

**IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE INFORMACION EN LAS INSTALACIONES
DE MANUFACTURA DE LA EMPRESA HAMAR SP.J**

LUIS GUILLERMO PARDO FONSECA

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial

Director

ING. Orlando Federico Gonzalez Casallas. M.Sc

Docente Facultad de Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

2011

DEDICATORIA

A Jehová por permitirme alcanzar este logro y este sueño
fortaleciéndome en los momentos difíciles que tuve
que afrontar durante el camino en mi
formación y en mi vida

A mis Padres quienes dieron todo de si por ayudarme
En este proyecto de vida y quienes constantemente
Me apoyaron en todas mis decisiones
Para lograr convertirme en quien soy

AGRADECIMIENTOS

A Jehová por darme la sabiduría, la paciencia, la perseverancia y la fortaleza para alcanzar los objetivos propuestos durante todo el proceso de mi formación como persona y como profesional. A mis padres por respaldarme en todo aspecto para llevar a cabo de manera exitosa esta experiencia en el exterior. A mi linda hermana por darme el apoyo para culminar este ciclo de la mejor manera y por escucharme en todas las situaciones en las que lo necesité. Al ingeniero Orlando Gonzalez quien me asesoró y guió no solamente en el desarrollo de este proyecto, sino también por ayudarme a profundizar en temas académicos de especial interés y por su amistad. A la ingeniera Martha Rey por la importante gestión que realizó durante el proceso de aplicación a este proyecto. Por Al ingeniero Tadeusz Jaszczkowski y al personal de la planta Hutnicza 7 de Hamar quienes me acogieron de la mejor manera y por darme todo el soporte técnico y sobretodo humano que necesite para llevar este proyecto a feliz término e hicieron un gran aporte a mi formación en este ciclo de mi carrera

CONTENIDO

INTRODUCCION	8
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	9
2. DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA	10
3. ANTECEDENTES	11
4. JUSTIFICACION	12
5. OBJETIVOS.....	12
5.1. Objetivo General.....	12
5.2. Objetivos específicos	12
6. MARCO TEORICO	13
6.1. Automatización.....	13
6.2. El Sistema de Manufactura	13
6.3. Proceso de Ensamble	14
6.4. El equipo Sensor	14
6.5. El Sistema de Control	15
6.6. Flujo de Material y Distribución de Planta.....	15
6.7. Visual Basic Excel.....	16
6.7.1. Condición <i>If</i>	16
6.7.2. Select Case	16
6.7.3. Bucle <i>for</i>	17
6.8. Simulación y utilización de la herramienta Promodel.....	18
6.8.1. Planear el Estudio	19
6.8.2. Definir el Sistema	20
6.8.3. Construir el Modelo	21
6.8.4. Correr Experimentos.....	21
6.8.5. Analizar las Salidas.....	22
6.8.6. Reportar los Resultados.....	22
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	22
8. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PRÁCTICA	23
8.1. Descripción de las Operaciones de la Planta	23
8.1.1. Proceso de Ensamble.....	23

8.1.2.	Proceso de Inyección	26
8.1.3.	Proceso de Empaque	27
9.	IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS CLAVE DENTRO DE LA PLANTA DE PRODUCCION HUTNICZA 7	27
9.1.	Problema con el Proceso de Empaque.....	27
9.2.	Problema con la Visualización de las Fechas de Expedición de Facturas de las Órdenes de Producción de la Empresa.....	28
9.3.	Evaluación del Sistema de Producción Actual y Comparación con el Sistema que se Obtiene Incluyendo Nueva Maquinaria.....	28
10.	PROPUESTAS DE SOLUCION POR PARTE DEL PRACTICANTE DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA ABORDAR LOS PROBLEMAS PLANTEADOS	29
10.1.	Propuesta Para el Problema con el Proceso de Empaque.....	29
10.1.1.	Desarrollo e Implementación de Algoritmo Computacional.....	29
10.2.	Problema con Fecha de Expedición de Factura de las Órdenes de Producción	33
10.2.1.	Salidas Del Sistema de Información.	37
10.3.	Propuesta de Evaluación Para Diagnóstico y Comparación de Parámetros del Desempeño de las Operaciones de la Planta Hutnicza 7.	38
10.3.1.	Elaboración del Modelo Computacional	39
10.3.2.	Construcción del Modelo.....	41
10.3.3.	Corrida del Modelo y Resultado del Ejercicio de Simulación.....	48
10.3.4.	Comparación del Modelo Incluyendo la Nueva Máquina Empacadora.....	50
10.3.5.	Resultado del Nuevo Ejercicio de Simulación	53

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LAS INSTALACIONES DE MANUFACTURA DE LA EMPRESA HAMAR SP.J

AUTORES: LUIS GUILLERMO PARDO FONSECA

FACULTAD: Ingeniería Industrial

DIRECTOR: M.SC. ORLANDO FEDERICO GONZÁLEZ CASALLAS

RESUMEN

El presente proyecto intenta contribuir a la solución de algunos de los problemas que se generan en las operaciones de la planta de producción en la empresa Hamar SP.J, por medio del diseño, evaluación e implementación de técnicas y herramientas computacionales que se traducen en sistemas de información, lo cual permiten visualizar una mejora en los procesos a partir de la manipulación de datos. Para tal fin, se desarrollan algoritmos computacionales implementados en ambiente Visual basic For Applications de Microsoft Excel como herramienta de evaluación de la productividad de los operarios en el proceso de empaque, además de una aplicación que facilita la ágil manipulación de datos referente a facturas generadas en la planta. Por otro lado, se utiliza el software de simulación en tiempo discreto Promodel para evaluar el "performance2 actual de la empresa y como apoyo para plantear mejoras.

PALABRAS CLAVES:

Manufactura, programación Visual Basic, Promodel, Sistemas de información, Simulación, planta de producción.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: INFORMATION TECNOLOGY IMPLEMENTATION IN MANUFACTURING FACILITIES OF HAMAR SP.J COMPANY

AUTHORS: LUIS GUILLERMO PARDO FONSECA

FACULTY: Industrial Engienier

DIRECTOR: M.SC. ORLANDO FEDERICO GONZÁLEZ CASALLAS

ABSTRACT

This project aims to contribute in solving some of the problems that arise in the operations of the production facility at Hamar SP.J, through the design, evaluation and implementation of computational tools and techniques that result in information systems, which allow visualizing improvements in production processes through data manipulation. In order to archive this objective, the develop of computer algorithms was implemented in Visual Basic for Applications in Microsoft Excel environment as a tool for assessing the workers productivity in the packing process, as well as a application that easily allow the manipulation of data related to invoices issuance in the factory. On the other hand, a discrete time simulation software, Promodel, was implemented to evaluate the current “performance” of the company as well as being able to state improvement strategies.

KEYWORDS:

Manufacturing, Visual Basic Programming, Promodel, Information Systems, Simulation, Production Factory.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCION

El presente documento pretende sintetizar la experiencia profesional y los conocimientos adquiridos en la empresa Hamar de acuerdo a los objetivos, cronograma de actividades y tareas propuestas durante el desarrollo de la misma.

Es adecuado resaltar la importancia de los conocimientos prácticos y las técnicas que se pueden tener dentro de unas instalaciones de producción, debido a que complementan las habilidades y conocimientos académicos obtenidos en las aulas de clase. Además de lo anterior, la experiencia internacional permite el desarrollo de otras competencias tales como el dominio el idioma Inglés en el ámbito social, técnico y científico, así como la interacción y el entendimiento mutuo no solo con la cultura del país huésped sino también con la de otros participantes de distintas nacionalidades. Lo anterior es un paso más hacia la integralidad que se busca inculcar en el profesional bolivariano.

En este documento se plasmarán las diferentes actividades que se relacionan con el área de Producción dentro del currículo de Ingeniería Industrial, debido a que la empresa pertenece específicamente al sector industrial metalmecánico y se encarga principalmente del ensamblaje tornillo – arandela y sistemas de fijación de diferentes dimensiones y características, así como de la fabricación de vainas de polietileno y polipropileno para soporte físico de los mismos. De igual manera se fabrican otros productos relacionados los cuales se especificaran más adelante en la descripción de la empresa.

En general, se pretende por un lado obtener habilidades prácticas y conocimientos técnicos en este tipo de fábricas y por otro lado se busca la aplicación de algunas técnicas y métodos de Ingeniería Industrial que contribuyan a mejorar algunos procesos o en su defecto, ayudar a resolver problemas que se presentan diariamente en las operaciones de la fábrica.

Para conseguir lo anterior se hará uso de herramientas computacionales de simulación y programación que contribuirán al éxito de la práctica para alcanzar los objetivos de la misma. Por otro lado dichos elementos sintetizan una serie de técnicas y conocimientos de estadística, métodos y tiempos, distribución de planta y análisis de costos en una sola herramienta computacional, lo cual permitirá realizar su respectiva verificación y validación.

Dentro de las dificultades que se identifican dentro de la empresa para alcanzar los objetivos de la practica se encuentran, la barrera idiomática que existe entre el jefe directo (Manager de Producción), la mayor parte de los operarios de maquinas, supervisores, personal de apoyo y mi persona, debido a que dichas personas no tienen un buen dominio del idioma Inglés. De igual manera todos los documentos tales como instructivos, procedimientos documentados, registros, formatos y demás están en idioma Polaco, lo que dificulta un poco el análisis de ciertas actividades.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Hamar Sp.J. se estableció a principios de los años 90 y se posesiona como una empresa productora y distribuidora de sistemas de fijación profesional con capital 100% polaco.

Durante muchos años los productos de Hamar circulan en el mercado polaco y europeo, colaborando tanto con empresas distribuidoras, como con firmas de mercado de ensamble de construcción y acabado interior.

El objetivo principal de la actividad es ganar una posición significativa y estable como un socio confiable y sólido en el mercado productos de fijación mientras que la creación de ingresos permite el continuo crecimiento de la empresa y los trabajadores.

De acuerdo con la misión de la empresa y visión de la empresa, esta se ha trazado los siguientes objetivos estratégicos:

- Atender siempre la cambiante demanda de los clientes.
- Buscar el más alto nivel de satisfacción con sus productos y servicios.
- Supervisar continuamente todo el proceso de producción a través de la compra de componentes de alta calidad y la implementación de avanzados procesos tecnológicos y de embalaje.
- Cooperar con los ingenieros de construcción del Instituto de Investigación de Gdansk University of Technology en documentos de idoneidad técnica, experiencia en materiales y control de calidad de los productos
- Mantener la cooperación global con los proveedores seleccionados, ampliación de la infraestructura, aumento de los perfiles de nuestros asesores técnicos y personal operativo.
- Cooperación a largo plazo con las empresas constructoras líderes, fabricantes de chapas perfiladas y paneles sándwich, así como empresas de producción e instalación de acero de carga para construcciones con el ánimo de seleccionar de las fijaciones que se distinguen por su mejor rendimiento parámetros funcionales.
- Seguir y verificar los lineamientos de Calidad e idoneidad técnica tanto por parte de los proveedores como para nuestros clientes.

Hoy día Hamar Sp.J y es una empresa de tipo industrial que se encarga del ensamblaje tornillo-arandela de más de 120 clases de tornillos de diferentes dimensiones y características, teniendo una capacidad utilizada de 576 000 tornillos diarios en un turno de 8 horas.

La empresa se encuentra localizada en zona industrial de la ciudad de Gdynia en la provincia de Pomorskie (Pomerania) al norte de la República de Polonia limitando con el mar Báltico, lo que facilita la logística de transporte para la importación y exportación de materia prima y producto terminado respectivamente. Los productos de la empresa

llegan principalmente a mercados en Alemania, Francia, Bélgica, Estonia, República checa, Suecia, Finlandia y Polonia.

Hamar cuenta con 40 empleados distribuidos en las cuatro locaciones que componen el headquarter, la oficina principal, las dos plantas de producción y la planta de pintado. El principal proveedor se encuentra en Taiwán y envía los tornillos y las arandelas en lotes de 50* cajas para cada tipo. Cada pedido se hace de aproximadamente 100* lotes para satisfacer la demanda de los clientes.

2. DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA

Según el tiempo transcurrido haciendo parte de las operaciones de la empresa, es posible visualizar el panorama general en la que se encuentra la planta. Actualmente su capacidad utilizada es de aproximadamente 576 000 tornillos ensamblados por día, en turno de 8 horas contando con 3 operarios de UTA y un supervisor que también colabora operando todas la maquinas. Por otro lado, en la maquina empacadora hay un equipo de tres operarias que realizan dicho proceso a una velocidad de entre 50 y 230 cajas por minuto dependiendo del tipo de producto. En el cuarto de empaque, que es otra sección diferente a la de la maquina, se realiza un proceso similar alrededor de 40 cajas por hora.

En cuanto al personal es importante mencionar que los operarios de maquinas tienen un rendimiento bastante bueno de acuerdo a la estadísticas comparativas con otras empresas similares alrededor de Europa, además cuentan con toda la dotación y elementos de seguridad apropiados para el trabajo. Cada jornada de trabajo 8 horas contiene un descanso de 15 minutos “break” a las 10:30 am, las operarias de empaque lo tienen a las 11:00 am y los trabajadores de la sección de bodega a la 1:00 pm

Debido a que la planta tiene una distribución por procesos, es difícil tener un plan de producción perfectamente definido, la empresa ciertamente no lo posee, esto se debe a la gran variedad de productos producidos y a que no existe personal calificado para hacerlo. En la dirección de operaciones se encuentra el Ingeniero Tadeusz Jaszczkowski, el cual se encarga de recibir las órdenes de producción que llegan desde el departamento de logística, además e encarga de los asuntos administrativos de la planta y del personal. El señor Jaszczkowski posee un título de Ingeniero Mecánico además de algunos cursos de producción, sin embargo, no tiene como fortaleza el conocimiento de ciertas técnicas modernas de sistemas de producción por lo que no es posible evaluar el estado real de toda la operación en sí, detectar fallas o implementar mejoras. Por su parte la jefe de logística lleva a cabo tareas netamente administrativas, por tanto tampoco posee información del comportamiento normal de las operaciones de la planta de manera holística.

A pesar de que la producción se encuentra en niveles aceptables, para Hamar no es posible atender el porcentaje de la demanda que se desea y se está en la capacidad de

satisfacer, esto se debe a que hay un cuello de botella en alguna parte de los procesos, lo cual se tomará como base para realizar estudios y/o desarrollar posibles métodos o herramientas dentro del alcance de este proyecto que conlleven a aumentar la productividad de los procesos.

Después de hacer parte de las operaciones dentro de la planta y de discutir ciertas situaciones con el gerente general y el jefe de planta, se determinó que existe un punto crítico o cuello de botella en las operaciones de empaque, y que además está directamente relacionado con la productividad de las operarias en dicho proceso, porque de acuerdo a datos históricos existe una gran variabilidad en los tiempos de empaque. A pesar de que en el pasado se decidió que el salario de las operarias tenía una componente variable que dependía del número de unidades empacadas por día, no se cuenta con un sistema de información que permita conocer con exactitud y eficiencia el promedio de dichas unidades por día o por mes, por lo que en ocasiones dicho incentivo no corresponde a la realidad. Esto es un factor determinante pues no cumple el objetivo de incentivar al personal de dicha sección.

Para lograr el objetivo de lograr cubrir la demanda selectiva se realizó la compra de una nueva máquina empacadora y tres máquinas de inyección y otra UTA. Sin embargo, no es posible determinar con exactitud el aumento de unidades que se tendrá después de que las nuevas máquinas entren en operación.

Por otro lado, la empresa utiliza un software corporativo llamado Racks, el cual permite la visualización en tiempo real de los procesos productivos, administrativos y financieros de la firma. Algunos de los datos que genera el software son importados a Excel para ser analizados y archivados en una base de datos, sin embargo, no es posible determinar la fecha de emisión de una factura en particular de manera automática, por lo que debe hacerse manualmente buscando la fecha correspondiente al código de la factura dentro de las hojas de Excel. Este proceso es tedioso y requiere emplear tiempo para poder realizarlo correctamente.

3. ANTECEDENTES

Se realizó un estudio dentro de la fábrica que consistió en identificar el cuello de botella que está limitando el sistema. Para ello se contabilizó las unidades producidas y en proceso de cada una de las fases en cada tipo de producto y luego se compararon mutuamente para identificar donde está la restricción. El resultado de este estudio arrojó como resultado que los procesos de empaque del producto terminado originaban demoras para llevar a cabo la distribución.

Todos los tornillos que venían de la planta de pintado listos para ser empacados eran represados en la sección de empaque, por lo cual no era posible satisfacer la demanda. Esto se traduce en pérdidas para la empresa, no solo de tipo económico inmediato sino también en la pérdida de clientes actuales y potenciales.

El jefe de gestión humana sugiere que el salario de las operarias debe contener un componente flexible el cual dependa proporcionablemente al número de unidades empacadas por mes, esto motivaría al personal a trabajar más rápido y ganar más dinero generando mayores utilidades a la empresa.

4. JUSTIFICACION

El presente trabajo busca contribuir a la solución de los problemas planteados en el numeral tres, haciendo uso de herramientas de programación y simulación de procesos de producción, así como técnicas estadísticas para validar dichas metodologías. De esta manera contribuirán a mejorar la eficiencia y la productividad de los procesos. Lo anterior se verá reflejado en un aumento de la utilidad neta del ejercicio en el estado de resultados de la empresa, además de mirar la importancia de estas herramientas dentro de las actividades de fabricación. De igual manera la empresa aumentara su competitividad y podrá posesionarse mejor en el ámbito nacional e internacional.

Desde el punto de vista social se pueden visualizar ciertas ventajas, por ejemplo que el personal de empaque obtenga una remuneración económica justa, acorde con su nivel de productividad, de tal manera que pueda ganar más dinero y aumentar su calidad de vida si es este su deseo.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

El presente proyecto tiene como objetivo implementar herramientas y técnicas aprendidas dentro del currículo de Ingeniería Industrial para contribuir a la solución de algunos de los problemas identificados previamente en el diagnóstico de la empresa.

