAMBLE	JOIN 1	
ESPALDAR	PREENSAMBLE	JOIN 4 CODERAS WAIT 10.42	ESPALDAR	PREENSAMBLE	JOIN 1	
PREESAMBLE_COSTADOS	FILA_PREENSAMBLE_2	1	PREESAMBLE_COSTADOS	FILA_PREEMS_COSTADOS	FIRST 1	
PREESAMBLE_CODERAS_ESPALDAR	FILA_PREEMS_2_ESPALDAR	1	PREESAMBLE_CODERAS_ESPALDAR	FILA_PREEMS_2_ESPALDAR	FIRST 1	
PREESAMBLE_CODERAS_ESPALDAR	PREENSAMBLE_2	JOIN 2 PREESAMBLE_COSTADOS WAIT 2	PREESAMBLE_COSTADOS	PREENSAMBLE_2	JOIN 1	
FRENTES	FILA_ENSAMBLE_FRENTES	1	PREESAMBLE_CODERAS_COSTADOS	FILA_PREEMS_2_ESPALDAR	FIRST 1	
ARNILLAS TRASERAS	FILA_ENSAMB_ARNILLAS	1	FRENTES	PREENSAMBLE_2	JOIN 1	
CHAZOS	FILA_ENSAMB_CHAZOS	1	ARNILLAS TRASERAS	PREENSAMBLE_2	FIRST 1	
REFUERZOS	FILA_ENSAMB_REFUERZOS	1	CHAZOS	PREENSAMBLE_2	FIRST 1	
PREENSAMBLE_CODERAS_COSTADOS	FILA_ENSAMB_CODE_COST	1	REFUERZOS	PREENSAMBLE_2	FIRST 1	
PREENSAMBLE_CODERAS_COSTADOS	ENSAMBLE	JOIN 1 FRENTES JOIN 1 ARNILLAS TRASERAS JOIN 4 CHAZOS JOIN 11 REFUERZOS WAIT 12.92	PREENSAMBLE_CODERAS_COSTADOS	PREENSAMBLE_2	FIRST 1	

Figura 3 (Continuación)

SILLA	FILA_LIJADO_EN_CRUDO		1	SILLA	FILA_LIJADO_EN_CRUDO	FIRST	1
SILLA	LIJADO_EN_CRUDO	WAIT 52	1	SILLA	LIJADO_EN_CRUDO	FIRST	1
SILA_LIJADA	FILA_PINTURA		1	SILA_LIJADA	FILA_PINTURA	FIRST	1
SILA_LIJADA	PINTURA	WAIT 2	1	SILA_LIJADA	PINTURA	FIRST	1
SILLA_PINTADA	SECADO	WAIT 60	1	SILLA_PINTADA	SECADO	FIRST	1
SILLA_SECA	SELLADOR	WAIT 10	1	SILLA_SECA	SELLADOR	FIRST	1
SILLA_SELLADA	TUNEL_DE_SECADO_1	WAIT 1440	1	SILLA_SELLADA	TUNEL_DE_SECADO_1	FIRST	1
SILLA_SELLADA	LIJADO_SELLADOR	WAIT 105	1	SILLA_SELLADA	LIJADO_SELLADOR	FIRST	1
SILLA_LIJADO_SELLADOR	FILA_LACA		1	SILLA_LIJADO_SELLADOR	FILA_LACA	FIRST	1
SILLA_LIJADO_SELLADOR	LACA	WAIT 5	1	SILLA_LIJADO_SELLADOR	LACA	FIRST	1
SILLA_LACADA	TUNEL_DE_SECADO_2	WAIT 1440	1	SILLA_LACADA	TUNEL_DE_SECADO_2	FIRST	1
SILLA_PARA_TAPIZADO	FILA_TAPICERIA_SILLA		1	SILLA_PARA_TAPIZADO	FILA_TAPICERIA_SILLA	FIRST	1
TELA	BODEGA_TELA		1	SILLA_PARA_TAPIZADO	TAPICERIA	FIRST	1
TELA	PLANTILLADO	WAIT 3	1	TELA	PLANTILLADO	FIRST	1
TELA_PLPANTILLADA	CORTE_TELA	WAIT 5	1	TELA_PLPANTILLADA	CORTE_TELA	FIRST	1
TELA_CORTADA	COSTURA_TELA	WAIT 2	1	TELA_CORTADA	COSTURA_TELA	FIRST	1
TELA_COCIDA	FILA_TAPICERIA_TELA		1	TELA_COCIDA	FILA_TAPICERIA_TELA	FIRST	1
SILLA_PARA_TAPIZADO	TAPICERIA	JOIN 1 TELA_COCIDA	1	TELA_COCIDA	TAPICERIA	JOIN	1

SILLA_TAPIZADA	ALMACEN		1	SILLA_TAPIZADA	ALMACEN	FIRST	1
			1	SILLA_TERMINADA	EXIT	FIRST	1

\*\*\*\*\*  
 \* Arrivals \*  
 \*\*\*\*\*

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
MADERA_ASERRADA	FABRICA	1	0	1	1	
ESPALDAR	FILA_PREEMS_ESPALDAR	24	0	1	1	
TELA	BODEGA_TELA	24	0	1	1	

