



TESIS DE GRADO  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS, OPTIMIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE  
UNA PLANTA DE CONFIGURACIÓN Y TESTEO DE  
MÁQUINAS TRAGAMONEDAS

Autor: Juan Manuel Chamorro

Director de Tesis:  
Ing. Andrés Agres

2007



## Resumen ejecutivo

El presente trabajo analiza la operatoria de una planta de configuración y testeo de máquinas tragamonedas. La empresa es de origen estadounidense y comenzó su operatoria en Argentina recientemente. Para ello instaló la planta en cuestión en la Provincia de Buenos Aires. Desde su inauguración se han realizado pocas entregas por lo cual no se cuentan con datos históricos de producciones, rendimientos o recursos. Lo mismo ocurre si se desea proyectar la demanda de máquinas a futuro. A los mismos integrantes de la empresa les resulta compleja dicha tarea.

La operatoria general de la empresa en relación con la nueva planta comienza cuando un cliente realiza un pedido. En tal caso, se recibe la orden dentro del ámbito geográfico de Sudamérica, se procesa y se envía a la central en EEUU. Allí se encargan a proveedores las partes para las máquinas y se realiza el ensamble principal. Se envía el pedido en proceso a la planta de Buenos Aires y allí comienza el procesamiento que interesa al presente trabajo.

Los objetivos son realizar una revisión del lay-out y los procesos principales de la planta de forma de poder mejorarlos para aumentar su eficiencia. Finalmente se desea dimensionar la capacidad real de la planta bajo las modificaciones propuestas y variaciones de la misma. Se espera que el análisis y las conclusiones sean de directa aplicación en la planta.

Las máquinas tragamonedas evolucionaron tecnológicamente en los últimos años, acompañando al descubrimiento de nuevas tecnologías. Actualmente una máquina tragamonedas está compuesta por un CPU el cual realiza las operaciones principales y distintos periféricos. Se diferencian unas de otras por los juegos que tienen cargados y las configuraciones exteriores. La planta se ocupa de esta última etapa. Sus actividades principales son la realización de algunos cableados finales, la carga de los juegos, la colocación de los vidrios y sus calcos, el testeo del hardware y finalmente del software.

Las máquinas llegan en contenedores de a cantidades importantes, por lo que el trabajo se realiza por lotes divididos en pedidos. Las operaciones involucradas desde la llegada de las máquinas hasta el despacho de los pedidos son en gran parte transportes y esperas. Por tal razón cobra vital importancia la distribución física de la planta (el lay-out) y los métodos de transporte y almacenamiento. Es a ello a lo que se le presta principal atención en el trabajo. También se analizan cuestiones asociadas a las tareas productivas, almacenamiento y manipuleo de componentes, gestión de calidad visual y manejo de la información.

La planta actual presenta dimensiones relativamente reducidas lo cual es una restricción importante. El lay-out actual presenta inconvenientes importantes y se propone su modificación. Para ello se presentan dos alternativas diferenciadas por el grado de inversión y tiempo requeridos para la modificación. Finalmente se justifica la elección de una de ellas.

La gestión de la producción se encuentra poco estudiada y estandarizada. No se cuenta con métodos de trabajo claros y normas de calidad a seguir. No existe información documentada sobre los procesos. Por tal razón se propone la confección de un Manual de Procedimientos de la empresa que haga las veces de guía general de la planta y sea el punto de partida para la documentación y estandarización de procesos y sus mejoras. Asimismo se propone también la confección de Hojas de Procesos para las tareas principales a desempeñar por los técnicos. Adicionalmente se las incluye dentro del lay-out recomendado en un nuevo tablero de gestión de la producción.

Las tareas a realizar por los técnicos no estaban claramente señaladas y sólo se contaba con un “checklist” amplio con tareas que no se deberían realizar en la planta de Buenos Aires (deberían venir realizadas desde EEUU) y sin discriminar entre distintas configuraciones de máquinas. Es por ello que se definen claramente las tareas a realizar.