5.2. Objetivos específicos

- 5.2.1. Desarrollar e implementar una herramienta computacional basada en código de programación Visual Basic Excel que permita al usuario conocer el desempeño real y corregido de los equipos de personas que trabajan en la máquina de empaque y de cada operaria en el cuarto de empaque.
- 5.2.2. Desarrollar e implementar una herramienta computacional basada en código de programación Visual Basic Excel que permita al usuario visualizar fácilmente la fecha de emisión de una factura de venta de acuerdo a los datos que provea el software Racks.
- 5.2.3. Evaluar el desempeño del sistema de producción que tiene la planta actualmente y compararlo con el que tendría cuando la nueva máquina empacadora que se compró entre en operación haciendo uso de la herramienta de simulación Promodel.

6. MARCO TEORICO

Para el desarrollo teóricos del proyecto será necesario caracterizar ciertos conceptos los cuales son fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

6.1. Automatización

Hoy en día la competitividad de las empresas manufactureras requiere altos niveles de productividad dentro de sus procesos de producción, por lo tanto han tomado ventaja de los adelantos tecnológicos, al desarrollo de la electrónica y a la cada vez creciente capacidad de procesamiento de las computadoras para aumentar su eficiencia, y de esta manera su productividad. La capacidad para adquirir datos en tiempo real y para analizar información con base en ella, directa o indirectamente a través de las acciones de dispositivos, ha contribuido en forma significativa a la eficiencia de una operación¹.

el desarrollo del concepto de Automatización abarca aplicaciones de maquinas, controles y computadoras que buscan incrementar los niveles de productividad en las operaciones. Un proceso de automatización incluye varias facetas y comprende cuatro partes interrelacionadas como sigue.²

1. El sistema de manufactura.
2. El equipo sensor.
3. El sistema de control.
4. El flujo de Material

6.2. El Sistema de Manufactura

Esta utiliza recursos operacionales o insumos para transformar alguna materia prima en un producto final o semifinal utilizando personas, plantas, partes, procesos y sistemas de planeación y control. En general un insumo puede ser una materia prima, un cliente o un producto terminado proveniente de otro sistema.³

Los sistemas de manufactura que utiliza una fábrica dependen básicamente de los tipos de pedido, el volumen de ventas y la frecuencia de pedidos. Las cuatro categorías principales de los sistemas de producción son la de producción tipo taller, la producción por lotes, la producción en mas o continua y la manufactura celular y flexible.⁴

¹ Dileep R. Sule. Instalaciones de Manufactura, Ubicación, Planeación y Diseño. 2 ed. Mexico. Thomson Learning, 2001, p81.

² Ibid.,p.81.

³ Chase, Aquilano, Jacobs. Administracion de Produccion y Operaciones. 8 ed. Mc Graw Hill, 2000, p 6.

⁴ Dileep R. Sule. Instalaciones de Manufactura, Ubicación, Planeación y Diseño. 2 ed. Mexico. Thomson Learning, 2001, p 145.

La producción tipo taller o por proceso se caracteriza por el agrupamiento de maquinas o equipos similares para formar un departamento, por ejemplo todos los tornos juntos etc. Este sistema es conveniente para compañías que fabrican muchos productos diferentes con volumen relativamente reducido de cada uno.

La producción por lotes es un sistema conveniente para aquellas empresas que tienen que producir numerosos artículos pero no tienen una variedad tan grande que requiera conformar talleres. Se conocen los artículos a producir y su demanda a través del año. Generalmente se produce para inventario con el ánimo de atender la demanda presente y futura.

El sistema de producción en masa es utilizado cuando hay producción de altos volúmenes y con poca diversidad de productos. El equipo es especializado, rápido y por lo general costoso. Se clasifican en línea de montaje y de flujo.

En la tecnología de grupo o distribución celular agrupa maquinaria en centros de trabajo o células para trabajar en productos que tengan formas y requisitos de procesamiento similares, en otras palabras es una combinación del sistema por procesos en la cual cada célula se dedica a un proceso en particular y en el sistema por producto en la que las células están dedicadas a una gama limitada de productos.

A continuación definiremos otros términos relacionados con los procesos de fabricación.

6.3. Proceso de Ensamble

Este proceso consiste básicamente en unir dos o más partes para formar una sola como producto final. Estas uniones pueden ser realizadas mediante el uso de soldadura blanda o dura, o con el uso de sujetadores mecánicos o de adhesivos.

La sujeción mecánica se puede lograr utilizando elementos tales como sujetadores (tornillos, pernos etc.), o por ajuste a presión que pueden ser serpentinos o no permanentes pero en igual caso se consideran costosos⁵.

6.4. El equipo Sensor

Los sensores o transductores son convertidos las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas deben ser procesadas para ser entendida por el computador digital. Para ello se utilizan ACONDICIONADORES DE SEÑAL, cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, provee aislamiento eléctrico y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de ruidos originados en el campo. Una vez

⁵ www.mitecnologico.com

acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de CONVERSIÓN DE DATOS. Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. El computador dispositivo almacena esta información, la cual es utilizada para su ANÁLISIS y para la TOMA DE DECISIONES. Simultáneamente, se MUESTRA LA INFORMACIÓN al usuario del sistema, en tiempo real. Basado en la información, el operador puede TOMAR LA DECISIÓN de realizar una acción de control sobre el proceso. El operador comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una SALIDA DE CONTROL, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la escala para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc⁶.

6.5. El Sistema de Control

El sistema de control está compuesto por dispositivos de hardware y software que permiten decodificar las lecturas de los sensores y los convierte en acciones mecánicas que son utilizadas por los instrumentos de las maquinas.

Los sistemas de control modernos se pueden modelar a través de ecuaciones diferenciales que son comúnmente resueltas o expresadas por medio de transformadas matemáticas

6.6. Flujo de Material y Distribución de Planta

Los espacios utilizados por las personas hacen parte fundamental de sus vidas, por tal motivo es indispensable planificar los espacios en los cuales las personas emplean gran parte de su tiempo. Cuando se habla de instalaciones de manufactura es clave la distribución física que debe tener la planta, ya que una parte importante de los costos de producción está asociada al manejo del material. Planear los espacios en la planta permite adecuar los departamentos, el número de empleados, los tiempos de procesamiento o fabricación entre otros.

La planeación de las instalaciones tiene como algunos de sus objetivos⁷:

- Mejorar el manejo de materiales y el almacenaje.
- La utilización efectiva del personal.
- Minimizar la inversión del capital.
- Ser adaptable y mejorar la capacidad de mantenimiento.
- Proveer seguridad a los empleados y la satisfacción del trabajo.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que, según el mismo autor, la planeación de las instalaciones no es una ciencia exacta.

⁶ Office of the Manager National Communication Systems. TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 04-1, Estados Unidos. 2004. p 4, 5, 6.

⁷ Tompkins, James A. Facilities Planning. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. USA 1996 p. 56

El objetivo primordial de la distribución consiste en avanzar desde la materia prima hasta el producto final con un mínimo de retornos, las distancias más cortas para el manejo de pesos y un costo óptimo⁸.

También cabe resaltar que las decisiones de distribución deben ser dinámicas, es decir, deben ser capaces de enfrentar las variaciones durante todo el ciclo de la fábrica y no ser diseñadas de manera rígida sino por el contrario, puedan cambiarse de acuerdo a las nuevas disposiciones que se presenten.

6.7. Visual Basic Excel

Microsoft Excel se ha convertido en una herramienta informática de mucha utilidad para las empresas alrededor del mundo, debido a que es un programa fácil de manejar, versátil y muy poderoso. Además incluye una aplicación en entorno Visual Basic que permite desarrollar herramientas avanzadas utilizando lenguaje de programación de alto nivel.

Se mostrarán diagramas de flujo de manera práctica en conjunto con la explicación de algunas de las sentencias, bucles y comandos los cuales ayudarán a visualizar gráficamente la lógica de un programa en particular. Esta metodología es buena si se desea tener una idea gráfica sobre la lógica del programa, además permite caracterizar cada una de las funciones necesarias para desarrollar un algoritmo.

Por otro lado es importante caracterizar algunas de las sentencias más importantes en el lenguaje Visual Basic ya que estas nos permitirán construir complejas aplicaciones combinando cada una de ellas.

6.7.1. Condición *If*

Esta sentencia decide sobre el camino que debe tomar el flujo de programación de acuerdo a una condición determinada. Existen diversas maneras en las cuales es posible utilizar dicha sentencia tales como *If...Then/If...Then...Else/If...Then...Elseif*. Las instrucciones *If...Then...Else* se pueden anidar de acuerdo a la aplicación que se desee desarrollar, sin embargo, se recomienda utilizar la instrucción *Select Case*.

6.7.2. *Select Case*

Permite decidir un “camino” dentro del flujo de programación dentro de múltiples posibilidades dependiendo del valor de la expresión.

A continuación se mostrará un ejemplo de la utilización de la condición *If* a través de una aplicación que muestra si un número es negativo o positivo:

⁸ Ruddell Reed, Jr. Localización, Distribución de planta y mantenimiento de planta, Ed. “El Ateneo”, Argentina, p. 83


```

Sub parimpar()
n = InputBox("introduzca un numero")
If n > 0 Then
MsgBox ("el numero es positivo")
Else
MsgBox ("el numero es negativo")
End If

End Sub

```

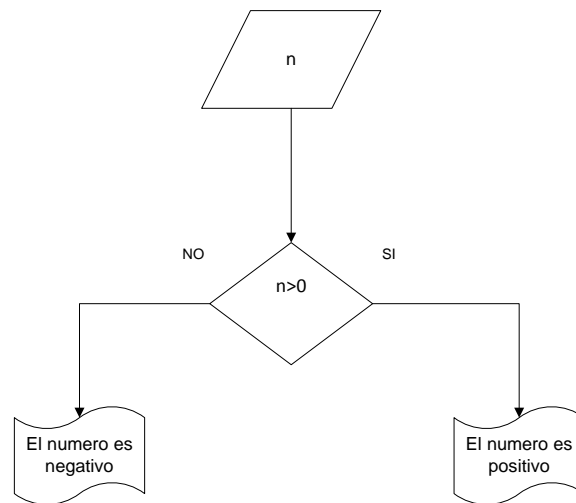


Figura 1: Sentencia If
Fuente: Autor

6.7.3. Bucle *for*

Sirve para realizar procedimientos repetitivos en un ciclo. En general se escribe For variable = *numero to numero*. Cuando un For ... Next se encuentra, el índice (después del igual) es igual al valor inicial y el numero después del “to” es el valor de terminación en el bucle⁹. Normalmente el Índice se incrementa en 1 (a menos que se le especifique lo contrario), y el proceso se repite. Las declaraciones se repiten hasta el índice es mayor el valor de terminación .Por ejemplo, el siguiente programa calcula los resultados de la tabla de multiplicar del numero tres entre el 1 y el 9 y las imprime en las celdas de la primera columna en Excel.

Bucle ***for***

Sirve para realizar procedimientos repetitivos en un ciclo. En general se escribe For variable = *numero to numero*. Cuando un For ... Next se encuentra, el índice (después del igual) es igual al valor inicial y el numero después del “to” es el valor de terminación

⁹ Aitken, Peter G. Excel Programming Weekend Crash Course. Ed Wiley Publishing Inc, p 84

en el bucle¹⁰. Normalmente el Índice se incrementa en 1 (a menos que se le especifique lo contrario), y el proceso se repite. Las declaraciones se repiten hasta el índice es mayor el valor de terminación .Por ejemplo, el siguiente programa calcula los resultados de la tabla de multiplicar del numero tres entre el 1 y el 9 y las imprime en las celdas de la primera columna en Excel.

```
Sub tabla()
```

```
For i = 1 To 9  
Cells(i, 1) = 3 * i  
Next i  
End Sub
```

Una representación a través de diagrama de flujo del anterior programa podría ser el siguiente:

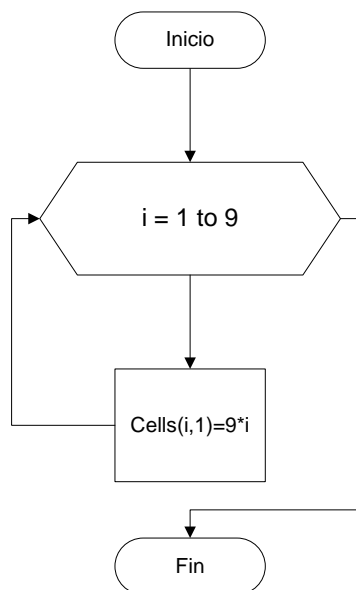


Figura 3: Bucle For
Fuente: Autor

6.8. Simulación y utilización de la herramienta Promodel

Tomando ventaja de los avances tecnológicos y del aumento de la capacidad de procesamiento de las computadoras, cada vez resulta más apropiado hacer uso de estas últimas para diseñar, evaluar y tomar decisiones de sistemas productivos debido

¹⁰ Aitken, Peter G. Excel Programming Wekkend Crash Course. Ed Wiley Publishing Inc, p 84

a que es una metodología relativamente económica y eficiente que permite obtener resultados importantes en corto tiempo.

Para realizar una simulación que resulte efectiva, es necesario tener en cuenta que una simulación es realmente un proyecto, el cual se debe contener unos pasos metodológicos que se deben ir cumpliendo de acuerdo a los objetivos de dicho estudio¹¹.

Para realizar una simulación es importante que el modelador tenga ciertas destrezas analíticas, estadísticas, comunicativas y de ingeniería, de igual manera debe entender el sistema y las relaciones causa-efecto que se dan dentro de sus elementos¹². De esta manera podrá ser capaz de interpretar los datos de entrada y salida en el proyecto de simulación, de tal forma de que los resultados respondan a las preguntas generadas desde los objetivos. Una vez entendido y acotado el sistema bajo estudio, será necesario evaluar la viabilidad de realizar una simulación ya sea sobre el diseño de un nuevo sistema o la modificación de uno ya existente, para ello será necesario no solo un conocimiento sólido de el mismo sino también una excelente comunicación con los agentes interesados, con el objeto de conocer más en detalle las particularidades, supuestos y condiciones del proyecto de simulación.

Una vez decidida la viabilidad del proyecto y de sus características Shannon and Gordon [1] plantean los siguientes pasos para llevar a cabo la simulación:

1. Planear el Estudio
2. Definir el Sistema
3. Construir el modelo
4. Correr experimentos
5. Analizar las salidas
6. Generar informe de resultados

6.8.1. Planear el Estudio

En esta fase se identifican los objetivos de la simulación así como los objetivos, las restricciones, las especificaciones y se desarrolla un cronograma de actividades a seguir. Los objetivos más comunes dentro de una simulación son los siguientes¹³:

- Análisis del “performance” o funcionamiento del sistema: Se refiere a que también funciona el sistema tal cual y como opera.
- Análisis de capacidad: responder al interrogante sobre cuál es la máxima capacidad de producción del sistema.

¹¹ Promodel corporation. Promodel User Guide 01/06. P. 29

¹² Ibid., P. 30

¹³ Ibid. P 31

- Análisis de límites del sistema: determinar si el sistema es capaz de cumplir las especificaciones de funcionamiento (throughput , tiempos de espera etc.).
- Estudios de Comparación: determinar que tan bien se comporta la configuración y el funcionamiento de un sistema o variación de diseño con respecto a otro.
- Análisis de Sensibilidad: determinar cuáles son las variables de decisión que más afectan al sistema y hasta qué punto lo hacen.
- Estudios de Optimización: Buscar la combinación de variables que general el máximo o mínimo valor de la función objetivo que se desea optimizar.

En esta fase también de deben identificar las restricciones, esto se refiere principalmente a que las personas encargadas de construir la simulación tengan encuentra el presupuesto y el tiempo disponible para tomar decisiones para determinar la complejidad del modelo. No vale la pena desarrollar un modelo impresionantemente exacto solo para evaluar una pequeña parte de él, entonces es necesario definir los recursos, el tiempo y lo que se desea analizar para construir un modelo acorde a o que se desea. Así mismo preparar las especificaciones de la simulación es una parte importante dentro de esta fase. Una vez definidos los objetivos y restricciones se procede a identificar los requerimientos.

6.8.2. Definir el Sistema

Para definir el sistema es importante categorizan el tipo de datos que se desea analizar para posteriormente realizar las respectivas tomas. Para tal fin, es necesario incluir solo datos que tienen impacto dentro del modelo e ignorar aquellas actividades que se presentan rara vez y que no hacen parte de la rutina que se desea evaluar.

Para categorizar los datos se debe tener claridad acerca de la actividades de interés, por ejemplo si una maquina se detiene debido a una falla mecánica es un tipo de dato diferente a si un operario va a break es otro tipo. En este caso ambos son de interés pero pertenecen a categorías distintas.

Por otro lado se debe caracterizar el espacio físico en el cual se llevara a cabo la simulación, esto incluye pero no se limita a la determinación de datos metrologicos, tiempos de recorrido, caminos (pathways), locaciones importantes, lugares donde se generan colas o tiempos de espera etc..

También se deben definir las características de las entidades, los tiempos de llegada y procesamiento de las mismas, el flujo de materiales, la secuencia de procesamiento, los tiempos de operación de los recursos, tiempos de espera, lógica de movimiento de entidades y recursos.

Con el ánimo de obtener los datos apropiados se recomienda tomarlos de las siguientes fuentes:¹⁴

- Estudio de tiempos
- Tiempos estándar predeterminados
- Diagramas de Flujo
- Distribución de planta
- Pronósticos de mercado
- Reportes de Mantenimiento
- Proveedores de maquinaria
- Managers y supervisores
- Ingenieros
- Planos de planta
- Comparaciones con otros sistemas de producción similares

Después de tomar los datos (tipo muestra) se procede a realizar un pre análisis utilizando herramientas estadísticas para determinar el tamaño de muestra de acuerdo al nivel de confianza que se desea así como otros datos de interés.