\*\*\*\*\*  
 \* Variables (global) \*  
 \*\*\*\*\*

ID	Type	Initial value	Stats
PIEZAS_PARA_INMUNIZAR	Integer	0	Time Series

Figura 3. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

### **5.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

#### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

La simulación del proceso de la silla DaVinci tiene una duración de 169,87 horas, restándole a este tiempo 72 horas (3 días) que la madera aserrada se encuentra en el horno de secado y 48 horas (2 días) en los que la silla permanece en el horno de secado 1 y horno de secado 2, la otra parte del tiempo es equivalente a 6 días y 2 horas de trabajo de acuerdo a la jornada laboral de la empresa, lo que muestra que el modelo está representando de una manera adecuada la situación real de la compañía, en la revisión detallada del proceso se encontró:

El sistema genera un total de 24 sillas, con un tiempo promedio de 8984,53 minutos cada una (Ver tabla 3), estando en espera 4931,30 minutos lo que equivale al 54.89% y 882,30 minutos bloqueados que equivalen a 9.82% (Ver tabla 4). El tiempo de operación fue 3170,92 minutos que equivalen a 35.29%.

Como se puede ver en la Figura 4 las entidades con tiempos de espera más significativos son los frentes, preensamble costados, y la tela cocida. Los primeros cuentan con un tiempo promedio de 435,08 minutos cada uno dentro del sistema, de este tiempo se encuentra en espera 389,04 minutos que equivalen al 89,42% y bloqueados 37,30 minutos, es decir 8,57%, ya que pasan directamente a ensamble omitiendo la locación preensamble 1 y 2, por lo que deben permanecer en la locación hasta que se fabriquen dos piezas más que van unidas a ellos. Referente al preensamble costados, se observa un tiempo promedio de 366,08 minutos de los cuales está el 89.44% en cola (327.42 minutos) puesto que estos deben permanecer allí hasta que llegue el preensamble de los espaldares con las coderas. Finalmente se percibe que la tela cocida es la entidad con mayor tiempo de espera pues circula por el sistema un tiempo promedio 8954,53 minutos de los cuales 8886,76 minutos se

encuentra sin operación, esto es el 99.24% del tiempo; teniendo en cuenta que la tela ingresa al sistema en el momento en que inicia la simulación y se encuentra esperando a que se fabrique la silla para ser tapizada (unida con la tela), por esto esta espera no es significativa en el modelo. Estos datos se pueden evidenciar en la tabla 3 y 4.

**Tabla 3. Entity Summary**

Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time Waiting (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Time Blocked (M...
SILLA TERMINADA	24,00	8.984,53	4.931,30	3.170,92	882,30
COSTADOS	48,00	4.723,88	349,17	4.365,90	8,81
FRENTES	24,00	435,08	389,04	8,74	37,30
ARNILLAS TRASERAS	24,00	4.797,34	383,77	4.368,59	44,98
CHAZOS	96,00	4.797,34	385,08	4.363,65	48,62
REFUERZOS	264,00	4.797,34	342,63	4.362,92	91,80
PREESAMBLE COSTADOS	48,00	366,08	327,42	8,92	29,74
CODERAS	96,00	4.516,24	143,82	4.367,78	4,64
TELA PLPANTILLADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TELA CORTADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TELA COCIDA	24,00	8.954,53	8.886,76	10,26	57,50

Tabla 3. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

**Tabla 4. Entity States**

Name	% In Move Logic	% Waiting	% In Operation	% Blocked
SILLA TERMINADA	0,00	54,89	35,29	9,82
COSTADOS	0,00	7,39	92,42	0,19
FRENTES	0,00	89,42	2,01	8,57
ARNILLAS TRASERAS	0,00	8,00	91,06	0,94
CHAZOS	0,00	8,03	90,96	1,01
REFUERZOS	0,00	7,14	90,94	1,91
PREESAMBLE COSTADOS	0,00	89,44	2,44	8,12
CODERAS	0,00	3,18	96,71	0,10
TELA COCIDA	0,00	99,24	0,11	0,64

**Tabla 4. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.**

Figura 4. Entity States-Baseline

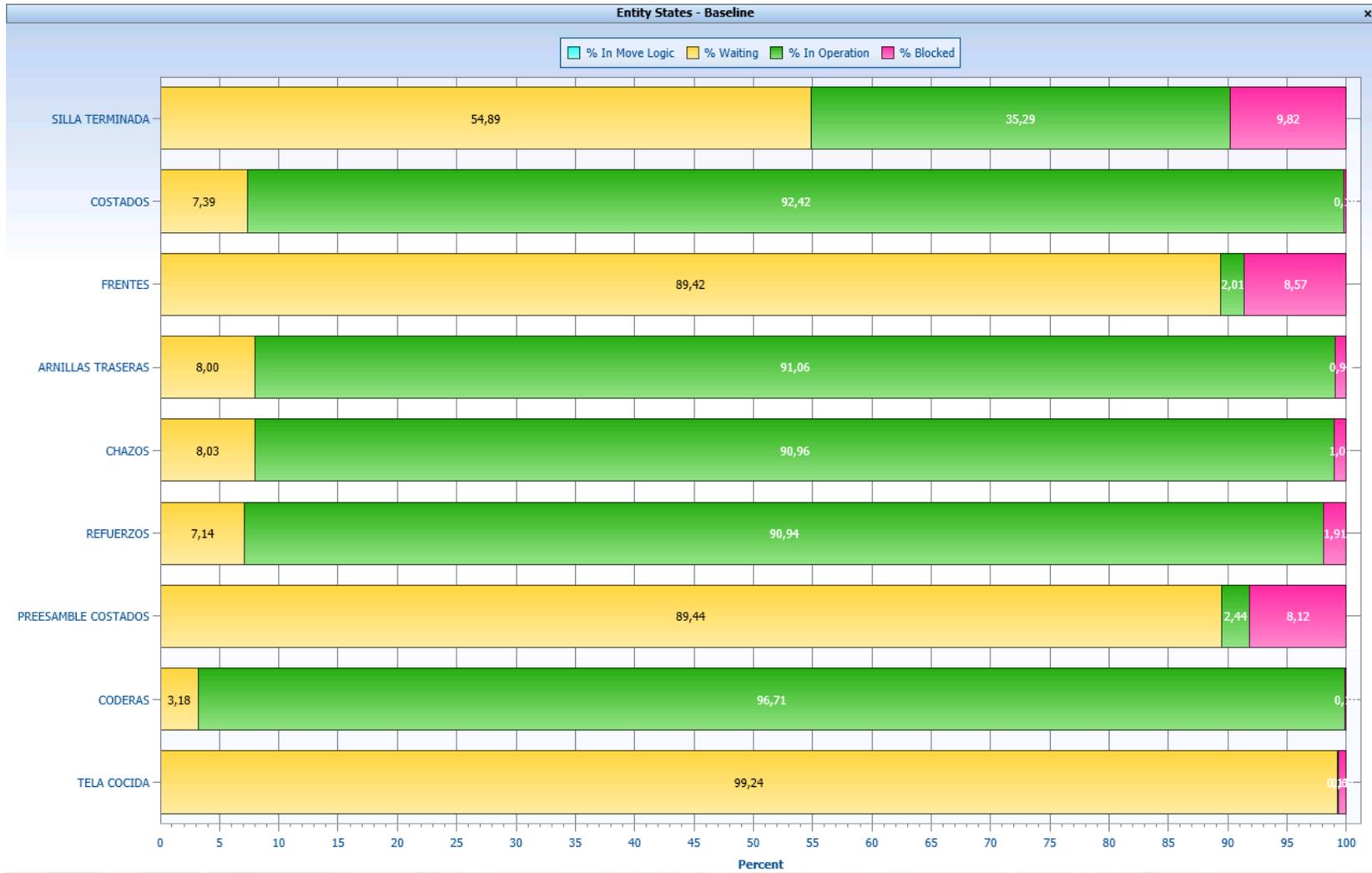


Figura 4. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

Las locaciones con mayor porcentaje de operación fueron el horno de secado 42,79%, lijado sellador con 24,73% lijado en crudo 12,24%, y tapicería con un 7,06%.

Las locaciones que presentan esperas son preensamble, preensamble 2 y ensamble ya que en estas entidades se unen varias piezas por tanto unas están esperando que se terminen de fabricar las otras. En la primera locación se evidencian esperas de 43,44%, en el preensamble 2 de 3,60% y en el ensamble de 0,42%. Además de un bloqueo en plantillado de 0,45% como se puede ver en la figura 5.

Se encontró que las filas donde se acumulan una mayor cantidad de entidades son la fila Rizzo con 504 piezas y un tiempo promedio por entidad de 63.61 minutos, en la fila cepillo 282 con un tiempo promedio de 49.76 minutos, en la fila ensamble refuerzos 261 con un tiempo de 236.50 minutos, en la fila sierra circular 227 con 39.97 minutos, en la fila sierra sin fin 117 con un tiempo de 58.98 minutos, en la fila Canteadora 96 con un tiempo de 1.91 minutos y en la fila ensamble chazos 96 con 302,05 minutos. (Ver tabla 5).

En la tabla 6 las filas que estuvieron ocupadas una gran parte del tiempo fueron la fila preensamble espaldar con un 45.99%, el túnel de secado 1 con 37.82%, túnel de secado 2 con el mismo porcentaje, la locación secado 12.32%, la fila lijado en crudo en un 11.61%, y por último la fila tapicería tela con el índice más alto del 99.61% debido a que la tela se encuentra esperando que fabriquen la silla durante toda la simulación para ser unida a esta.