6.8.3. Construir el Modelo

El tercer paso es realizar la construcción del modelo. En este paso se debe tener en cuenta que en ocasiones no es necesario esperar hasta completar todos los datos que se planean utilizar para correr el modelo ya que ir construyéndolo de manera progresiva a medida que se recolectan los datos, puede evidenciar información faltante que no se tuvo en cuenta en la planeación inicial.

La validación del modelo es una etapa fundamental dentro de la construcción del modelo. El modelador debe estar siempre preocupado por resolver la pregunta acerca de si el modelo representa la realidad o no. En realidad ningún modelo computación modela la realidad de manera perfecta, lo único que se puede hacer es invalidar o no tener evidencia suficiente para invalidar¹⁵.

En esta fase se desarrolla el modelo de acuerdo a los datos recolectados y de acuerdo a la mecánica del software de modelación, que en este caso se trata de Peomodel

6.8.4. Correr Experimentos

En esta fase se debe es importante determinar para que se lleva a cabo la simulación, por ejemplo, si se desean comparar dos configuraciones de planta distintas, entonces debe existir una hipótesis que debe ser contrastada la cual será evaluada utilizando los resultados de la simulación.

¹⁴ Ibid. P 30

¹⁵ Ibid., p 41

Se debe resaltar que la simulación de un proceso productivo se centra en el análisis en *estado permanente*¹⁶. Esto significa que los resultados estadísticos permanecen invariantes en el tiempo. Sin embargo, en muchos casos se desea concentrar en solo un periodo de tiempo, por ejemplo un día a la semana, entonces, en estos casos el sistema nunca alcanza el estado permanente puesto solo tiene en cuenta los eventos de ese periodo en particular.

Como la simulación tiene intrínseco un componente aleatorio, es recomendable desarrollar experimentos para evaluar la reproductibilidad del experimento. Para conseguir esto se debe correr la simulación varias veces pero con diferentes valores de inicio, ya que si se dejan los mismos datos de inicio se repetirán exactamente los mismos resultados debido a la naturaleza pseudo-randomica de la simulación¹⁷.

6.8.5. Analizar las Salidas

Los resultados de la simulación pueden expresarse como números o expresiones que se derivan de distribuciones de probabilidad o de operaciones estadísticas. Por tal motivo es necesario asignar un nivel de significancia a los resultados obtenidos, con el objeto de realizar un proceso de validación de los resultados y establecer un rango de confiabilidad. También se debe tener presente que dichos resultados son producto de procesos aleatorios y cuyas condiciones de operación están sujetas a suposiciones y aun marco de referencia predeterminado.

6.8.6. Reportar los Resultados

Esta es la última fase del estudio. Se debe realizar la respectivas recomendaciones para el mejoramiento del sistema bajo análisis, soportado por análisis estadístico, corridas de experimentos y evaluación de posibles escenarios. Por lo general se debe incluir una interpretación de los gráficos y resultados estadísticos.

En la presentación de resultados, es importante ser sensible a la forma en que se formulan recomendaciones. Es recomendable presentar soluciones alternativas y sus implicaciones para el rendimiento del sistema, sin sugerir una alternativa sobre otra, sobre todo cuando cambios de personal o recortes de salario están involucrados. De hecho lo mejor es advertir a quien toma la decisión de que su estudio de simulación se ve sólo en los aspectos logísticos del sistema y que no tiene en cuenta las posibles reacciones de los empleados o las posibles dificultades pueden tener en la aceptación de una solución particular.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta el cronograma de actividades que en general tendrán lugar dentro de la planta de Hamar de acuerdo a los objetivos planteados y a las necesidades de la empresa.

¹⁶ Ibid., p 42

¹⁷ <http://www.random.org/randomness/>

La planta cuenta con 5 máquinas ensambladoras, de las cuales tres de ellas corresponden a las tipo UTA descritas anteriormente y usadas para obtener tornillos de una longitud de entre 19 y 75 mm. Cabe resaltar que estos productos representan aproximadamente el 60% del total de la producción de Hamar. De igual manera se cuenta con una máquina de ensamble de mayor proporción (ZYL-250) que ensambla tornillos de entre 130 y 250 mm y por último, una máquina de ensamble tornillo-marco (nail machine) (ZYC-146-8).

Este proceso consiste básicamente en hacer pasar los tornillos y arandelas que provienen de la bodega de materia prima a través de una máquina ensambladora tipo UTA (Screw Washer Assembly Machine). Existen tres máquinas de este tipo las cuales depositan los tornillos ensamblados en cajas de 2000, 4000 o 5000 unidades (4000 para el caso de la referencia 14035/0 que es la de mayor demanda), dependiendo de las dimensiones del tornillo. Luego de completar un lote de 36 cajas, se coloca en la bahía de espera para ser trasladado a las instalaciones de pintura localizada en la ciudad de Gdansk a unos 20 km de distancia. Luego regresan a la planta principal para iniciar el proceso de empaque. Algunas referencias pasan directamente a empaque debido a que el cliente exige el producto sin pintura, o porque se trata de tornillos ensamblados con un marco hecho de polipropileno y/o polietileno de alta densidad. Estos polímeros son producidos en dos máquinas inyectoras altamente sofisticadas para ser utilizados en el ensamblaje.

La planta cuenta con tres máquinas de ensamble tipo UTA que operan continuamente durante toda la jornada laboral, las cuales constan de 24 pines rotativos. Esta máquina se compone de tres partes principales, el rotor central, la tolva de tornillos y la tolva de arandelas. A su vez, existen 14 partes que componen las anteriores. En la primera se depositan los tornillos provenientes de la bodega de materia prima, en la segunda tolva se depositan las arandelas también provenientes de la misma bodega y por último, el rotor central ensambla los dos elementos anteriores para obtener el tornillo y la arandela en una sola pieza. Este proceso se lleva a cabo a una velocidad media de 24000 tornillos por hora (para el caso de la referencia 14035/0) variando según el tipo y dimensiones del tornillo a ensamblar. En la figura 1 se muestra la máquina UTA y sus partes correspondientes:

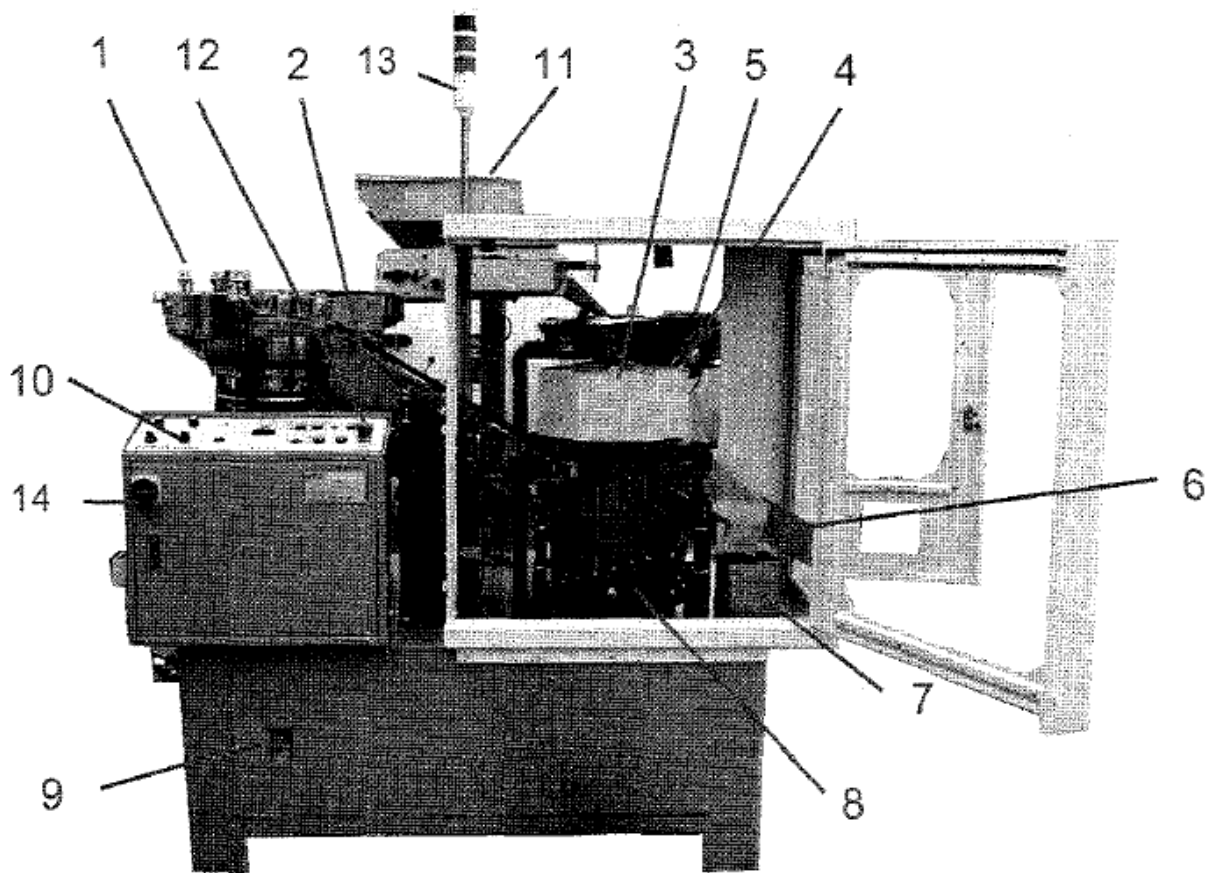


Figura 1. Máquina Ensambladora de Tornillos
Fuente: UTA Screw Washer Assembly Machine Instructive Manual

1. Tolva alimentadora de tornillos
2. Pista de tornillos
3. Válvula de Distribución de Aire
4. Pista de Arandelas
5. Tolva alimentadora de Arandelas
6. Salida de producto terminado
7. Caja de producto defectuoso
8. Cámara de rotor
9. Inversor
10. Panel de operación
11. Almacenador de arandela
12. Botón de emergencia
13. Alarma de seguridad
14. Botón de encendido

Para referencias de mayor longitud, se utiliza una máquina ensambladora de mayor proporción, la cual opera a menor velocidad y deposita una menor cantidad de tornillos por (entre 400 y 800) dependiendo de la longitud.

Existe una variabilidad considerable en los tiempos de operación de estas máquinas debido a que estas presentan fallos mecánicos relacionados con la naturaleza del proceso. Sin embargo, cuando estos fallos se presentan con mucha frecuencia, inciden considerablemente en la productividad de la planta.

Cuando una máquina presenta fallo o defecto, esta se detiene, el operario debe reparar la máquina y solucionar el problema. De acuerdo a la experiencia obtenida en la planta, fue posible establecer los problemas más comunes que se presentan. A continuación se describirán las causas de dichos fallos:

- No hay tornillo en la tolva alimentadora: En ocasiones sucede que el operario olvida depositar los tornillos en la tolva, por lo que los sensores de la máquina generan orden de pararla para evitar daños en la misma.
- No hay arandela en la tolva alimentadora: De igual manera el operario no coloca las arandelas a tiempo por lo que los sensores de la máquina generan orden de pararla para evitar daños en la misma.
- Tornillo atascado en la tolva: Los tornillos se apiñan en su recorrido por la tolva impidiendo el flujo de los mismos, un sensor envía señal para que la máquina se detenga.
- Arandela atascada en la pista de arandelas: Una o más arandelas obstruyen el flujo de las mismas. Un sensor de movimiento detiene la máquina.
- Arandelas juntas en los pines del rotor: Más de una arandela es depositada por la máquina en los pines, por lo cual la máquina se detiene.
- Cuerpo extraño en alguna de las tolvas: Se presenta cuando un objeto diferente aparece en las mismas, ya sea por causa del operario o por causa del proveedor.

8.1.2. Proceso de Inyección

Este proceso tiene como objeto la producción de marcos de polietileno o polipropileno los cuales son usados en cierto tipo de tornillos para aplicaciones domésticas e industriales.

La fábrica cuenta con dos máquinas de inyección las cuales tienen una capacidad de 3000 y 5000 marcos por hora respectivamente. La materia prima (polímero) es

depositado en la tolva alimentadora, luego de acuerdo al molde que se desea utilizar (previamente instalado por el operario), se configura el panel de operación y la maquina empieza a funcionar de manera automatizada produciendo los marcos del polímero seleccionado y depositándolos en contenedores. Cuando estos están llenos, el operario debe remplazarlos y seleccionar los marcos defectuosos y depositarlos en la máquina trituradora para reutilizar la materia prima. Los productos conformes se depositan en sacos (usualmente de 400 unidades) y son enviados hacia la ensambladora tornillo-marco (nail machine).

8.1.3. Proceso de Empaque

Este proceso empieza cuando los tornillos son enviados desde la planta de pintura (en la ciudad de Gdansk) hasta las instalaciones de Hamar. A continuación se describen los subprocesos y se anotan los tiempos promedio dentro de cada una de las actividades:

1. Se depositan los tornillos que vienen en cajas (generalmente de 400 unidades) en la tolva alimentadora de la maquina empacadora. Generalmente entre 3 y 5 cajas para que la maquina empiece el proceso de empaque. Este procedimiento tarda entre 3 y 5 minutos.
2. Se arman las cajas (a mano) en los diferentes tamaños de acuerdo a la cantidad de tornillos que se desee empacar así como los materiales a utilizar, plásticos, etiquetas, polímeros etc.
3. Después de obtener el numero de cajas empacadas determinadas para el día, se procede a colocar las etiquetas de especial calidad a cada una de ellas con información de la compañía, clase de tornillo, identificación (index) e información relacionada con la trazabilidad.
4. Luego se procede a trasladar el producto terminado en el parque de distribución para ser trasladados por los vehículos de la empresa hacia los clientes

Cabe resaltar que cada día se empaca un promedio de medio millón de tornillos que serán distribuidos en Polonia y el exterior.

Simultáneamente, existe otra sección de empaque en donde las operarios hacen el proceso a mano con el objeto de satisfacer la creciente demanda que tiene la empresa.

9. IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS CLAVE DENTRO DE LA PLANTA DE PRODUCCION HUTNICZA 7

9.1. Problema con el Proceso de Empaque

El proceso de Empaque es vital dentro de las actividades de la empresa, ya que se presume es el cuello de botella del sistema (restricción). A pesar de contar con una máquina de empaque de alta tecnología, la productividad del proceso depende en gran medida del componente humano, ya que el tiempo de preparación de cajas y materiales depende de las operarias y presenta gran variabilidad debido a diferentes factores.

En un estudio realizado con anterioridad, se mostró que la productividad de las operarias está relacionado directamente con la compensación monetaria que devengan mensualmente, por lo que se planteo y puesto en marcha la estrategia de crear un componente flexible al salario que dependerá del número de cajas empacadas por las operarias (individualmente en la sección de empaque a mano o por equipos en las máquinas). A pesar de que dicha estrategia arrojó buenos resultados, en ocasiones su cálculo devengaba un gran esfuerzo al mediar dicha productividad y algunas veces se generaban errores debido a que no existe un sistema de información que permita realizar dicho cálculo de forma ágil y precisa.

9.2. Problema con la Visualización de las Fechas de Expedición de Facturas de las Órdenes de Producción de la Empresa.

Hamar cuenta con un sistema de información que utiliza un software especializado usado tanto en el departamento de finanzas como en las bodegas, el cual permite controlar la información relacionada con casi todos los departamentos de la empresa.

El departamento de finanzas obtiene datos en tiempo real sobre las órdenes de producción y asigna automáticamente el número de factura y la fecha de expedición de todos los productos de todas las plantas usando el software racks e importando dichos datos (miles) a un archivo de Excel. El departamento está interesado en crear una aplicación automatizada que permita visualizar ágilmente la fecha de expedición de una factura en particular de un grupo selecto de estas que son de interés para la empresa.

9.3. Evaluación del Sistema de Producción Actual y Comparación con el Sistema que se Obtiene Incluyendo Nueva Maquinaria.

La gerencia general de la empresa está interesada en conocer el desempeño general de la planta en cuanto a la producción del producto más demandado por los clientes (tornillo de referencia 14035/0) en cuanto a parámetros tales como la utilización de los recursos (incluyendo el tiempo de ocio), la productividad de las máquinas y las unidades producidas. De igual manera se desea comparar dicho desempeño con el que se tendría al introducir una nueva máquina empacadora en las instalaciones de la planta Hutnicza 7 en cuanto a los mismos parámetros.

10. PROPUESTAS DE SOLUCION POR PARTE DEL PRACTICANTE DE INGENIERIA INDUSTRIAL PARA ABORDAR LOS PROBLEMAS PLANTEADOS

10.1. Propuesta Para el Problema con el Proceso de Empaque.

Durante el desarrollo de la práctica profesional y con el ánimo de conseguir alcanzar los objetivos del presente proyecto, se planteó la idea de desarrollar una aplicación de programación en la que el usuario pudiese fácilmente obtener el cálculo de productividad de las operarias tanto en la maquina como en el cuarto de empaque.

Posterior a la propuesta, el desafío fue decidir el programa más adecuado para desarrollar la aplicación. Se tenían dos opciones, la primera era desarrollarlo en Java puesto que permitía desarrollar una interfaz grafica que pudiera interactuar amigablemente con el usuario, teniendo presente que dicha aplicación seria usada tanto por personal con estudios universitarios como por personas con estudios de bachillerato o técnicos. La segunda opción era desarrollarla en ambiente de programación Visual Basic Excel, cuya ventaja radica en que no se necesita pagar por licencia especial puesto que ya se tienen los derechos de Microsoft Office, además los usuarios están más familiarizados con este entorno de trabajo y podrían usar la aplicación ágilmente de manera intuitiva.

Después de analizar ambas opciones se decidió que la herramienta se desarrollaría en Visual Basic Excel, luego se estableció un cronograma para su desarrollo y se sugirió escribir un instructivo (ver anexo) que permitiría a los usuarios aprender a usarlo adecuadamente. Además de lo anterior se propuso crear otra alternativa para calcular el promedio de cajas empacadas de tal manera que su valor fuera un poco más alto y de esta manera las operarias pudieran incrementar un pequeño porcentaje de su salario comparado con el cálculo normal.

10.1.1. Desarrollo e Implementación de Algoritmo Computacional.

Dada una hoja de Excel con datos provenientes de las secciones de empaque como se muestra en la figura 2.

L.p.	Indeks	Date	Month	Name of Employee	Standard	Numbers of boxes	Real time of production	Defined Standar	Average
1.	1342035	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	80	50	65	80	75.00
2.	KAP-7024	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	90	58	80	90	100.00
3.	1345060	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	90	45	65	90	71.00
4.	9680	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	90	100	140	90	112.00
5.	ŁL-480060	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	180	57	110	180	101.00
6.	1639016SBW-CE	01-07-2011	styczeń	I.Bochentin	80	60	80	80	78.00
7.	9680	01-07-2011	styczeń	I.Bochentin	90	75	110	90	91.00
8.	15130/0	01-07-2011	styczeń	M.Cwenar	140	49	130	160	110.00
9.	1563019	01-07-2011	styczeń	M.Cwenar	100	16	30	120	82.00
10.	15120/0	01-07-2011	styczeń	M.Cwenar	150	104	290	170	85.00
11.	9880	04-07-2011	styczeń	M.Cwenar	100	204	420	130	99.00
12.	1563063	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	110	33	60	110	106.00
13.	1748022	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	110	7	15	130	112.00
14.	1563050	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	120	75	150	120	94.00

Figura 2: Datos de entrada para la aplicación en Visual Basic Excel

El programa debe interactuar con el usuario de la manera más amigable posible, en el cual se pueda seleccionar un mes (columna 4) y un operario determinado (columna 5) para que la aplicación genere el promedio de su productividad en dicho mes como porcentaje del promedio de cajas estándar establecido (columna 9). Debe tenerse en cuenta que para dicho cálculo, se acepto la propuesta de sumar todos los datos estándar para el empleado seleccionado (columna 6), dividirlo por la sumatoria de los tiempos de empaque empleados en segundos (columna 8) y multiplicar dicho cociente por el promedio estándar de unidades empacadas por unidad de tiempo. La siguiente expresión muestra dicha relación matemática

$$\frac{\sum Sb}{60 * \sum St} * \mu * 100\%$$

Donde:

$\sum Sb$ = Sumatoria del número de cajas empacadas del mes y empleado seleccionados

$\sum St$ = Sumatoria de los tiempos de empaque del mes y empleado seleccionados.

μ = Promedio aritmético del número de cajas estándar de acuerdo a las referencias empacadas.

Además de lo anterior, se desea que la aplicación muestre el promedio aritmético de cajas empacas como porcentaje del promedio estándar (únicamente para efectos de comparación) del empleado seleccionado durante todos los periodos analizados (hasta un año) así como el promedio aritmético de todos los demás empleados durante todos los periodos. Lo anterior con el fin de que la gerencia pueda analizar el rendimiento de cada una operarias seleccionada en la sección de empaque en comparación con el resto del equipo.

Por otro lado, se recomendó escribir un instructivo para que las personas que usaran el programa puedan utilizarlo adecuadamente. En el Anexo 1 se encuentra el instructivo (solamente en inglés)

Después de varias semanas de escritura del código y de diversas pruebas dentro de la planta con datos reales, se concluyo que la aplicación fue un éxito total y actualmente se encuentra implementada en su totalidad tanto en la gerencia de operaciones como en la administración general de la firma. En el anexo 2 se puede visualizar el código de programación en Visual Basic Excel.

A continuación se mostrara una breve explicación de cada uno de los bloques que conforman el código.

Public m As Integer

Public na As Integer

Inicialmente se declaran las variables m y na como enteras públicas.

```
Sub startover()  
  
Range("M5:N6").Select  
Selection.ClearContents  
Range("K3").Select  
  
cont = 0  
  
ComboBox1.Clear  
ComboBox2.Clear  
  
Sheets("Lista").Activate  
ActiveSheet.Cells(1, 1).Select  
Do While ActiveCell <> Empty  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
ComboBox1.AddItem ActiveCell  
Loop  
  
Sheets("Lista").Activate  
ActiveSheet.Cells(1, 3).Select  
Do While ActiveCell <> Empty  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
ComboBox2.AddItem ActiveCell  
Loop  
  
Sheets("Lista").Activate  
ActiveSheet.Cells(2, 7).Select  
n = 0  
Do While ActiveCell <> Empty  
n = n + 1  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Loop  
  
Call countm  
Sheets("Main").Activate  
ActiveSheet.Cells(3, 11).Select
```

La subrutina *startover()* tiene las funciones de rellenar la información de los comboboxes, contar el numero de datos que se deben procesar y en general preparar la hoja "Main" para realizar un nuevo cálculo de acuerdo a la actualización de los datos.

El primer bloque limpia los datos que se encuentran en la celda de resultados (fondo amarillo) procedente de corridas previas. Los dos bloques siguientes cuentan (escanean) los datos a procesar que se encuentran en la hoja "Lista" para rellenar los menús desplegables correspondientes a "Miesiąc" o mes y a "Nazwa" o capo para el

nombre del empleado. El usuario puede borrar o añadir operarios en la hoja "Lista", de tal manera que al ejecutar el código, la subrutina *startover()* actualice los nombres de los operarios y los meses que se desea analizar. Una vez actualizados los menús desplegables, el código procede a contar el número de datos que hay en el campo "Names" de la hoja "Lista" y lo almacena en la variable n utilizando la sentencia `Do While`.

Luego del anterior y siguiendo con el flujo de información, el código llama a la subrutina *countm()*, la cual cuenta el número de datos que se encuentra en la columna llamada "Month" de la Hoja "Main" y lo almacena en la variable m.

Posteriormente, el código activa el primer menú desplegable (combobox1).

El programa se diseño de tal manera que cuando el usuario manipula el segundo menú desplegable (combobox 2), se activan las rutinas que permiten realizar los cálculos de interés. Por tal motivo se recomienda al usuario rellenar los menus 1 y 2 en ese orden.

El código de interés (core) se activa al utilizar el combobox 2. El código se muestra a continuación:

```
Private Sub ComboBox2_Change()  
Dim suma As Long  
Dim sumab As Long  
Dim sumat As Long  
Dim cont As Integer  
Dim averagef As Double  
Dim averages As Double  
  
'calculate the sum of boxes, time column and average standar'  
sumab = 0  
sumat = 0  
suma = 0  
cont = 0  
For I = 5 To m + 4  
If ComboBox1.Value = Cells(I, 4) And ComboBox2.Value = Cells(I, 5) Then  
suma = suma + Cells(I, 6)  
cont = cont + 1  
If Cells(I, 7) = Empty Then  
sumab = sumab  
Else  
sumab = sumab + Cells(I, 7)  
End If  
If Cells(I, 8) = Empty Then  
sumat = sumat  
Else  
sumat = sumat + Cells(I, 8)  
End If  
End If  
Next I  
averages = suma / cont  
'calculate average standar'
```



```

If sumat = 0 Then
MsgBox ("Data not found for this combination")
Else
'calculate the average performance for the month-team combination'
averagef = (sumab / (sumat * 60)) * averages * 100
Cells(5, 13) = averagef
End If
End Sub

```

Después de definir las variables, el primer bloque suma los datos que se encuentran en las columnas nombradas como “ Number of boxes”, “Real time of production” y “Average” respectivamente en la hoja “*Main*”, siempre y cuando dichos coincidan con los parámetros seleccionados por el usuario en los dos menús desplegables. De igual manera el código utiliza la sentencia de decisión *If* para que se muestre un mensaje al usuario "Data not found for this combination" cuando no existan datos que coincidan con la combinación de parámetros seleccionados en los comboboxes. Una vez calculadas dichas sumas, se procede a realizar el cálculo del promedio (modificado) a través de la expresión matemática.

$$Average = \frac{\sum Sb}{60 * \sum St} * \mu * 100\%$$

El resultado de dicho cálculo es almacenado en la variable `averagef`.

En el anexo 2 se muestra la totalidad del código escrito para dicha aplicación incluyendo las subrutinas y funciones externas utilizadas.

10.2. Problema con Fecha de Expedición de Factura de las Órdenes de Producción

Se escribirá un código de programación en el mismo lenguaje que permita obtener las fechas de expedición de facturas de acuerdo a las órdenes de producción.

Los datos son importados al programa Microsoft Excel desde un software especializado que tienen en operación. La siguiente es una visualización de la pantalla principal. La pestaña etiquetada como “Invoices number” denota el código de la factura de interés:

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Seller	Akwizytor	Rozł.	Część rozł.	Pozostało [PLN]	Amount [PLN]	Waluta	Type of document	Numer dokumentu	Invoices Number	Date of payment	Data operacji	Po terminie [dni]		Saldo pozostało [PLN]
1															
2	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$980.09	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01083/2011/H49	FS/01083/2011/H49	2011-07-01			\$0.00
3	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$117.83	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01213/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
4	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$150.61	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01433/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
5	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$351.74	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01572/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
6	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$199.88	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01563/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
7	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$65.73	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01776/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
8	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$1,979.24	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01862/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
9	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$441.08	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01814/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
10	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$428.04	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01921/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00
11	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$2,193.82	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01909/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
12	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$3,475.00	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01620/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
13	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$536.28	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01670/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
14	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$214.02	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01693/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
15	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$848.70	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01644/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
16	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$5,988.62	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01812/2011/H07	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
17	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$2,986.69	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01920/2011/H07	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
18	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$779.08	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	KB-2011/07/126	FS/01362/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00
18	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$619.92	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	KB-	FS/01388/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00

Figura 3: Pantalla principal de expedición de facturas

Fuente: Autor

Sin embargo la fecha de expedición de un código de factura en particular aparece en otra hoja de Excel como se muestra:

	A	B	C	D
1	Date of invoices	Invoice Number	Wartość brutto (PLN)	
2	2010-01-04	FS/00001/2010/H49	1,115.08 zł	
3	2010-01-04	FS/00002/2010/H49	766.16 zł	
4	2010-01-05	FS/00003/2010/H49	2,022.15 zł	
5	2010-01-05	FS/00004/2010/H49	615.98 zł	
6	2010-01-06	FS/00005/2010/H49	2,145.37 zł	
7	2010-01-07	FS/00006/2010/H49	2,439.02 zł	
8	2010-01-07	FS/00007/2010/H49	1,974.94 zł	
9	2010-01-07	FS/00008/2010/H49	3,373.06 zł	
10	2010-01-08	FS/00009/2010/H49	1,273.97 zł	
11	2010-01-08	FS/00010/2010/H49	1,610.40 zł	
12	2010-01-08	FS/00011/2010/H49	1,752.41 zł	
13	2010-01-08	FS/00012/2010/H49	1,074.21 zł	
14	2010-01-08	FS/00013/2010/H49	472.75 zł	
15	2010-01-12	FS/00014/2010/H49	1,058.96 zł	
16	2010-01-12	FS/00015/2010/H49	4,031.26 zł	
17	2010-01-12	FS/00016/2010/H49	1,899.45 zł	
18	2010-01-12	FS/00017/2010/H49	13,163.36 zł	
19	2010-01-12	FS/00018/2010/H49	1,231.96 zł	
20	2010-01-12	FS/00019/2010/H49	7,250.72 zł	
21	2010-01-13	FS/00020/2010/H49	324.52 zł	
22	2010-01-13	FS/00021/2010/H49	3,003.96 zł	
23	2010-01-13	FS/00022/2010/H49	366.00 zł	
24	2010-01-13	FS/00023/2010/H49	13,540.40 zł	
25	2010-01-13	FS/00024/2010/H49	2,320.06 zł	
26	2010-01-13	FS/00025/2010/H49	1,061.40 zł	

Figura 4: Pantalla con el numero de factura y su correspondiente fecha de expedición.

Fuente: Base de datos Hamar

Cabe resaltar que en la hoja que se muestra en la figura 4, únicamente se encuentran las facturas generadas en las instalaciones de la planta ubicada en la calle Hutnicza 49, razón por la cual dicho código termina en “H49”. En otra hoja se encuentran registradas en las instalaciones de Hamar ubicadas en la calle Hutnicza 7. Como se observa en la pantalla principal (Figura 3) las H49 y H07 aparecen de manera aleatoria.

La estrategia de solución planteada fue desarrollar una aplicación basada en lenguaje Visual Basic Excel que permita generar automáticamente las fechas de expedición de las facturas con base a los centenares datos que se importan en formato Excel.

El código desarrollado se muestra en Anexo 3. Al final, la aplicación desarrollada permite que el usuario tenga acceso a un botón “Generate Date” el cual genera cada una de las fechas en frente del número de factura de manera automática.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Seller	Akwizytor	Rozl.	Część rozl.	Pozostało [PLN]	Amount [PLN]	Walu	Type of document	Numer dokumentu	Invoices Number	Date of payment	Data operacji	Po terminie [dni]		Saldo pozostało [PLN]	Generate Date	Clean	
1																		
2	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$980.09	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01083/2011/H49	FS/01083/2011/H49	2011-07-01			\$0.00			
3	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$117.83	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01213/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
4	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$150.61	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01433/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
5	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$351.74	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01572/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
6	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$199.88	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01563/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
7	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$65.73	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01776/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
8	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$1,979.24	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01862/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
9	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$441.08	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01814/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
9	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$428.04	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01921/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01			\$0.00			
10	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$2,193.82	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01909/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00			
11	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$3,475.00	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01620/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00			
12	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$536.28	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01670/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04			\$0.00			
13																		

Figura 5: Botones de la aplicación

Fuente: Autor

La aplicación trabaja con base en las sentencias básicas If, For, y Do While, así como el manejo de vectores y botones de programador. A continuación se presenta una breve explicación de los bloques que componen el código:

```
Sub lookupp()
Dim n As Integer
Dim n7 As Integer
Dim n49 As Integer
Dim m As Integer
```

Aquí se declaran las variables que utiliza el programa.

```
'count the number of total invoices to be analyzed'
Cells(2, 12).Select
n = 0
Do While ActiveCell <> Empty
n = n + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
```

En este bloque, se cuenta o “escanea” el número de facturas que aparecen en el archivo y que han sido previamente importadas. A través de la sentencia `Do while` se le ordena al programa que cuente el número de datos que se encuentran desde la columna 12 y la fila 3, bajando de uno en uno `“ActiveCell.Offset(1, 0).Select”` por cada fila (empezando en la fila 2) para luego detenerse cuando encuentre una celda vacía.

```
Sheets("SPH07").Activate
'count the number of data at the SHP07 spreadsheet'
ActiveSheet.Cells(2, 2).Select
n7 = 0
Do While ActiveCell <> Empty
n7 = n7 + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
```

```
Sheets("SPH49").Activate
'count the number of data at the SHP49 spreadsheet'
ActiveSheet.Cells(2, 2).Select
n49 = 0
Do While ActiveCell <> Empty
n49 = n49 + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
```

En este bloque se realiza un procedimiento similar, pero en este caso, inicialmente activa la hoja “SPH07” para contar los datos correspondientes a las facturas generadas en las instalaciones de Hutnicza 7 empezando en la celda (2,2) y bajando una celda a la vez a través de la columna dos de dicha hoja. Luego el lazo se detiene cuando encuentre una celda vacía.

Luego se repite el procedimiento pero activando los datos que se encuentra en la hoja “SPH49” para contar los datos importados allí.

```
'identify and print the corresponding date'
For i = 2 To n + 1
m = Right(Cells(i, 12), 1)
If m = 7 Then
Sheets("SPH07").Activate
For j = 2 To n7
If Cells(i, 12) = ActiveSheet.Cells(j, 2) Then
Cells(i, 18) = ActiveSheet.Cells(j, 1)
End If
Next j
Else
If m = 9 Then
Sheets("SPH49").Activate
For j = 2 To n49
If Cells(i, 12) = ActiveSheet.Cells(j, 2) Then
Cells(i, 18) = ActiveSheet.Cells(j, 1)
End If
Next j
End If
```

```
End If
Next i
```

```
Sheets("WBVII").Activate
End Sub
```

Una vez calculado el valor de *n* en la rutina que calcula el número de facturas, el programa procede a realizar una comparación y una selección para encontrar la fecha buscada.

Se utiliza un bucle *For* que recorre la columna 12 de la hoja principal "WBVII". En su recorrido primero identifica el último carácter del contenido de la celda activada a través de la sentencia `Right(Cells(i, 12), 1)` con el objeto de diferenciar que datos se encuentran en la hoja "SPH 07" y cuales en la "SPH49" con ayuda de la instrucción *If*. Posteriormente se hace uso de la sentencia *if* nuevamente para que el programa decida colocar la fecha en la celda seleccionada (justamente en frente del número de factura) cuando el contenido de la celda de la columna 12 de la hoja principal "WBVII", coincida exactamente con el contenido de la celda de la hoja "SPH07" o "SPH49". Al final del algoritmo se obtiene la fecha de generación de la factura en frente de sus respectivo código en la hoja "WBVII"

10.2.1. Salidas Del Sistema de Información.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Seller	Akwizytor	Rozl.	Część rozl.	Pozostało [PLN]	Amount [PLN]	Waluła	Type of document	Numer dokumentu	Invoices Number	Date of payment	Data operacji	Po terminie [dni]	Saldo pozostało [PLN]	Generate Date	Clean		
1	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$980.09	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01083/2011/H49	FS/01083/2011/H49	2011-07-01		\$0.00	2011-04-20			
2	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$117.83	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01213/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-05-04			
3	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$150.61	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01433/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-05-23			
4	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$351.74	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01572/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-06-01			
5	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$199.88	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01563/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-05-31			
6	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$65.73	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01776/2011/H49	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-06-17			
7	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$1,979.24	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01862/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-05-23			
8	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$441.08	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01814/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-05-19			
9	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$428.04	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/126	FS/01921/2011/H07	2011-07-01	2011-07-01		\$0.00	2011-05-26			
10	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$2,193.82	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01909/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04		\$0.00	2011-06-30			
11	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$3,475.00	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01620/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04		\$0.00	2011-06-06			
12	0003	Tak	Tak	Nie	\$0.00	\$536.28	PLN	[WB] - Wyciąg bankowy	HB-2011/07/127	FS/01670/2011/H49	2011-07-04	2011-07-04		\$0.00	2011-06-09			

Figura 6: Resultado de la aplicación.