Figura 5. Single Capacity Location States-Baseline

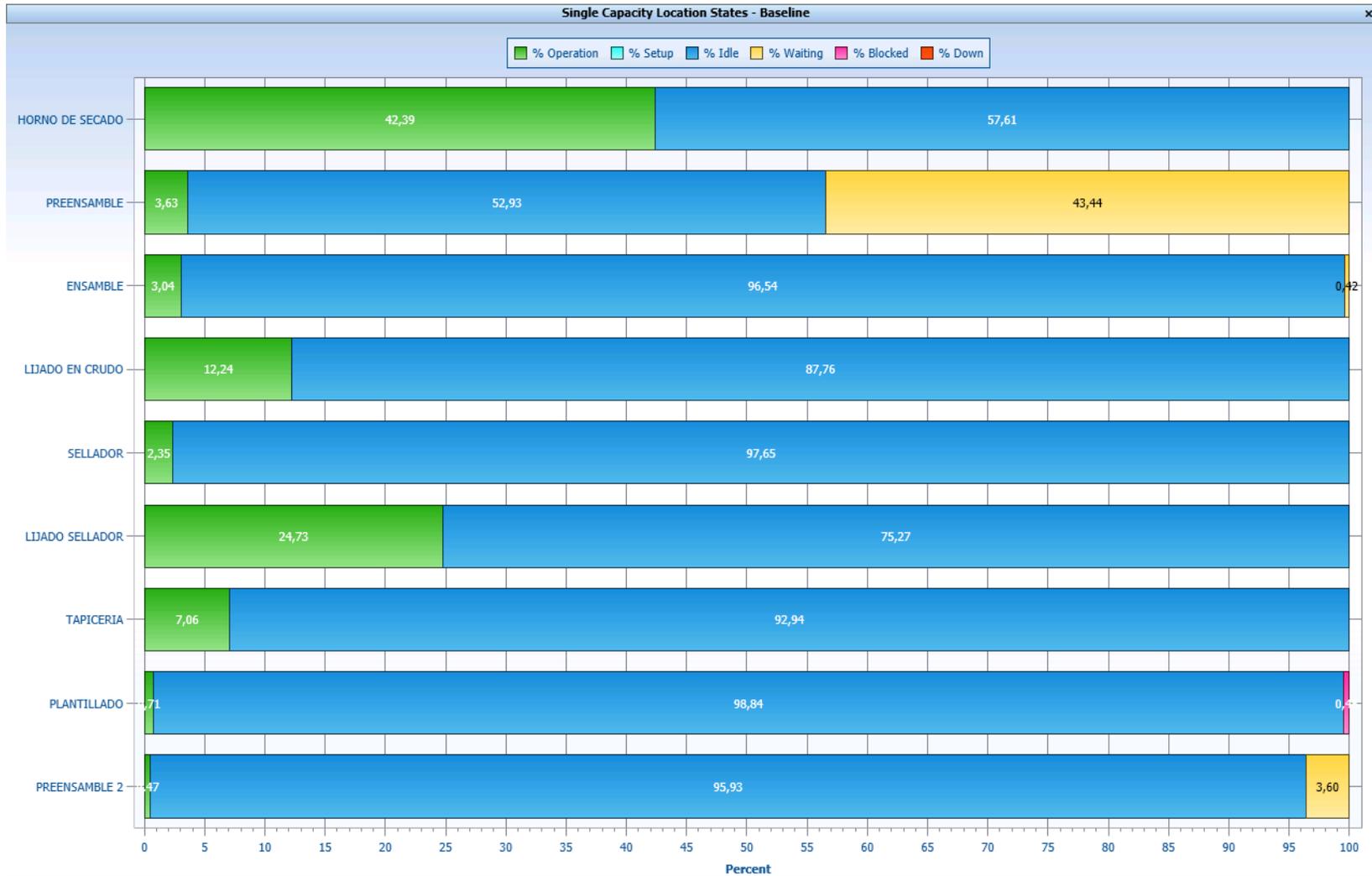


Figura 5. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

**Tabla 5. Location Summary**

Location Summary							
Name	Scheduled Time (Hr)	Capacity	Total Entries	Average Time Per Entry (Min)	Average Contents	Maximum Contents	
FILA RIZZO	169,87	999.999,00	504,00	63,61	3,15	504,00	
TUNEL DE SECADO 1	169,87	999.999,00	24,00	2.049,50	4,83	24,00	
TUNEL DE SECADO 2	169,87	999.999,00	24,00	1.440,00	3,39	14,00	
BODEGA TELA	169,87	24,00	24,00	55,58	0,13	23,00	
FILA CANTEADORA	169,87	999.999,00	528,00	1,91	0,10	96,00	
FILA SIERRA SIN FIN	169,87	999.999,00	168,00	58,98	0,97	117,00	
FILA CEPILLO	169,87	999.999,00	600,00	49,76	2,93	282,00	
FILA TROMPO	169,87	999.999,00	96,00	22,69	0,21	26,00	
FILA SIERRA CIRCULAR	169,87	999.999,00	600,00	39,97	2,35	227,00	
FILA PREENS CODERAS	169,87	999.999,00	96,00	10,12	0,10	10,00	
FILA ENSAMBLE FRENTES	169,87	999.999,00	24,00	344,41	0,81	24,00	
FILA LIJADO EN CRUDO	169,87	999.999,00	24,00	419,92	0,99	17,00	
FILA PREENS DELANTERAS	169,87	999.999,00	48,00	143,26	0,67	43,00	
FILA PREENS COSTADOS	169,87	999.999,00	48,00	325,05	1,53	48,00	
FILA PREENS ESPALDAR	169,87	999.999,00	24,00	4.332,97	10,20	24,00	
FILA ENSAMB ARNILLAS	169,87	999.999,00	24,00	156,91	0,37	21,00	
FILA ENSAMB CHAZOS	169,87	999.999,00	96,00	302,05	2,85	96,00	
FILA ENSAMB REFUERZOS	169,87	999.999,00	264,00	236,50	6,13	261,00	
FILA ENSAMB CODE COST	169,87	999.999,00	24,00	64,88	0,15	12,00	
FILA PREENS 2 ESPALDAR	169,87	999.999,00	24,00	185,55	0,44	19,00	
FILA TAPICERIA TELA	169,87	999.999,00	24,00	8.887,03	20,93	24,00	