Fuente: Autor

Al correr el programa, se obtiene la pantalla que se observa en la figura 6, mostrando en negrilla la fecha correspondiente a cada código de factura impresa en la columna 12 "L". El botón *Clean* permite borrar toda la columna para realizar de nuevo la operación cuando se actualicen los datos.

El sistema se encuentra actualmente en operación en la empresa mostrando resultados satisfactorios y corriendo en un tiempo computacional excelente, lo que les permite ahorrar tiempo y realizar las tareas de manera más eficiente.

10.3. Propuesta de Evaluación Para Diagnóstico y Comparación de Parámetros del Desempeño de las Operaciones de la Planta Hutnicza 7.

La estrategia planteada por el practicante es se basa en el desarrollo una simulación basado en el software Promodel que permita evaluar el desempeño del actual sistema de producción y compararlo con el que se tendría con la adquisición de nuevas máquinas.

Siguiendo los lineamientos y estructura para un estudio de simulación (específicamente en Promodel) presentados en el marco teórico del presente documento, se iniciara con la planeación del estudio, fase en la cual se establecerán los objetivos de la simulación a realizar.

El objetivo general del estudio es realizar una comparación entre el performance del sistema actual y el que se tendría con el grupo de nuevas maquinas que la empresa pretende implementar. Para ello será necesario correr dos simulaciones en tiempo discreto tiempo discreto, una mostrando la configuración que actualmente tiene la planta y otro incluyendo las maquinas de acuerdo a la distribución de planta propuesta.

Dentro de las restricciones que se presentan para desarrollar la simulación se encuentran, pero no se limitan a:

- No están disponibles la cantidad de cronómetros profesionales que se requieren.
- Únicamente el practicante puede realizar las mediciones de tiempo debido a que los demás trabajadores están demasiado ocupados realizando otras tareas.
- El tiempo para su desarrollo es de menos de 30 días.
- La versión del Software Promodel es limitada.
- Existen algunas deficiencias en el conocimiento sobre simulación de procesos complejos, lo que demanda más tiempo para una simulación muy detallada

Teniendo en cuenta las restricciones de tiempo y de recursos disponibles para la elaboración del estudio, se determinó que la mejor estrategia es realizar una simulación con no más de cuatro entidades, siete recursos y diez locaciones. Para ello nos concentraremos en el análisis de la referencia más importante para Hamar, la cual corresponde a los procesos productivos para el ensamble de los tornillos de referencia 14035/0 y sus variantes.

El segundo paso corresponde a definir el sistema. Para ello, el análisis se concentrará en las actividades que conforman los procesos productivos en la planta de producción. Para ello es necesario conocer las dimensiones de la planta para facilitar el análisis de recorridos, caracterizar el flujo de materiales y la logística interna que tienen lugar dentro de las instalaciones. Para ello, se dibujó un plano a escala utilizando el software

Autocad para luego importarlo al software Promodel y visualizar los eventos que presenta la simulación de manera ordenada. A continuación se presenta el plano en Autocad de la planta:

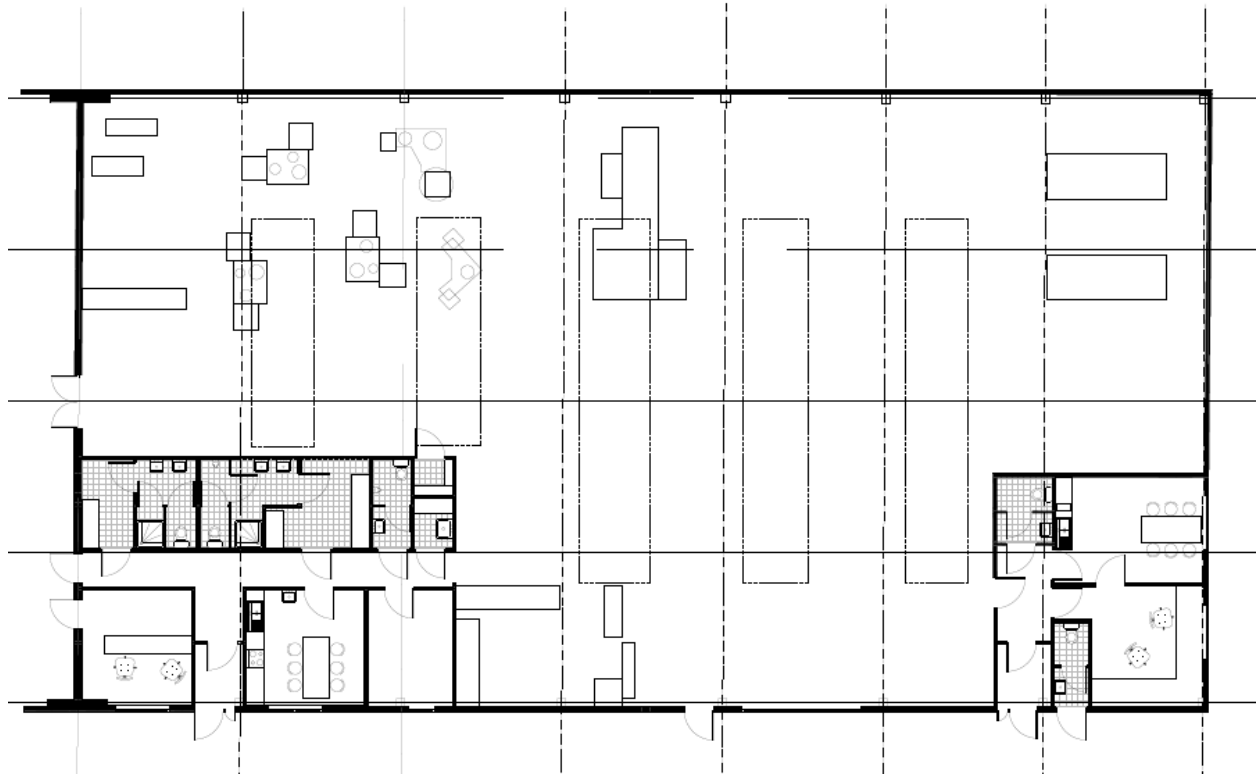


Figura 7: Plano en Autocad de la planta Hutnicza 7
Fuente: Autor

Para poder realizar la simulación será necesario realizar una recolección de datos metrológicos estadísticos que sirvan para modelar el comportamiento de los procesos de producción a través de distribuciones de probabilidad.

10.3.1. Elaboración del Modelo Computacional

Después de realizar la toma de tiempos se obtuvo la siguiente distribución de probabilidad para las diferentes maquinas UTAs. Para la UTA 1:

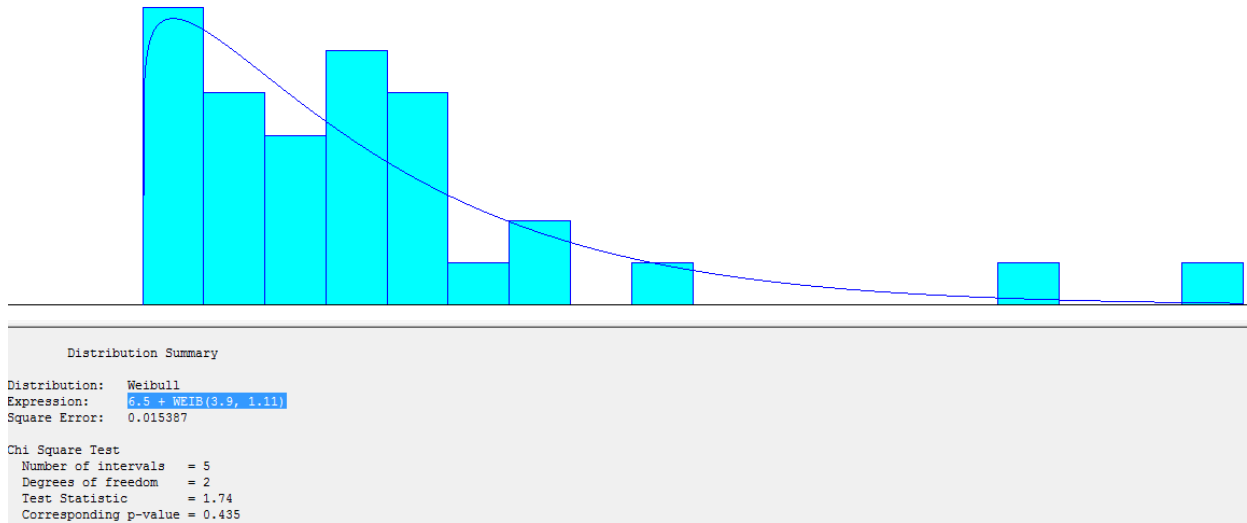


Grafico 1: Distribución de probabilidad del tiempo de procesamiento de la máquina UTA 1.
 Fuente: Autor

Para la UTA 2:

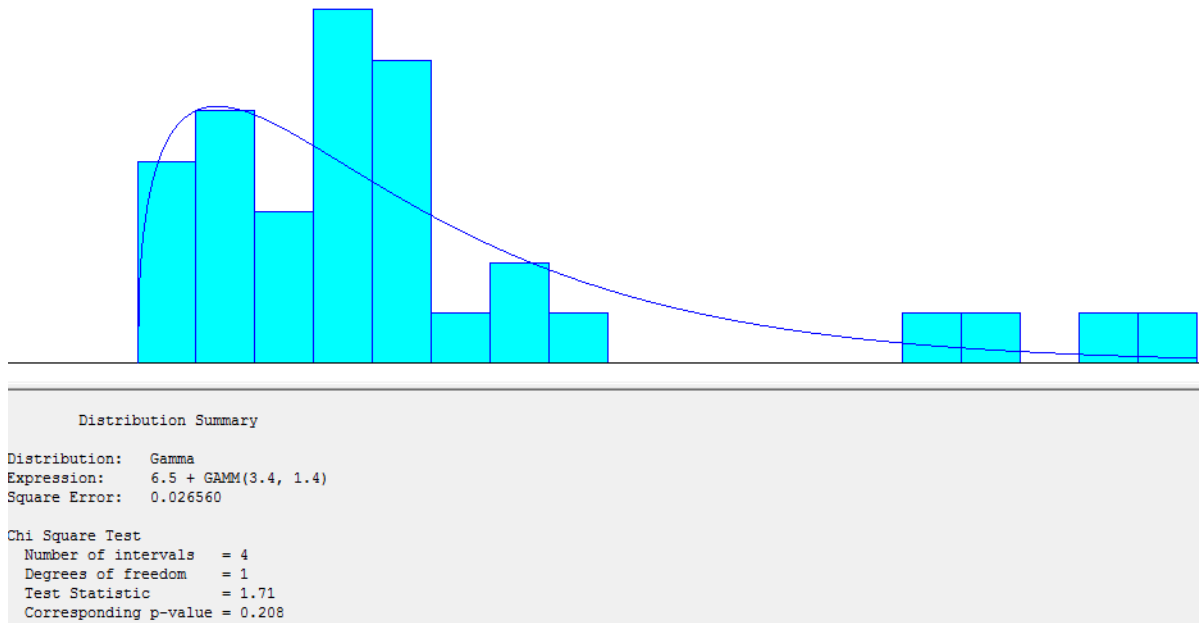


Grafico 2: Distribución de probabilidad del tiempo de procesamiento de la máquina UTA 2.
 Fuente: Autor

UTA 3

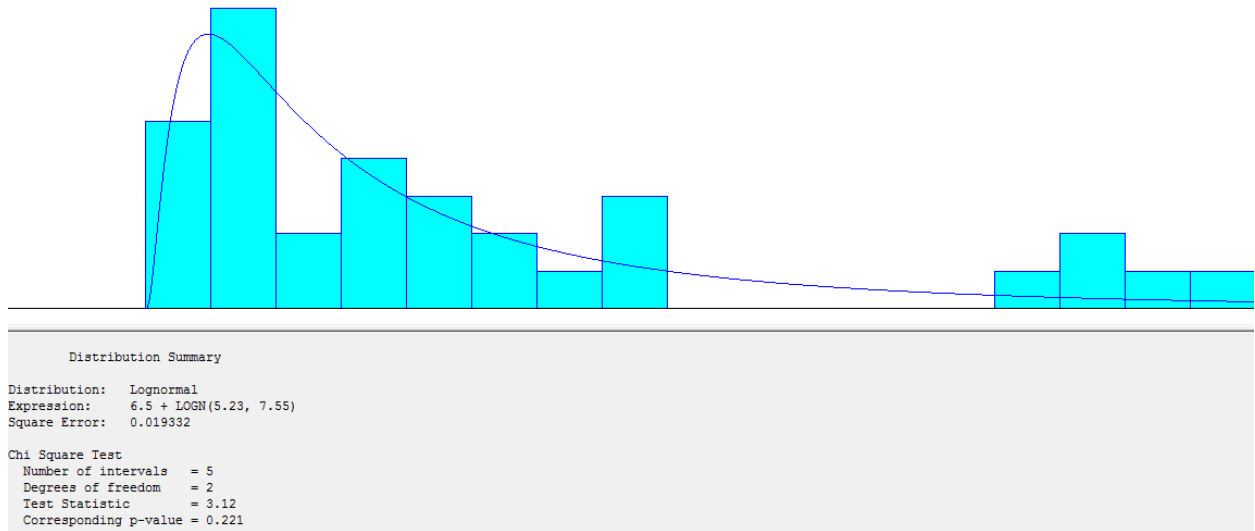


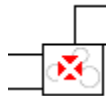
Grafico 3: Distribución de probabilidad del tiempo de procesamiento de la máquina UTA 3.
 Fuente: Autor

10.3.2. Construcción del Modelo

Para la construcción del modelo de simulación se deberán definir los elementos necesarios para correrlo. Estos elementos se definen en el menú "Build". A continuación se presentan

Locaciones (Locations)

UTA 1



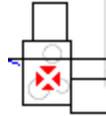
Capacidad: 1 caja de 4000 unidades cada 8 minutos

UTA 2



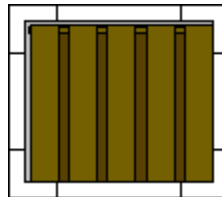
Capacidad: 1 caja de 4000 unidades cada 8 minutos

UTA 3



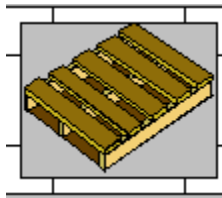
Capacidad: 1 caja de 4000 unidades cada 8 minutos

Pallet



Capacidad: Esta locación puede procesar hasta 50 entidades, esto es, puede soportar un peso hasta de 50 cajas de 4000 tornillos

Pallet 2



Capacidad: Esta locación puede procesar hasta 50 entidades, esto es, puede soportar un peso hasta de 50 cajas de 4000 tornillos.

En la Figura 8 se presenta el cuadro total de las Locaciones que intervienen en el modelo de simulación de Promodel

Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...	Notes...
	UTA1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	UTA2	1	1	None	Time Series	Oldest	
	UTA3	1	1	None	Time Series	Oldest	
	MAGAZINE	inf	1	None	Time Series	Oldest	
	Pallet	50	1	None	Time Series	Oldest	
	Pallet2	50	1	None	Time Series	Oldest	
	Salida	inf	1	None	Time Series	Oldest	
	Queue_uta1	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Queue_uta2	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Queue_uta3	INFINITE	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Packing_machine_input	50	1	None	Time Series	Oldest	
	Pallet3	50	1	None	Time Series	Oldest	
	PAINT_ROOM	INF	1	None	Time Series	Oldest	

Figura 8: Locaciones del modelo de simulación

Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

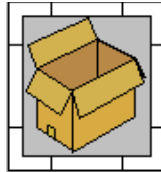
La capacidad de la Bodega (Magazine) ubicada en la parte izquierda del plano de planta, posee una capacidad muy grande (infinite) así como las respectivas colas y la locación correspondiente al cuarto de pintura (Paint room).

A continuación se caracterizarán las entidades que intervienen dentro del proceso y que son de interés para el estudio:

Entities:

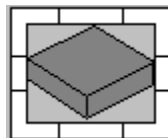
Básicamente se definen cuatro entidades que representan los mismos tornillos en empaques (cajas) de cuatro mil unidades de la referencia 14045/0 dentro de las diferentes transformaciones en cuanto al tamaño del lote que se entrega al cliente.

Screw_Washer_box



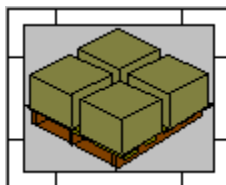
En este gráfico se representa la materia prima inicial que proviene de la bodega (Magazine), la cual alude a los tornillos y arandelas que vienen por separado para ser ensamblados en las maquinas UTA. Cabe resaltar que para efectos de evitar aumentar la complejidad del modelo de manera innecesaria y teniendo en cuenta los objetivos y las restricciones que se presentan, se determinó que tanto los tornillos como las arandelas serían representadas como una sola entidad.

Assembled_Screw



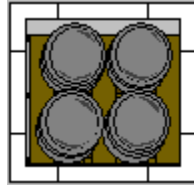
Esta entidad representa cada unidad empacada (caja) de 4000 tornillos ya ensamblados por las maquinas UTA.

Batch



Esta entidad representa cada lote de 36 cajas de 4000 tornillos el cual es transportado hacia y desde el cuarto de pintura (Paint Room)

Final_Product



Representa el lote de 36 cajas de 4000 tornillos listo para entregar al cliente. Es la entidad que sale del sistema al terminar la simulación.