Tabla 5. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

**Tabla 6.** *Location States (Multi Cap)*

Name	Scheduled Time (Hr)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
SECADO	169,87	87,68	12,32	0,00	0,00
TUNEL DE SECADO 1	169,87	62,18	37,82	0,00	0,00
TUNEL DE SECADO 2	169,87	62,18	37,82	0,00	0,00
FILA LIJADO EN CRUDO	169,87	88,39	11,61	0,00	0,00
FILA PREENS ESPALDAR	169,87	54,01	45,99	0,00	0,00
FILA TAPICERIA TELA	169,87	0,39	99,61	0,00	0,00

**Tabla 6.** Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014).  
Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

## 5.4 ACCIONES DE MEJORA

Se plantean dos escenarios para establecer mejoras en la elaboración de la silla en cuanto a tiempos de espera y bloqueos.

En el primero se simuló un escenario que contemplaba el aumento sólo de maquinaria en la fábrica pero debido a las especificaciones del flujo del proceso no se evidenciaban cambios significativos. Por lo tanto se determinó en el segundo escenario que sólo aumentando la capacidad de los operarios sí se evidenciaban mejoras en el proceso.

En este escenario se aumenta el número de turnos (2 Operarios por máquina) en las locaciones:

Preensamble, Preensamble 2, Ensamble, Resanado, Lijado en crudo, Sellador, Lijado sellador y Tapicería.

Lo que llevaría a un mejoramiento del sistema en general ya que la nueva simulación dura 148,95 horas, una reducción en el tiempo empleado para la elaboración de la silla DaVinci de 20,92 horas equivalentes a 2 días y medio de trabajo (Ver tabla 7). Esto se traduce en un aumento de la oferta al mercado pues puede satisfacer la demanda de los 4 almacenes que posee la organización, además de una eficiente respuesta al cliente y por ende la satisfacción de estos.

Se evidencia además menos tiempo promedio de la silla en el sistema 8357,15 minutos cada una, así como del bloqueo pasando del 9,82% a 6,25% (Ver figura 6). Y un aumento en el tiempo de operación del 35.29% al 37.94%.

Los frentes, arnillas traseras y refuerzos presentan también una disminución en los tiempos de espera. En los primeros se observa que el porcentaje bajó 2,5%. El segundo y el tercero tuvieron una reducción de 1.3 % cada uno.

En la tela cocida no se muestra una reducción importante puesto que como se había dicho anteriormente esta entidad ingresa al sistema en el momento en que inicia la simulación y se encuentra esperando a que se fabrique la silla para ser tapizada (unida con la tela). (Ver figura 6).

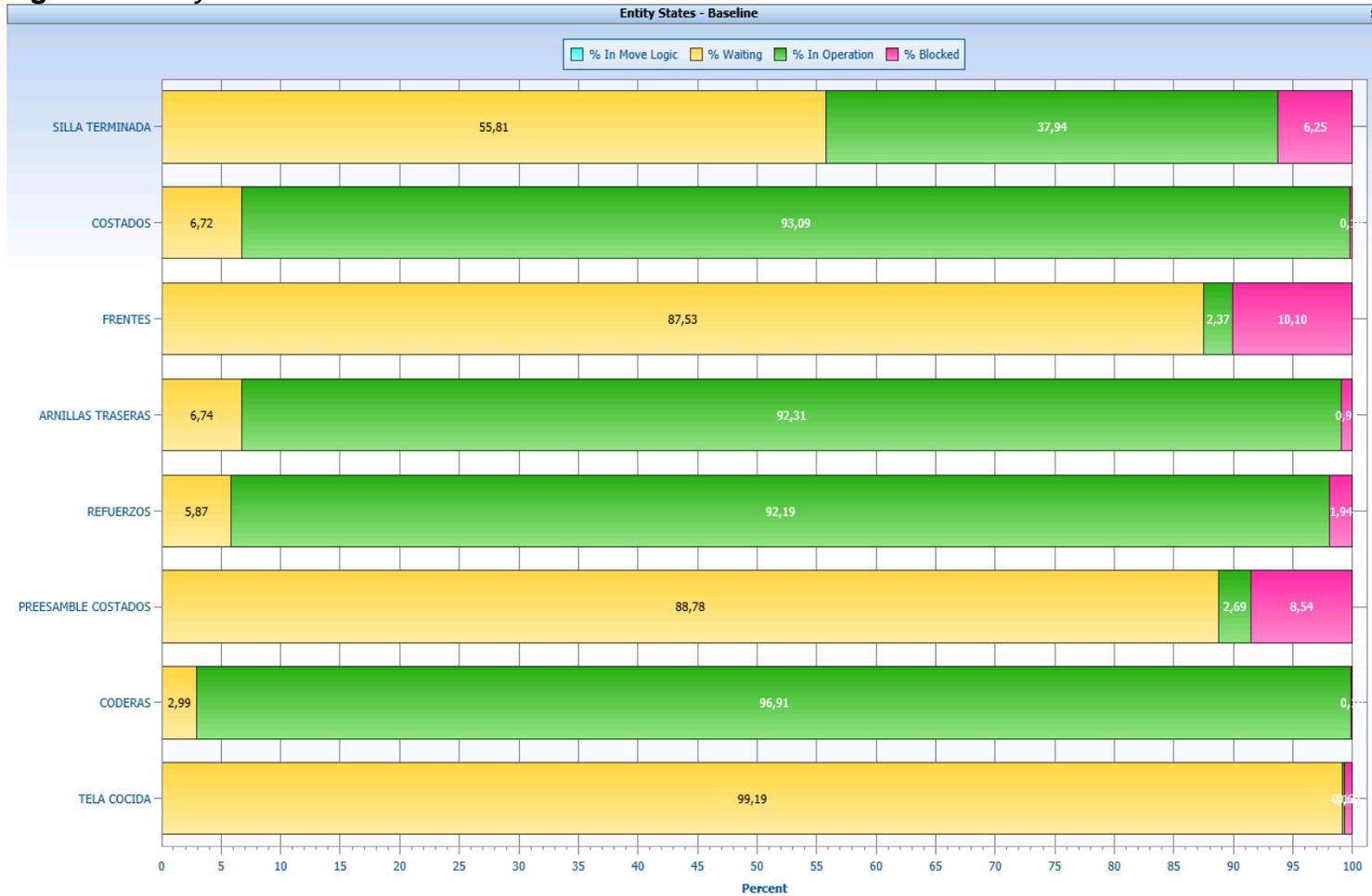
Analizando la situación financiera de la empresa, se contempla que la contratación de otros operarios incluiría una inversión costosa pero que se puede analizar teniendo en cuenta las demandas de los otros productos de su portafolio para que soporten este tipo de inversiones, ya que mejoraría no solamente la producción de las sillas DaVinci, sino también la de los diversos muebles para el hogar.

**Tabla 7. Location Summary**

Name	Scheduled Time (Hr)	Capacity	Total Entries	Average Time Per Entry (Min)	Average Contents
HORNO DE SECADO	148,95	1,00	1,00	4.320,00	0,48
FILA RIZZO	148,95	999.999,00	504,00	63,61	3,59
PREENSAMBLE	148,95	2,00	72,00	131,39	1,06
ENSAMBLE	148,95	2,00	24,00	15,45	0,04
FILA CANTEADORA	148,95	999.999,00	528,00	1,91	0,11
FILA SIERRA SIN FIN	148,95	999.999,00	168,00	58,98	1,11
FILA CEPILLO	148,95	999.999,00	600,00	49,76	3,34
FILA SIERRA CIRCULAR	148,95	999.999,00	600,00	39,97	2,68
FILA PREENS CODERAS	148,95	999.999,00	96,00	1,04	0,01
FILA ENSAMBLE FRENTES	148,95	999.999,00	24,00	278,59	0,75
FILA LIJADO EN CRUDO	148,95	999.999,00	24,00	179,30	0,48
PREENSAMBLE 2	148,95	2,00	24,00	28,23	0,08
FILA PREENS DELANTERAS	148,95	999.999,00	48,00	109,13	0,59
FILA PREENS COSTADOS	148,95	999.999,00	48,00	290,92	1,56
FILA PREENS ESPALDAR	148,95	999.999,00	24,00	4.132,32	11,10
FILA ENSAMB ARNILLAS	148,95	999.999,00	24,00	91,86	0,25
FILA ENSAMB CHAZOS	148,95	999.999,00	96,00	237,03	2,55
FILA ENSAMB REFUERZOS	148,95	999.999,00	264,00	171,54	5,07
FILA ENSAMB CODE COST	148,95	999.999,00	24,00	33,42	0,09
FILA PREENS 2 ESPALDAR	148,95	999.999,00	24,00	146,61	0,39
FILA TAPICERIA TELA	148,95	999.999,00	24,00	8.259,65	22,18

Tabla 7. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.

**Figura 6. Entity States-Baseline**



**Figura 6. Análisis de eficiencia de la empresa madera y muebles aplicando simulación discreta (Octubre de 2014). Morales Chávez, Marcela María; Giraldo Ramírez, Valentina; Ramírez Jaramillo, Diana Melissa.**

## 6. CONCLUSIONES

La realización de un sistema de simulación permite una visión más clara del funcionamiento de la empresa, es por eso que los datos tomados deben ser tan precisos y ajustados a la realidad. El sistema generó un total de 24 sillas, con un tiempo promedio de 8984,53 minutos cada una, estando en espera 4931,30 minutos lo que equivale al 54.89% y 882,30 minutos bloqueados que equivalen a 9.82% además de un tiempo de operación de 3170,92 minutos que equivalen a 35.29%.

En este modelo se pudo observar que el proceso en general se desarrolla de manera adecuada, encontrando unos tiempos de bloqueo y espera específicamente en entidades como frentes con 89,42%, preensamble costados 89,44% y la tela cocida con 99,24% en cola; en cuanto a las locaciones como preensamble, preensamble 2 y ensamble se evidenciaron esperas de 43,44%, 3,60% y 0,42% respectivamente, lo que genera que el tiempo de respuesta al cliente sea poco eficiente ya que tienen que satisfacer la demanda de los cuatro almacenes.

Se propone un escenario para mejorar esta situación como es el aumento de las capacidades en locaciones específicas, al evaluar esta opción se evidencia una disminución del 12.31%.