La figura 9 muestra la ventana de Promodel con las entidades que participan en el sistema:





Icon	Name	Speed (fpm)	Stats
	Screw_washer_box	150	Time Series
	Assembled_Screw	150	Time Series
	Packed_screws	150	Time Series
	Final_Product	150	Time Series

Figura 9: Entidades del modelo de simulación

Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

Path_Networks

Se determinaron seis caminos que usan los recursos y las entidades dentro del modelo de simulación. En la figura 10 se denotan los nombres de las rutas definidos en Promodel

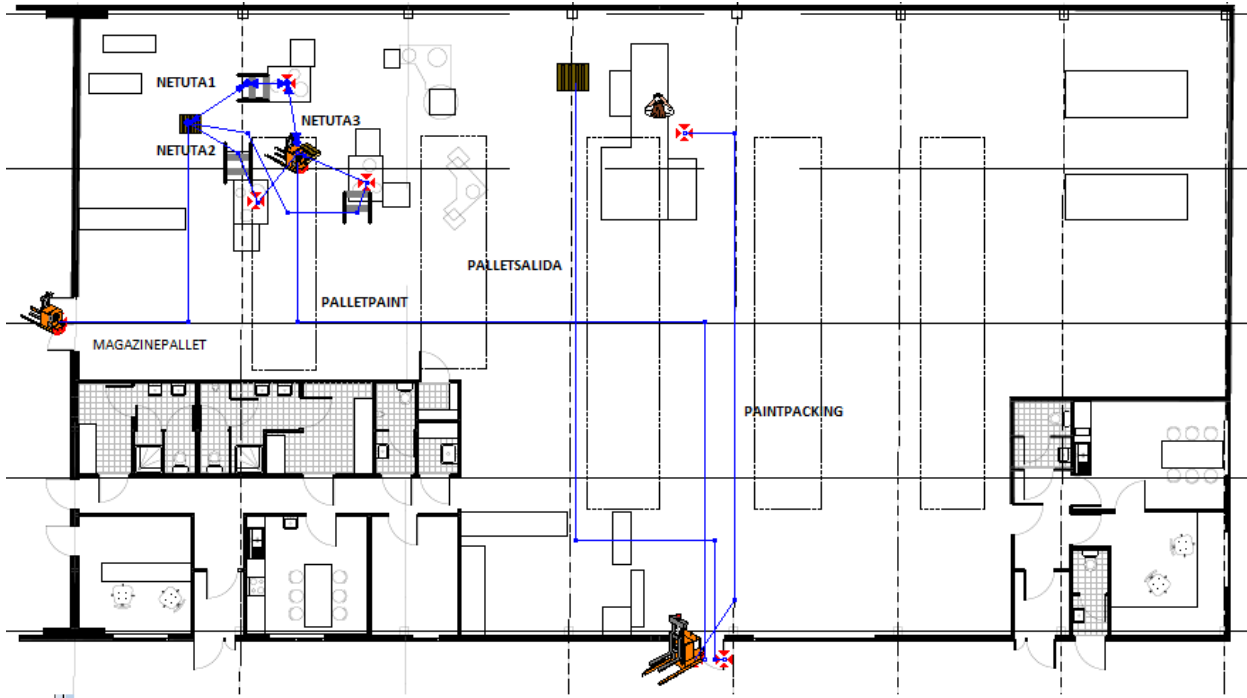


Figura 10: Recorridos del modelo de simulación
 Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

Durante la definición de las rutas, se tuvo especial cuidado con la asignación de nodos e interfaces, de tal manera que los recursos y entidades sigan el mismo camino que en la situación real.

De igual manera, se establecen las dimensiones de los recorridos de acuerdo a los datos suministrados en el plano arquitectónico de la planta de Hutnicza 7 proveído por el jefe de operaciones.

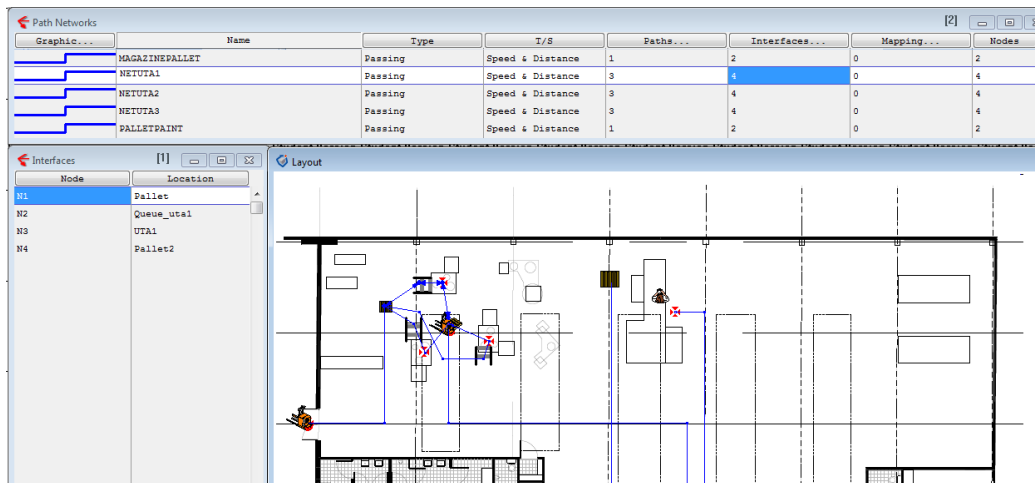


Figura 11: Path Networks del modelo de simulación
 Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

Resources (Recursos)

Se definen 7 recursos en el sistema. Estos incluyen los tres operarios de las maquinas UTA, el operario que se encuentra en la máquina de empaque y los tres montacargas que prestan el servicio para la logística del transporte interno dentro de la planta. Cada recurso es asignado a uno de los recorridos definidos en el “Path Network” de Promodel tal como se observa en la figura 12








Icon	Name	Units	Dis...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Distribution_Forktruck	1	None	By Unit	PALLETPAINT, N1, None	None	0	1	
	Magazine_Forktruck	1	None	By Unit	MAGAZINEPALLET, N1, None	None	0	1	
	Worker1	1	None	By Unit	NETUTA1, N2, Rtn None	None	0	1	
	Worker2	1	None	By Unit	NETUTA2, N2, Rtn None	None	0	1	
	Worker3	1	None	By Unit	NETUTA3, N2, Rtn None	None	0	1	
	Packing_worker	1	None	By Unit	No Network	None	0	1	
	Packing_Forktruck	1	None	By Unit	PAINTPACKING, N1, None	None	0	1	

Figura 12: Recursos del modelo de simulación

Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

Processing (Procesamiento)

En esta parte de la construcción del modelo en Promodel se define el comportamiento de las entidades y los recursos de acuerdo a la secuencia lógica que se desea modelar, tomando como base las distribuciones de probabilidad que presenta el comportamiento en el tiempo de los procesos productivos que hacen parte de la cadena de valor de las operaciones de ensamble y empaque de la empresa para la referencia 14035/0.

En el cuadro 1 se presentan los datos de entrada dentro del submenú Processing

ENTITY	LOCATION	OPERATION	OUTPUT	DESTINATION	MOVE	MOVE LOGIC
Screw_Washer_box	MAGAZINE	WAIT N(5,1)	Screw_Washer_box	Pallet	First 1	MOVE WITH Magazine_Forktruck THEN FREE
Screw_Washer_box	Pallet	WAIT E(2)	Screw_Washer_box	UTA1	0.3 1	MOVE WITH Worker1 THEN FREE
			Screw_Washer_box	UTA2	0.3	MOVE WITH Worker2 THEN FREE
			Screw_Washer_box	UTA3	0.4	MOVE WITH Worker3 THEN FREE
Screw_Washer_box	UTA1	GET Worker1 WAIT 6.5 + W(3.9, 1.11) FREE Worker1	Assembled_Screw	Pallet2	First 1	MOVE WITH Worker1 THEN FREE

Screw_Washer_box	UTA2	GET Worker2 WAIT 6.5 + G(3.4, 1.4) FREE Worker2	Assembled_Screw	Pallet2	First 1	MOVE WITH Worker2 THEN FREE
Screw_Washer_box	UTA3	GET Worker3 WAIT 6.5 + G(3.4, 1.4) FREE Worker3	Assembled_Screw	Pallet2	First 1	MOVE WITH Worker3 THEN FREE
Assembled_Screw	Pallet2	ACCUM 36	Batch	PAINT_ROOM	First 1	MOVE WITH Distribution_Forktruck THEN FREE
Batch	PAINT_ROOM	WAIT N(200,60)	Batch	Packing_machine_input	First 1	MOVE WITH Packing Forktruck THEN FREE
Batch	Packing_machine_input	GET Packing_worker WAIT 25 + G(92.3, 0.715) FREE Packing_worker	Final_Product	Pallet 3	First 1	MOVE FOR 5
Final_Product	Pallet3		Final_Product	Salida	First 1	MOVE FOR 5
Final_Product	Salida		Final_Product	EXIT		

Cuadro 1: Expresiones de los procesos del modelo de simulación

Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

Arrivals (Llegadas)

Esta sección del modelo representa las llegadas de la entidad que se considera como materia prima (Screw_Washer_box) de la que depende todo el ejercicio de la simulación. Por medio de análisis estadístico se determinó que dicha entidad ingresa al sistema con una frecuencia cuyo comportamiento exponencial se puede modelar por medio de la expresión de acuerdo a la expresión $E(180)$ min entregando un promedio de 40 unidades. La figura 13 muestra el ingreso de los datos de entrada en Promodel.

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Disable
Screw_washer_box	MAGAZINE	40		inf	E(180)		No

Figura 13: Llegadas de las entidades en el modelo de simulación

Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

10.3.3. Corrida del Modelo y Resultado del Ejercicio de Simulación.

Se determinó que el modelo de simulación sería ejecutado simulando una jornada laboral de 40 horas equivalente a una semana normal de trabajo en la fábrica. Sin embargo, en el Anexo 4 se muestran las salidas del modelo corrido en jornada diaria de 8 horas. De igual manera se decidió realizar tres replicaciones del modelo para garantizar la reproductibilidad del experimento, de tal manera que contraste con la aleatoriedad que presenta.

Al correr el modelo se observan interesantes resultados dentro de las estadísticas que presenta Promodel. Por ejemplo, en cuanto a las locaciones el porcentaje de utilización más alto lo posee la maquina UTA 3 con un 53.72%. Esto se acerca de manera muy precisa a la realidad debido a que esta es la maquina que presenta mejor desempeño en las operaciones de ensamble, por lo cual se encuentra en continuo funcionamiento la mayor parte del tiempo. En el gráfico 4 se muestra el promedio del porcentaje de utilización de todas las locaciones del modelo en las cinco replicaciones.

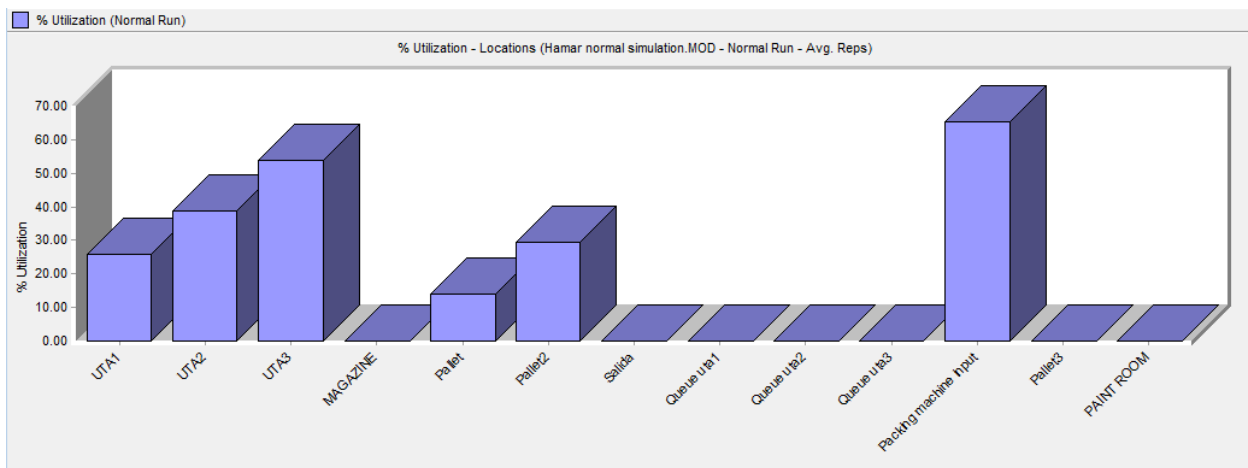


Gráfico 4: Locaciones del modelo de simulación
Fuente: Resultados del modelo construido por el autor

Cabe resaltar que a pesar de que las máquinas UTA son parte fundamental de los procesos de ensamble de Hamar, dichas maquinas no presentan el desempeño adecuado. El gráfico 5 muestra el porcentaje de tiempo muerto o improductivo que tienen las maquinas en un día de producción

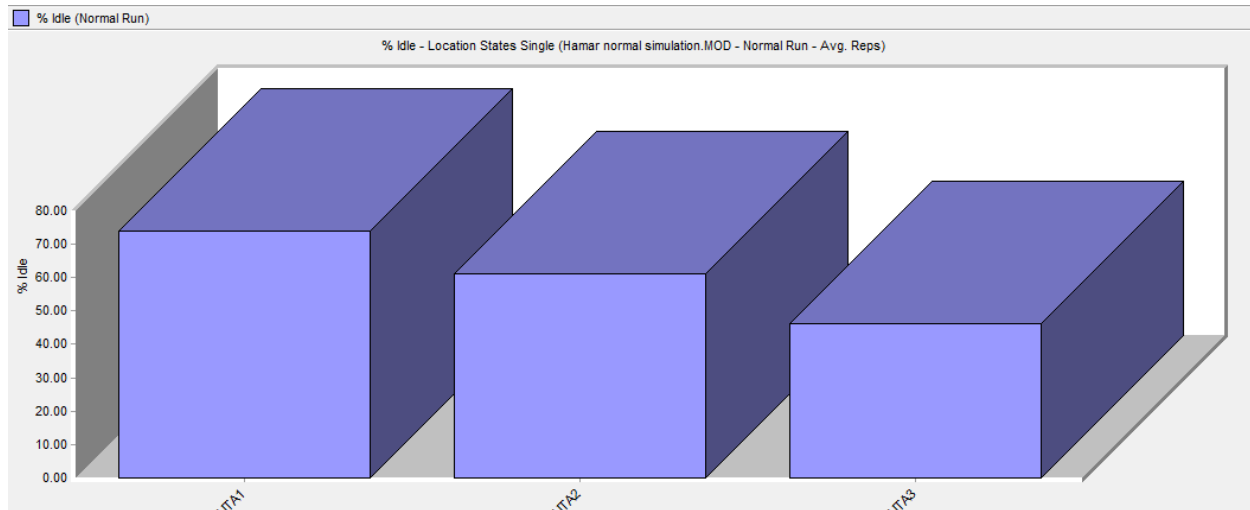


Gráfico 5: Tiempos ociosos de las máquinas UTA en modelo de simulación
Fuente: Resultados del modelo construido por el autor

Es importante denotar que la simulación únicamente está tomando en cuenta la referencia de tornillo de mayor demanda, y esta es la razón por la que el tiempo de ocio de dichas máquinas es elevado. Sin embargo, los continuos fallos que presentan las UTAs tienen un impacto negativo en la productividad global de las operaciones así como la no apropiada distribución de la carga laboral de los operarios de dichas máquinas, debido a que deben apersonarse de otras actividades distintas a la manipulación de las mismas.

A continuación se presentaran los resultados sobre el desempeño de los recursos durante la corrida del modelo de simulación. La mayor utilización la muestra el operario que se encarga del funcionamiento de la UTA 3 “Worker3”, sin embargo, hay que tener cuidado con el análisis de este resultado ya que esta cifra representa el tiempo productivo en la que se están realizando los procesos de ensamble en la UTA3. Para el caso del operario de la máquina 1 el resultado no es muy alentador, ya que el porcentaje de utilización de este recurso es el más bajo entre los operarios de las UTA “Worker1” y es del 26.37%, esto significa que el resto del tiempo (idle time) el operario está desarrollando labores de mantenimiento correctivo. El gráfico 6 muestra el desempeño de todos los recursos del sistema.

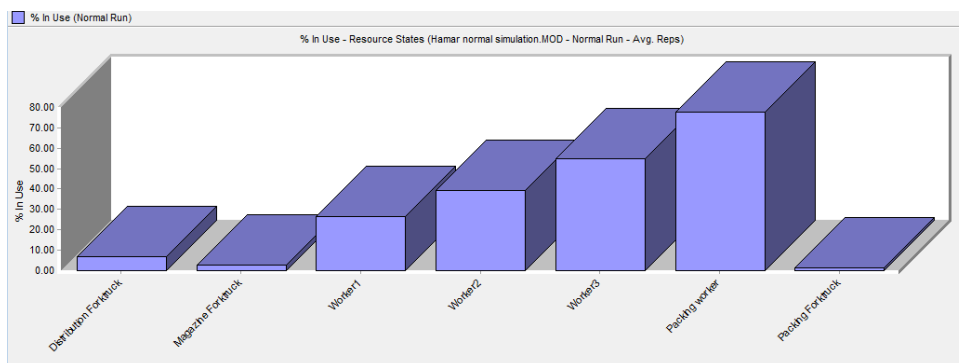


Gráfico 5: Estado de recursos del modelo de simulación, Fuente: resultados del modelo construido por el autor

En cuanto a las entidades se observa que se logra empacar 19 lotes de la entidad "Final_Product" que representa el producto terminado listo para iniciar el proceso de distribución a los clientes. Esto se debe a que existe un cuello de botella en la maquina empacadora, lo que convierte este proceso en la restricción del sistema. El resultado se muestra en el cuadro 2:

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)			
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)
Screw washer box	0.00	5.67	0.00
Assembled Screw	0.00	17.00	0.00
Batch	0.00	243.67	0.00
Final Product	20.00	0.33	1158.33

Cuadro 2: Entidades en los procesos del modelo de simulación
Fuente: Salida del modelo construido por el autor

Aquí se puede apreciar que en una semana (40 horas), se consiguen enviar al cliente 19 lotes del producto terminado y queda en proceso el 50% de un lote para completar la siguiente semana.