## **7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Teniendo en cuenta que en el proceso de investigación solo se contempla el producto estrella la silla DaVinci, se recomienda a la empresa que incluyan al modelo de simulación en trabajos futuros los otros tipos de productos de acuerdo a la rotación de los mismos, para que se pueda tener una visión más completa sobre todos los procesos internos de la compañía en cuanto al tiempo de respuesta al cliente.

También se sugiere a la organización que hagan estudios de métodos y tiempos para poder tener en cuenta el factor de incertidumbre que conllevan los tiempos de operación y de suministro.

Asimismo la documentación de estos estudios es esencial en cualquier compañía pues de esta manera los empresarios pueden acceder a la información de cada proceso de los productos que se ofrecen, lo que facilita implementar las mejoras y capacitar al personal cuando sea necesario.

Finalmente para la comercialización en los diferentes almacenes de la empresa, es de vital importancia que los procesos sean de alta calidad y rápida respuesta ya que al satisfacer las necesidades de los clientes, genera rendimientos económicos más visibles y se logra la competitividad en el mercado.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**BLASCO QUERAL**, Rebeca. Análisis y propuesta de mejoras productivas en carpintería de una empresa del sector del mueble de oficina mediante el uso de la Simulación. Universidad Politécnica Catalunya. Consultado: 1 de Agosto de 2014. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3665>

**BAUTISTA CALA**, Sandra Milena; **MANZANA HOYOS**, Cristy Johanna. Mejoramiento del proceso productivo de la línea de muebles modulares de Maximuebles. Universidad Industrial de Santander. Consultado: 25 de Julio de 2014. Disponible en: file:///C:/Users/Equipo9.ESTUDIANTES-PC/Downloads/141189.pdf

**CORILLOCLA CUSACANI**, Diana Rosa; **RAMOS DAMIAN**, Lady; **MAMANI TAPIA**, Cyntia Karen; **TRUJILLO CHIPANA**, André Gustavo; **VILCAPAZA FERNANDEZ**, Ysmael; **PINEDA CONDORI**, Víctor. Modelo de programación lineal para la maximización de las ganancias de los productos de mayor demanda en la empresa de Muebles Ronny de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Perú.

**DÍAZ BALTEIRO**, Luis; **CASIMIRO**, Antonio; **HERRUZO**, Martínez; **ROMERO LÓPEZ**, Carlos; **MARTÍNEZ NÚÑEZ**, M. Estudio de la eficiencia de las empresas de la cadena de la madera en la comunidad de Madrid. Departamento de Economía y Gestión Forestal Universidad de

Madrid. Consultado: 3 de Septiembre de 2014. Disponible en:  
file:///C:/Users/Equipo9.ESTUDIANTES-PC/Downloads/Dialnet-  
EstudioDeLaEficienciaDeLasEmpresasDeLaCadenaDeLaMa-  
2980777%20(1).pdf

**EMPRESA MAKROHOGAR.** Consultado: 27 de Agosto de 2014. Caso  
real de estudio de mercados. Disponible en:  
[http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/casorealmk  
t.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/casorealmk<br/>t.htm)

**FERREIRA BRUSQUETTI, Manuel.** Investigación madera y muebles.  
Consultado: 25 de Julio de 2014. Disponible en:  
[http://www.mercosur.int/msweb/00\\_Dependientes/FCM/ES/docs/EST-  
002-07-version%20final%20Ferreira.pdf](http://www.mercosur.int/msweb/00_Dependientes/FCM/ES/docs/EST-<br/>002-07-version%20final%20Ferreira.pdf)

**GIL MORENO, Estefanía.** Análisis del sector del mueble en la comunidad  
Valenciana. Universidad Politécnica de Valencia. Consultado: 1 de Agosto  
de 2014 Disponible en:  
[http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14596/Trabajo%20Final%20d  
e%20Carrera,%20Estefan%C3%ADa%20Gil%20Moreno.pdf?sequence=1](http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14596/Trabajo%20Final%20d<br/>e%20Carrera,%20Estefan%C3%ADa%20Gil%20Moreno.pdf?sequence=1)

**GARCÉS HINCAPIÉ, Julián Alberto; RODRÍGUEZ VELÁSQUEZ, Juan**  
Camilo. Estudio de costos de producción mediante el método tradicional  
y el método ABC en la empresa Muebles Yoly simulado en el software  
Promodel. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería  
Industrial. Consultado: 3 de Septiembre de 2014. Disponible en:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3455/1/6581552G215.pdf>

**LEIVA**, Víctor. Investigación de Operaciones. Consultado: 25 de Septiembre del 2014. Disponible en: [http://staff.deuv.cl/leiva/archivos/docencia/IO/clases\(23.08.2012\).pdf](http://staff.deuv.cl/leiva/archivos/docencia/IO/clases(23.08.2012).pdf)

**MORA GARCIA**, Luis Aníbal. Gestión logística Integral. ECOE ediciones. Bogotá 2008. 380 páginas.

**PEÑA GUERRERO**, Edgar Alberto; **FORERO FORERO**, Esmeralda. Modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa Muebles y Accesorios S.A. para el mejoramiento de su sistema de inventarios. Universidad Libre Seccional Bogotá. Consultado: 25 de Julio de 2014. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/6700>

**REVISTA EL MUEBLE Y LA MADERA**. Datos económicos del Mueble y la Madera. Consultado: 20 de Agosto de 2014. Disponible en: [http://www.revista-mm.com/ediciones/rev81/20\\_datos\\_economicos.pdf](http://www.revista-mm.com/ediciones/rev81/20_datos_economicos.pdf)