10.3.4. Comparación del Modelo Incluyendo la Nueva Máquina Empacadora.

La empresa ha decidió realizar una inversión en activos fijos correspondientes a una máquina empacadora y tres máquinas de inyección. Para el caso de el análisis de acuerdo a los objetivos planteados en el presente proyecto, únicamente la maquina empacadora será incluida dentro de la simulación debido a que el producto de interés no incluye las inyectoras dentro de los procesos de ensamble.

Ahora se incluirá una nueva locación correspondiente a la segunda maquina empacadora. La configuración en Promodel ahora luce de acuerdo a la siguiente figura:

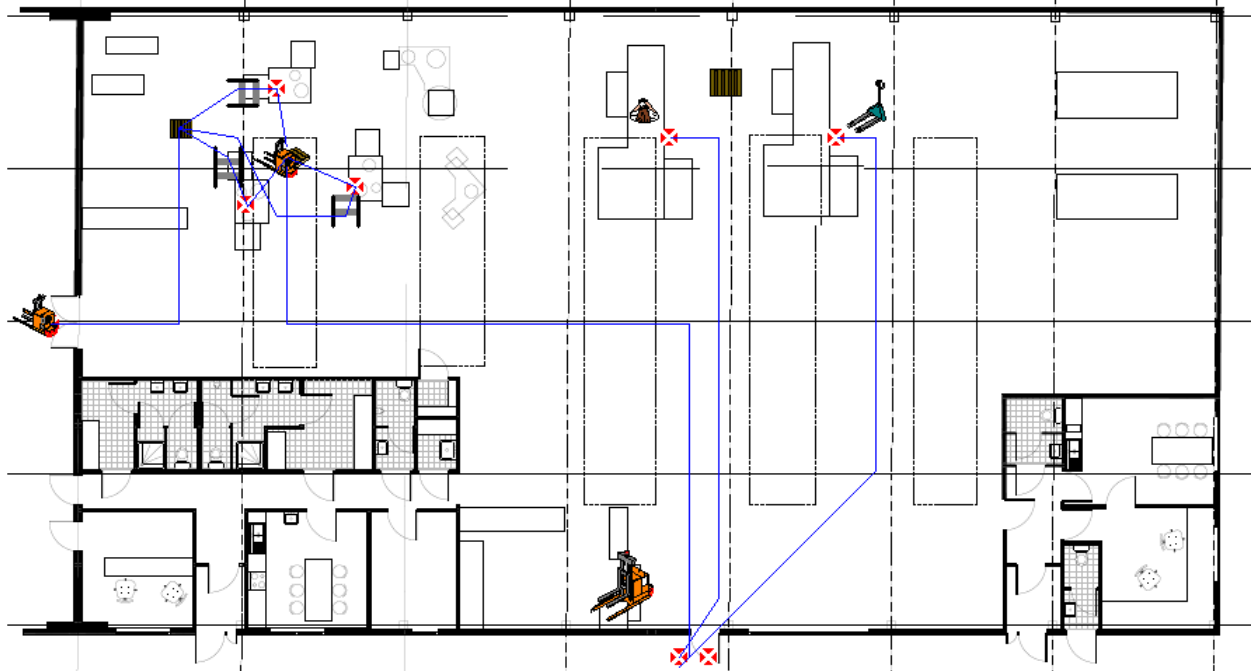


Figura 14: Nueva configuración del "background" en el modelo de simulación
 Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

Aquí se muestra además de la locación que representa la segunda máquina empacadora, otro recurso (Pallet Truck) el cual puede representar la función de otro operario disponible en la planta, el cual se usará solo con el propósito de transportar la entidad. Además, cabe mencionar que dicho recurso se mueve sobre un nuevo Path Network "PALLETPACKING2" a través de la función MOVE WITH. En el siguiente cuadro se muestran las operaciones adicionales de este segundo modelo que incluye la nueva máquina empacadora

ENTITY	LOCATION	OPERATION	OUTPUT	DESTINATION	MOVE	MOVE LOGIC
Screw_Washer_box	MAGAZINE	WAIT N(5,1)	Screw_Washer_box	Pallet	First 1	MOVE WITH Magazine_Forktruck THEN FREE
Screw_Washer_box	Pallet	WAIT E(2)	Screw_Washer_box	UTA1	0.3 1	MOVE WITH Worker1 THEN FREE
			Screw_Washer_box	UTA2	0.3	MOVE WITH Worker2 THEN FREE
			Screw_Washer_box	UTA3	0.4	MOVE WITH Worker3 THEN FREE
Screw_Washer_box	UTA1	GET Worker1 WAIT 6.5 + W(3.9, 1.11) FREE Worker1	Assembled_Screw	Pallet2	First 1	MOVE WITH Worker1 THEN FREE
Screw_Washer_box	UTA2	GET Worker2 WAIT 6.5 + G(3.4, 1.4) FREE Worker2	Assembled_Screw	Pallet2	First 1	MOVE WITH Worker2 THEN FREE
Screw_Washer_box	UTA3	GET Worker3 WAIT 6.5 + G(3.4, 1.4) FREE Worker3	Assembled_Screw	Pallet2	First 1	MOVE WITH Worker3 THEN FREE
Assembled_Screw	Pallet2	ACCUM 36	Batch	PAINT_ROOM	First 1	MOVE WITH Distribution_Forktruck THEN FREE
Batch	PAINT_ROOM	WAIT N(200,60)	Batch	Packing_machine_input	0.4 1	MOVE WITH Packing Forktruck THEN FREE
			Batch	Packing_machine_input2	0.6	MOVE WITH Pallet_Truck THEN FREE
Batch	Packing_machine_input	GET Packing_worker WAIT 25 + G(92.3, 0.715) FREE Packing_worker	Final_Product	Pallet 3	First 1	MOVE FOR 5
Batch	Packing_machine_input2	GET Packing_worker WAIT 25 + G(92.3, 0.715)	Final_Product	Pallet 3	First 1	MOVE FOR 5
Final_Product	Pallet3		Final_Product	Salida	First 1	MOVE FOR 5

Final_Product	Salida		Final_Product	EXIT		
---------------	--------	--	---------------	------	--	--

Cuadro 3: Expresiones de los procesos del nuevo modelo de simulación
Fuente: Datos de entrada del modelo construido por el autor

10.3.5. Resultado del Nuevo Ejercicio de Simulación

Como se menciona anteriormente, el modelo se corrió por 40 horas representando el total de horas laboradas en la semana, de tal manera que se puedan visualizar todas las entidades que serán entregadas a los clientes como resultado del ejercicio de producción semanal.

La inclusión de la nueva locación también a tenido un impacto en la utilización de las maquinas y los recursos. Esto no pudo ser visualizado de manera intuitiva antes de ejecutarse la simulación, lo que evidencia algunas de las ventajas de utilizar este tipo de herramientas dentro del análisis de un sistema productivo. En el gráfico 6 se muestra el nuevo porcentaje de utilización de todas las locaciones del modelo después de incluir la segunda máquina inyectora:

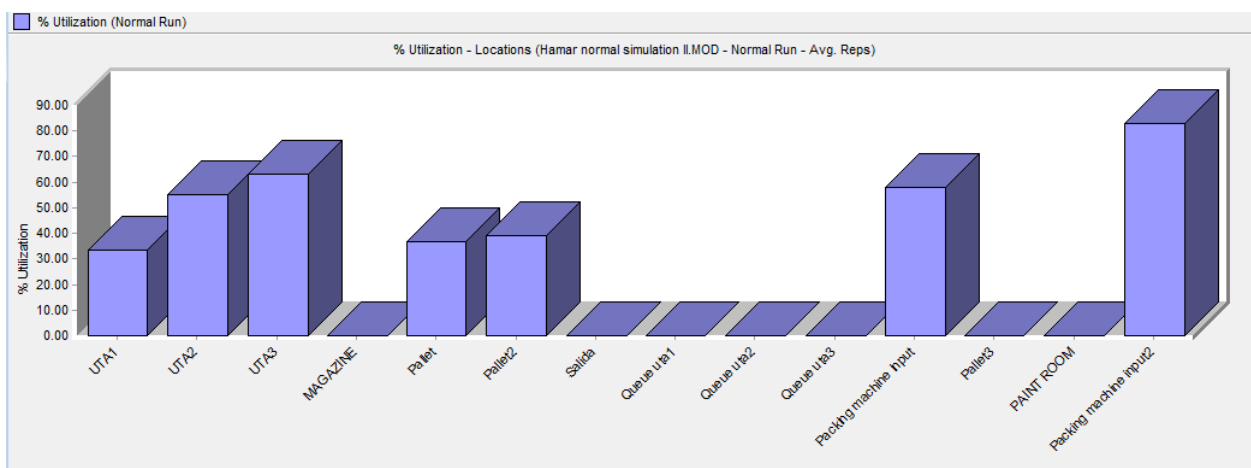


Gráfico 6: Porcentaje de utilización de las locaciones del nuevo modelo de simulación
Fuente: Salida del modelo construido por el autor

Se puede observar que las máquinas UTA operan por más tiempo (mayor porcentaje de utilización) ya que la presencia de la nueva máquina demanda mas unidades a procesar, disminuyendo la restricción del sistema y logrando enviar un mayor número

de unidades a los clientes con el ánimo de satisfacer un mayor nivel de demanda. Obviamente el tiempo de ocio de las entidades se reduce.

También es importante mencionar que la nueva máquina presenta un porcentaje de utilización más elevado, esto se debe a que las características técnicas de la misma superan a las de la primera empacadora. Esto se reflejó en el modelo introduciendo una distribución de probabilidad diferente y asignando un 60 % de las entidades para ser procesadas en la máquina empacadora nueva. En el cuadro 7 pueden observarse dichos cambios en los datos de entrada del modelo de simulación.

Ahora lo más interesante, será analizar el número de entidades “Final_Product” que salen del sistema y que representan el número de lotes que serán entregados a los clientes de Hamar. Con las mismas tres replicaciones aleatorias obtenemos los siguientes resultados de 40 horas de producción tal como lo muestra el cuadro 4.

Hamar normal simulation II.MOD (Normal Run - Avg. Reps)			
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)
Screw washer box	0.00	22.33	0.00
Assembled Screw	0.00	32.33	0.00
Batch	0.00	266.67	0.00
Final Product	45.33	0.00	1230.24

Cuadro 4: Expresiones de los procesos del nuevo modelo de simulación
Fuente: Salida del modelo construido por el autor

Comparando el cuadro 4 con el cuadro 2 se observa que 25.33 entidades adicionales de “Final_Product” salen del sistema. Esto significa que la introducción de la nueva máquina empacadora genera 25.33 unidades adicionales para entregar al cliente en una semana (en promedio).

Lo anterior responde a una de las inquietudes de la gerencia sobre los beneficios de la nueva máquina empacadora y cumple con los objetivos planteados en el presente proyecto.

En cuanto a la utilización de los recursos obtenemos los siguientes datos:

Hamar normal simulation II.MOD (Normal Run - Avg. Reps)					
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle
Distribution Forktruck	40.00	7.88	7.66	0.22	84.24
Magazine Forktruck	40.00	3.36	2.61	0.75	93.28
Worker1	40.00	32.71	0.45	0.04	66.80
Worker2	40.00	50.68	0.49	0.03	48.80
Worker3	40.00	64.87	1.21	0.01	33.91
Packing worker	40.00	83.28	0.00	0.00	16.72
Packing Forktruck	40.00	1.17	0.04	1.13	97.66
Pallet Truck	40.00	0.46	0.46	0.00	99.08

Cuadro 5: Utilización de los recursos del nuevo modelo de simulación
Fuente: Salida del modelo construido por el autor

Se observa que se disminuye un poco el tiempo de ocio de los operarios, en especial el de la maquina empacadora que ahora es del 16.72%

CONCLUSIONES

- El presente proyecto logró cumplir a cabalidad los objetivos planteados al desarrollar las aplicaciones de programación utilizando lenguaje Visual Basic en Excel tanto para calcular el desempeño real y corregido de los trabajadores de la maquina empacadora como la aplicación que permite visualizar fácilmente la fecha de expedición de una factura. Además de lo anterior, durante el desarrollo de la práctica, se consiguió además implementar dichos sistemas de información en dentro de la empresa, los cuales hoy día se encuentran en operación y dan gran apoyo a los procesos de transformación y a la agregación de valor a los productos de Hamar.

Por otro lado, se realizó el estudio de simulación con la herramienta Promodel, cuyos resultados fueron satisfactorios teniendo en cuenta las restricciones para su desarrollo, debido a que logro responder las preguntas sobre el desempeño del sistema actual y el que se tiene al implementar una segunda máquina empacadora.

- Se observó la importancia de los sistemas de información para resolver problemas y realizar análisis que conlleven al mejoramiento de los procesos productivos dentro de una organización, especialmente cuando se trata de agregar valor a los diferentes productos de interés para la empresa.
- Durante el desarrollo de la práctica se logró afianzar los conocimientos en el área de producción y también las habilidades y destrezas en la utilización de herramientas de software y sistemas de información, lo que representa una gran ventaja para los Ingenieros Industriales dentro del quehacer propio de su profesión.
- El fortalecimiento de las relaciones interpersonales también hizo parte importante dentro de experiencia profesional en la práctica empresarial y permitió experimentar las vivencias propias dentro de un ambiente laboral real.
- La experiencia internacional logró acrecentar el entendimiento mutuo con personas de distintas nacionalidades, no solo fortaleciendo las habilidades comunicativas en idiomas extranjeros, sino también poniendo en ejercicio los valores como la tolerancia y el respeto que son indispensables dentro del ambiente laboral y son parte de la formación personal.

RECOMENDACIONES

- Es importante asegurarse que las personas que utilizan las aplicaciones de Visual Basic desarrolladas durante la práctica profesional lean el instructivo y/o consulten sobre la correcta manipulación de los mismos, ya que de esta manera se evitan alteraciones del código que pueden resultar en errores del sistema o errores en los cálculos de los datos de interés.
- Se debe prestar especial atención al desempeño de las máquinas ensambladoras UTA, debido a que el bajo porcentaje de utilización que presentan se debe principalmente a fallos mecánicos que pueden ser evitados implementando un sistemático programa de mantenimiento predictivo y preventivo que ayudara a aumentar la productividad de la planta de producción.
- Se recomienda proseguir con el estudio de simulación incluyendo las máquinas inyectoras y por ende otros productos de importancia estratégica para la empresa.
- Estudiada la posibilidad de contratar nuevos operarios y en vista de que han sido infructuosos los esfuerzos por atraer nuevos empleados, se debería considerar la posibilidad de aumentar la difusión de estas plazas en diferentes medios masivos del área de influencia de la ciudad de Gdansk.



BIBLIOGRAFIA

- [1]. Aitken, Peter G. Excel Programming Weekend Crash Course. Ed Wiley Publishing Inc.
- [2]. Chase, Aquilano, Jacobs. Administración de Producción y Operaciones. 8 ed. Mc Graw Hill, 2000.
- [3]. Dileep R. Sule. Instalaciones de Manufactura, Ubicación, Planeación y Diseño. 2 ed. Mexico. Thomson Learning, 2001.
- [4]. Office of the Manager National Communication Systems. TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 04-1, Estados Unidos. 2004.
- [5]. Promodel corporation. Promodel User Guide 01/06
- [6]. Ruddell Reed, Jr. Localización, Distribución de planta y mantenimiento de planta, Edl "El Ateneo", Argentina.
- [7]. Tompkins, James A. Facilities Planning. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. USA 1996.

ANEXOS

ANEXO 1 INSTRUCTIVO (SOLO EN INGLES)

Instructive Application

This Visual Basic-Excel application allows the user to calculate the average performance of workers at the packing section (packing machine and packing room). All input and output data must be entered and received on the excel workbook. The workbook has five spreadsheets named "Main", "Lista", "Form", "Machine1" and "Lista1", so the correct using of this tool will be explained as follows:

Main Spreadsheet:

In this spreadsheet you must enter the corresponding data according to the fields appearing with titles in bold (row 4, from column A to column J). After that the user must FIRST referesh both comboboxes by pushing the “Odświeżania lista” button, then enter the data in the field “Miesiąc” by selecting the corresponding month at the combobox 1, after that, the user must select the corresponding worker name, so in the field “Average Performance %” (filled yellow) will appear average performance of certain worker in a certain month according to the data combination chosen at the comboboxes. In the field “Rekordy” the number of analyzed data for such combination will appear.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1												
2												
3										Odświeżania lista		
4	Month	Name of Employee	Standard	Numbers of boxes	Real time of production	Real standard	Average	Miesiąc	Nazwa	Average Performance (%)	Rekordy	
5	styczeń	B. Biedrzycka	80	50	65	80	75.00					
6	styczeń	B. Biedrzycka	90	58	80	90	100.00					
7	styczeń	B. Biedrzycka	90	45	65	90	71.00					
8	styczeń	B. Biedrzycka	90	100	140	90	112.00					
9	styczeń	B. Biedrzycka	180	57	110	180	101.00					
10	styczeń	I.Bochentin	80	60	80	80	78.00					
11	styczeń	I.Bochentin	90	75	110	90	91.00					
12	styczeń	M. Cwenar	140	49	130	160	110.00					
13	styczeń	M. Cwenar	100	16	30	120	82.00					
14	styczeń	M. Cwenar	150	104	290	170	85.00					
15	styczeń	M. Cwenar	100	204	420	130	99.00					
16	styczeń	K. Kowalewska	110	33	60	110	106.00					
17	styczeń	K. Kowalewska	110	7	15	130	112.00					
18	styczeń	K. Kowalewska	120	75	150	120	94.00					
19	styczeń	K. Kowalewska	80	146	190	80	73.00					
20	styczeń	W. Koszałka	240	21	80	230	102.00					
21	styczeń	W. Koszałka	80	34	45	90	72.00					
22	styczeń	M. Cwenar	90	70	90	80.00	77.00					
23	styczeń	M. Cwenar	200	36	120	200.00	91.00					
24	styczeń	M. Cwenar	200	60	210	210.00	83.00					

By pushing the button “Generate Report” the user will get a complete report regarding to the performance of the chosen worker during the whole year (or the data you have available). It is important to know that the user must WAIT around 20 seconds till the results appears

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1												
2												
3										Odświeżania lista		
4	Month	Name of Employee	Standard	Numbers of boxes	Real time of production	Real standard	Average	Miesiąc	Nazwa	Average Performance (%)	Rekordy	
5	styczeń	B. Biedrzycka	80	50	65	80	75.00	styczeń	M. Cwenar	89.6	7	
6	styczeń	B. Biedrzycka	90	58	80	90	100.00					
7	styczeń	B. Biedrzycka	90	45	65	90	71.00					
8	styczeń	B. Biedrzycka	90	100	140	90	112.00					
9	styczeń	B. Biedrzycka	180	57	110	180	101.00					
10	styczeń	I.Bochentin	80	60	80	80	78.00					
11	styczeń	I.Bochentin	90	75	110	90	91.00					
12	styczeń	M. Cwenar	140	49	130	160	110.00					
13	styczeń	M. Cwenar	100	16	30	120	82.00					
14	styczeń	M. Cwenar	150	104	290	170	85.00					
15	styczeń	M. Cwenar	100	204	420	130	99.00					
16	styczeń	K. Kowalewska	110	33	60	110	106.00					
17	styczeń	K. Kowalewska	110	7	15	130	112.00					
18	styczeń	K. Kowalewska	120	75	150	120	94.00					
19	styczeń	K. Kowalewska	80	146	190	80	73.00					
20	styczeń	W. Koszałka	240	21	80	230	102.00					
21	styczeń	W. Koszałka	80	34	45	90	72.00					
22	styczeń	M. Cwenar	90	70	90	80.00	77.00					
23	styczeń	M. Cwenar	200	36	120	200.00	91.00					
24	styczeń	M. Cwenar	200	60	210	210.00	83.00					

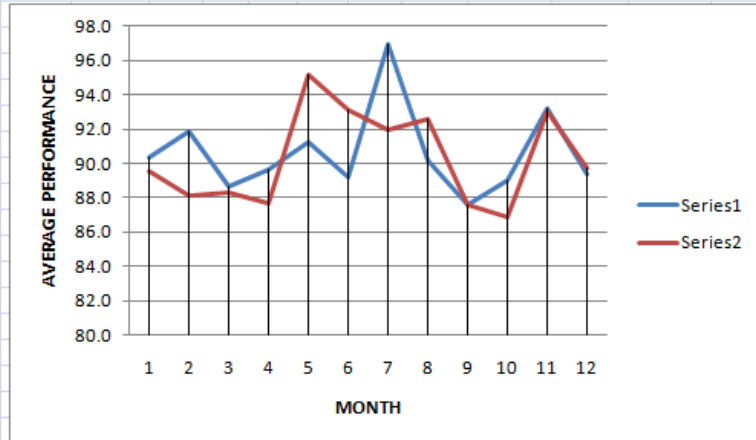
The report will appear as follow:

HAMAR PERFORMANCE REPORT



1													
2	Packing Machine Perform Form (ISO - CODE)												
3	Employee Name:	M.Cwenaar											
4	Months analyzed	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5	All workers average performance	90.4	91.9	88.6	89.6	91.2	89.2	97.0	90.2	87.5	89.0	93.2	89.4
6	Worker average performance	89.6	88.1	88.3	87.7	95.2	93.1	92.0	92.6	87.6	86.9	93.0	89.8

Print PDF



The data in blue corresponds to the average performance from all workers during the whole year (12 months period) and the data in red corresponds to the average performance from the chosen employee. A chart with a graph containing these data will appear, so the user can compare a single worker with all others workers. If there is no data for a certain month, the number 0.0 will appear.

By pushing the button "Print PDF" the user will get the same printable report in a PDF format (if the user have the PDF converter software).

Lista Spreadsheet.

These VB-Excel application uses this spreadsheet as data input, so it is important to highlight that you are not allowed to delete or modify the FIRST and SECOND column labeled as "Months" and "MONTHS" respectively because this could generate errors and it will decrease reliability. However, you can delete and add new workers name in the third column below the field "Names" but the user cannot make space between cells. These list will fill the comboboxes in the spreadsheet "Main".

Form Spreadsheet.

This is the printable spreadsheet. Not to do any change is suggested, however, if needs to any change in needed, the user have enter into the Visual Basic code and set the print cells again.

Machine1 Spreadsheet.

In this spreadsheet you must enter the corresponding data according to the fields appearing with titles in bold (row 4, from column A to column N). Three combo boxes appear in this spreadsheet. This spreadsheet must be used as follow:

1. If the user wants to check the average performance in a certain month for a certain team only (regardless to the index), then the person must choose blank at the third combo box labeled as "Index".

A1													fx	
Lp.	Indeks	Date	Month	Name of Employee	Standard	Numbers of boxes	Real time of production	Defined Standar	Average	Miesiąc	Nazwa	Average Performance (%)	Rekordy	
1.	1342035	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	80	50	65	80	75.00	styczeń	B.Biedrzycka	114.9		
2.	KAP-7024	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	90	58	80	90	100.00					
3.	1345060	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	90	45	65	90	71.00					
4.	9680	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	90	100	140	90	112.00					
5.	ŁI-480060	01-07-2011	styczeń	B.Biedrzycka	180	57	110	180	101.00					
6.	1639016SBW-CE	01-07-2011	styczeń	I.Bochentn	80	60	80	80	78.00					
7.	9680	01-07-2011	styczeń	I.Bochentn	90	75	110	90	91.00					
8.	15130/0	01-07-2011	styczeń	M.Cwenar	140	49	130	160	110.00					
9.	1563019	01-07-2011	styczeń	M.Cwenar	100	16	30	120	82.00					
10.	15120/0	01-07-2011	styczeń	M.Cwenar	150	104	290	170	85.00					
11.	9680	04-07-2011	styczeń	M.Cwenar	100	204	420	130	99.00					
12.	1563063	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	110	33	60	110	106.00					
13.	1748022	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	110	7	15	130	112.00					
14.	1563050	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	120	75	150	120	94.00					
15.	1639016SBW-CE	04-07-2011	styczeń	K.Kowalewska	80	146	190	80	73.00					
16.	1360150	04-07-2011	styczeń	W.Koszalka	240	21	80	230	102.00					
17.	140075/0-16	04-07-2011	styczeń	W.Koszalka	80	34	45	90	72.00					
18.	1235055/1	14-07-2011	styczeń	M.Cwenar	90	70	90	80.00	77.00					
19.	15185/12/0	14-07-2011	styczeń	M.Cwenar	200	36	120	200.00	91.00					

ANEXO 2 CODIGO PARA LA APLICACION DE EMPAQUE

Sheet-Main

```

Public m As Integer
Public na As Integer
Sub startover()
Range("M5:N6").Select
Selection.ClearContents
Range("K3").Select
cont = 0
ComboBox1.Clear
ComboBox2.Clear
Sheets("Lista").Activate
ActiveSheet.Cells(1, 1).Select
Do While ActiveCell <> Empty
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
ComboBox1.AddItem ActiveCell
Loop
Sheets("Lista").Activate

```

```

ActiveSheet.Cells(1, 3).Select
Do While ActiveCell <> Empty
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
ComboBox2.AddItem ActiveCell
Loop
Sheets("Lista").Activate
ActiveSheet.Cells(2, 7).Select
n = 0
Do While ActiveCell <> Empty
n = n + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
Call countm
Sheets("Main").Activate
ActiveSheet.Cells(3, 11).Select
End Sub
'count the number of record in the field month'
Sub countm()
Sheets("Main").Activate
Cells(5, 4).Select
m = 0
Do While ActiveCell <> Empty
m = m + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
End Sub
Private Sub ComboBox1_Change()
End Sub
Private Sub ComboBox2_Change()
Dim suma As Long
Dim sumab As Long
Dim sumat As Long
Dim cont As Integer
Sheet1 - 2
Dim averagef As Double
Dim averages As Double
'calculate the sum of boxes, time column and average standar'
sumab = 0
sumat = 0
suma = 0
cont = 0
For I = 5 To m + 4
If ComboBox1.Value = Cells(I, 4) And ComboBox2.Value = Cells(I, 5) Then
suma = suma + Cells(I, 6)
cont = cont + 1
If Cells(I, 7) = Empty Then
sumab = sumab
Else
sumab = sumab + Cells(I, 7)
End If
If Cells(I, 8) = Empty Then
sumat = sumat
Else
sumat = sumat + Cells(I, 8)
End If
End If
Next I

```

```

averages = suma / cont
'calculate average standar'
If sumat = 0 Then
MsgBox ("Data not found for this combination")
Else
'calculate the average performance for the month-team combination'
averagef = (sumab / (sumat * 60)) * averages * 100
Cells(5, 13) = averagef
End If
End Sub
Sub report()
Dim ae As Double
Dim numero As Integer
Dim vector(100) As Double
Dim vector2(100) As Double
Dim average As Double
Dim cont1 As Integer
Dim cont2 As Integer
Dim cont3 As Integer
Dim sum1 As Double
Dim sum2 As Double
Dim sum3 As Double
Dim n As Integer
Dim a As Integer
Call countm
sum1 = 0
cont1 = 0
'employee average performance'
sum2 = 0
cont2 = 0
For j = 2 To 13
For I = 5 To m + 4
Sheets("lista").Activate
If Cells(I, 4) = ActiveSheet.Cells(j, 1) And ComboBox2.Value = Cells(I, 5)
Then
sum2 = sum2 + Cells(I, 10)
cont2 = cont2 + 1
a = ActiveSheet.Cells(j, 2).Value
vector(a + 1) = sum2 / cont2
End If
Next I
sum2 = 0
cont2 = 0
Next j
'All employees average performance'
sum3 = 0
cont3 = 0
For j = 2 To 13
Sheet1 - 3
For I = 5 To m + 4
Sheets("lista").Activate
If Cells(I, 4) = ActiveSheet.Cells(j, 1) Then
sum3 = sum3 + Cells(I, 10)
cont3 = cont3 + 1
a = ActiveSheet.Cells(j, 2).Value
vector2(a + 1) = sum3 / cont3
End If

```



```

Next I
sum3 = 0
cont3 = 0
Next j
'generate report'
For p = 2 To 13
Sheets("Form").Activate
ActiveSheet.Cells(6, p) = vector(p) 'employee'
ActiveSheet.Cells(3, 2) = ComboBox2.Value
Next p
For p = 2 To 13
Sheets("Form").Activate
ActiveSheet.Cells(5, p) = vector2(p) 'employee'
Next p
Sheets("Form").Activate
End Sub
Sub imprimir()
'
' imprimir Macro
'
ActiveSheet.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:= _
"C:\Users\Owner\Desktop\hamar final III.pdf", Quality:=xlQualityStandard, _
IncludeDocProperties:=True, IgnorePrintAreas:=False, OpenAfterPublish:= _
True
End Sub

```

Sheet-Machine

```

'Refresh Comboboxes'
Sub startover1()
cont = 0
ComboBox1.Clear
ComboBox2.Clear
'refresh Month list'
Sheets("List1").Activate
ActiveSheet.Cells(1, 3).Select
Do While ActiveCell <> Empty
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
ComboBox1.AddItem ActiveCell
Loop
'Refresh TEAM list'
Sheets("List1").Activate
ActiveSheet.Cells(1, 2).Select
Do While ActiveCell <> Empty
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
ComboBox2.AddItem ActiveCell
Loop
Call countm
Cells(3, 15).Activate
End Sub
'count the number of data in the month field'
Sub countm()
Sheets("Machine1").Activate
Cells(5, 3).Select
m = 0

```

```

Do While ActiveCell <> Empty
m = m + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
End Sub
Private Sub ComboBox1_Change()
End Sub
Private Sub ComboBox2_Change()
Dim average As Double
Dim cont As Integer
Dim plus As Double
Dim n As Integer
Dim sumab As Double
Dim sumat As Double
cont = 0
plus = 0
'calculate the sum of boxes and time columns'
sumab = 0
sumat = 0
For I = 5 To m + 4
If ComboBox1.Value = Cells(I, 3) And ComboBox2.Value = Cells(I, 4) Then
If Cells(I, 8) = Empty Then
sumab = sumab
Else
sumab = sumab + Cells(I, 8)
End If
If Cells(I, 12) = Empty Then
sumat = sumat
Else
sumat = sumat + Cells(I, 12)
End If
End If
Next I
If sumat = 0 Then
MsgBox ("Data not found for this combination")
Else
'calculate the average performance for the month-team combination'
averagef = (sumab / (sumat * 60)) * 12 * 100
Cells(5, 19) = averagef
End If
End Sub

```

ANEXO 3

CODIGO PARA LA APLICACION DE GENERACION DE FACTURAS

```
Sub lookupp()  
Dim n As Integer  
Dim n7 As Integer  
Dim n49 As Integer  
Dim m As Integer  
  
'count the number of total invoices to be analized'  
Cells(2, 12).Select  
n = 0  
Do While ActiveCell <> Empty  
n = n + 1  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Loop  
  
Sheets("SPH07").Activate  
'count the number of data at the SHP07 spreadsheet'  
ActiveSheet.Cells(2, 2).Select  
n7 = 0  
Do While ActiveCell <> Empty  
n7 = n7 + 1  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Loop  
  
Sheets("SPH49").Activate  
'count the number of data at the SHP49 spreadsheet'  
ActiveSheet.Cells(2, 2).Select  
n49 = 0  
Do While ActiveCell <> Empty  
n49 = n49 + 1  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Loop  
  
'identify and print the corresponding date'  
For i = 2 To n + 1  
m = Right(Cells(i, 12), 1)  
If m = 7 Then  
Sheets("SPH07").Activate  
For j = 2 To n7  
If Cells(i, 12) = ActiveSheet.Cells(j, 2) Then  
Cells(i, 18) = ActiveSheet.Cells(j, 1)
```

```

End If
Next j
Else
If m = 9 Then
Sheets("SPH49").Activate
For j = 2 To n49
If Cells(i, 12) = ActiveSheet.Cells(j, 2) Then
Cells(i, 18) = ActiveSheet.Cells(j, 1)
End If
Next j
End If
End If
Next i

```

```

Sheets("WBVII").Activate End Sub

```

ANEXO 4

SALIDAS DE COMPUTADORA DE LA SIMULACION EN EL SOFTWARE PROMODEL

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)					
	Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)
	UTA1	8.00	1.00	12.40	7.33
	UTA2	8.00	1.00	15.00	11.11
	UTA3	8.00	1.00	14.00	11.12
	MAGAZINE	8.00	999999.00	52.00	7.33
	Pallet	8.00	50.00	52.00	33.00
	Pallet2	8.00	50.00	40.00	177.98
	Salida	8.00	999999.00	0.00	0.00
	Queue uta1	8.00	999999.00	0.00	0.00
	Queue uta2	8.00	999999.00	0.00	0.00
	Queue uta3	8.00	999999.00	0.00	0.00
	Packing machine input	8.00	50.00	2.20	9.89
	Pallet3	8.00	50.00	0.00	0.00
	PAINT ROOM	8.00	999999.00	21.60	62.65

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)				
	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
	0.19	1.00	0.40	18.93
	0.35	1.00	0.60	34.79
	0.33	1.00	0.40	32.88
	0.80	22.60	0.00	0.00
	3.54	25.00	10.60	7.07
	12.53	31.00	18.40	25.07
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.11	2.00	2.00	0.22
	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.70	21.40	19.40	0.00

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)						
Name	Scheduled Time (HR)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down	
MAGAZINE	8.00	93.92	6.08	0.00	0.00	
Pallet	8.00	62.36	37.64	0.00	0.00	
Pallet2	8.00	27.06	72.94	0.00	0.00	
Salida	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Queue uta1	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Queue uta2	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Queue uta3	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Packing machine input	8.00	94.33	5.67	0.00	0.00	
Pallet3	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
PAINT ROOM	8.00	83.98	16.02	0.00	0.00	

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)						
Name	Scheduled Time (HR)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down	
MAGAZINE	8.00	93.92	6.08	0.00	0.00	
Pallet	8.00	62.36	37.64	0.00	0.00	
Pallet2	8.00	27.06	72.94	0.00	0.00	
Salida	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Queue uta1	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Queue uta2	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Queue uta3	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
Packing machine input	8.00	94.33	5.67	0.00	0.00	
Pallet3	8.00	100.00	0.00	0.00	0.00	
PAINT ROOM	8.00	83.98	16.02	0.00	0.00	

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)					
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	
Distribution Forktruck	1.00	8.00	21.60	0.36	
Magazine Forktruck	1.00	8.00	52.00	0.22	
Worker1	1.00	8.00	36.80	2.51	
Worker2	1.00	8.00	44.40	3.79	
Worker3	1.00	8.00	41.60	3.82	
Packing worker	1.00	8.00	0.60	17.69	
Packing Forktruck	1.00	8.00	2.20	0.16	

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)				
	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
	0.35	0.36	0.00	5.38
	0.19	0.22	0.00	4.48
	0.03	0.07	0.00	19.49
	0.04	0.08	0.00	35.48
	0.07	0.07	0.00	34.11
	0.00	0.00	0.00	5.67
	0.00	0.16	0.00	0.18

Hamar normal simulation.MOD (Normal Run - Avg. Reps)						
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	
Distribution Forktruck	8.00	2.73	2.65	0.08	94.55	
Magazine Forktruck	8.00	2.38	2.10	0.28	95.23	
Worker1	8.00	19.22	0.26	0.02	80.49	
Worker2	8.00	35.15	0.33	0.02	64.50	
Worker3	8.00	33.51	0.60	0.02	65.87	
Packing worker	8.00	5.67	0.00	0.00	94.33	
Packing Forktruck	8.00	0.18	0.00	0.18	99.64	