**REVISTA EL MUEBLE Y LA MADERA**. Muebles de Colombia y Maderas de Colombia. Consultado: 20 de Agosto del 2014. Disponible en: <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev53/editorial.pdf>

**REVISTA EL MUEBLE Y LA MADERA.** Datos económicos del Mueble y la Madera. Consultado el 20 de Agosto de 2014. Disponible en: [http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.revista-mm.com%2Fediciones%2Frev81%2F20\\_datos\\_economicos.pdf&ei=BMgDVlKmAyWxggS43IHYCA&usg=AFQjCNEjohGiEAEaghqfdUD75u17gOYW6g&bvm=bv.74115972,d.cWc](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.revista-mm.com%2Fediciones%2Frev81%2F20_datos_economicos.pdf&ei=BMgDVlKmAyWxggS43IHYCA&usg=AFQjCNEjohGiEAEaghqfdUD75u17gOYW6g&bvm=bv.74115972,d.cWc)

**SALAZAR LÓPEZ,** Bryan Antonio. Respuesta eficiente al consumidor. Consultado: 28 de Agosto del 2014. Consultado: 27 de Agosto de 2014. Disponible en: [http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero industrial/log%C3%ADstica/respuesta-eficiente-al-consumidor-ecr/](http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/log%C3%ADstica/respuesta-eficiente-al-consumidor-ecr/)

**SOBEYDA CORNEJO,** Jenny. ProModel. Consultado: 20 de Agosto del 2014. Disponible en: <http://unitecnicasjenny01.files.wordpress.com/2011/04/promodel.pdf>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. *Tiempos de Operación*

<b>Operación</b>	<b>Duración</b>
<b>Horno secado</b>	4320 min
<b>Selección madera</b>	3.07 min
<b>Sierra radial</b>	36.86 min
<b>Rizzo</b>	Costados: 0.32 min. Patas delanteras: 0.34 min. Frentes: 0.33 min. Arnillas traseras: 0.18 min. Chazos: 0.08 min. Refuerzos: 0.30 min
<b>Canteadora</b>	Coderas: 0.11 min. Costados: 0.11 min. Frentes: 0.11 min. Chazos: 0.11 min. Refuerzos: 0.11 min.
<b>Sierra sin fin</b>	Patas delanteras: 0.90 min. Arnillas traseras: 1.75 min. Coderas: 0.87 min.
<b>Cepillo</b>	Costados: 0.44 min. Patas delanteras: 0.44 min. Frentes: 0.88 min. Arnillas traseras: 0.11 min. Chazos: 0.22 min. Refuerzos: 0.08 min. Coderas: 0.8 min.
<b>Trompo</b>	Coderas: 2.14 min.
<b>Sierra circular</b>	Costados: 0.86 min. Patas delanteras: 0.87 min. Frentes: 1.73 min. Arnillas traseras: 1.72 min. Chazos: 0.43 min. Refuerzos: 0.16 min. Coderas: 0.43 min.

**Anexo 1.** (Continuación)

<b>Barreno</b>	Costados: 0.54 min. Patas delanteras: 0.55 min. Frentes: 1.09 min. Coderas: 0.27 min.
<b>Lijado en 80</b>	Costados: 0.50 min. Patas delanteras: 0.51 min. Frentes: 1.01 min. Arnillas traseras: 1.02 min. Chazos: 0.25 min. Refuerzos: 0.10 min. Coderas: 0.26 min.
<b>Inmunizado</b>	Costados: 0.17 min. Patas delanteras: 0.18 min. Frentes: 0.35 min. Arnillas traseras: 0.36 min. Chazos: 0.09 min. Refuerzos: 0.03 min. Coderas: 0.09 min.
<b>Resanado</b>	Costados: 0.36 min. Patas delanteras: 0.35 min. Frentes: 0.71 min. Arnillas traseras: 0.72 min. Chazos: 0.18 min. Refuerzos: 0.06 min. Coderas: 0.18 min.
<b>Lijado suavizar</b>	Costados: 0.36 min. Patas delanteras: 0.35 min. Frentes: 0.71 min. Arnillas traseras: 0.72 min. Chazos: 0.18 min. Refuerzos: 0.06 min. Coderas: 0.18 min.
<b>Preensamble</b>	Patas delanteras y costados: 2.5 min. Espaldar y coderas: 10.42 min.
<b>Preensamble 2:</b>	Preensamble coderas espaldar y preensamble costados: 2 min.

**Anexo 1.** (Continuación)

<b>Ensamble</b>	Frentes, arnillas traseras, chazos, refuerzos y preensamble coderas costados: 12.92 min.
<b>Lijado en crudo silla:</b>	52 min.
<b>Pintura</b>	Pintura silla: 2 min. Secado: 60 min. Sellador: 10 min. Túnel de secado 1: 1.440 min. Lijado sellador: 105 min. Laca: 5 min. Túnel de secado 2: 1.440min.
<b>Tela</b>	Plantillado: 3 min. Corte tela: 5 min. Costura tela: 2 min. Tapicería tela y silla para tapizar: 30 min.

**Fuente.** Tiempo tomado de la empresa Madera y Muebles por las autoras.