Los componentes principales que se agregan a las máquinas son los vidrios y sus calcos. Estos llegan en medios paletizables de madera. Actualmente se ordenan en unas estanterías ubicadas entre las oficinas y los baños. Esto genera muchos tiempos de clasificación y transporte y sus consiguientes riesgos por tratarse de materiales peligrosos. Se propone utilizar directamente las cajas de madera como medios de almacenamiento. Estos tienen la ventaja de no insumir tiempo de clasificación, evitan riesgos y se pueden almacenar en racks, en posiciones cercanas al punto lugar de necesidad.

Se propone luego la implementación de un sistema de gestión de la calidad visual, puntualmente la herramienta “5S”. Esta se basa en 5 principios: sentido de la limpieza, de la organización, de la utilización, de la estandarización y de la autodisciplina. Se presenta la aplicación de cada uno de ellos para la planta en cuestión y lineamientos para su implementación y mantenimiento.

Finalmente se realiza una simulación de la planta para evaluar su funcionamiento tomando en cuenta las modificaciones propuestas, especialmente la de la modificación del lay-out. Se simulan cinco escenarios. En el primero se simula la llegada de contenedores cada tres semanas contando con la dotación de técnicos actual. En el siguiente escenario se hace lo mismo pero aumentando la tasa de arribos a uno cada dos semanas. Luego se encuentra la periodicidad de arribos que satura la dotación de técnicos. En un siguiente escenario se muestra un caso de aumento de la periodicidad en que la planta se encuentra desbordada de capacidad. Finalmente se encuentra la dotación de técnicos bajo la cual se podría trabajar con un arribo de contenedor semanalmente. Las conclusiones de los escenarios tres y cinco son de vital importancia para la empresa ya que brindan herramientas de decisión ante el planeamiento de posibles futuros escenarios.

## Executive summary

The present essay analyzes the operation of a plant for the configuration and testing of slot machines. The company, originally based in United States, has recently begun its activities in Argentina, by installing the referred plant in Buenos Aires.

Since its inauguration, few deliveries have been made, thus no information about historical production, efficiency or resources is available. A similar problem emerges if future demands of machines need to be projected. Not even the directors of the enterprise can accurately predict it. The general operation of the enterprise in relation with the plant begins when a customer makes an order. In that case, the order within the geographic scope of South America is received, is processed and sent to the headquarters in United States. There, the orders for the production of the parts of the machines are delivered and the machines assembled. These machines are sent to the plant of Buenos Aires. When they arrive, the processes that are beneath the scope of this project begin.

The objective of this work is to make a revision of the lay-out and the main processes of the plant in order to improve its efficiency. Finally it is desired to evaluate the real capacity of the plant under the proposed modifications. The analysis and conclusions will be of direct application in the plant.

Last years, slot machines evolved technologically as new technologies appeared. Actually, slot machines are composed by a CPU which makes the main operations and other different components. They differ each from the others in the games and in the external configurations the machines present. Indeed, the plant task consists of this last stage. The main activities are to make final wires, to load the games to the computers, to install glasses and its stickers, and to test the hardware as well as the software.

The machines arrive in huge containers galore. Therefore the work is done by batches divided in orders. The operations carried out since the arrival of the machines until the delivery of the orders are mostly transports and wait. For that reason, the physical distributions of the plant (the layout), the transports methods and storing are vital. Issues such as productivity tasks, storing, handling components, visual quality and information are also analyzed.

At present, the plant has a reduced dimension which is considered to be a significant restriction. In fact, the lay-out has serious problems. Therefore, some improvements are suggested. There are two alternatives depending on the investment and time required for the modification. An explanation for the alternative chosen is exposed.

A fact of some significance is that the management of production is not studied nor standardized. There are not proper methods to carry out the work nor quality norms to follow. What's more, there is no written information of the processes. For that reason, it would be useful to create a Manual of Procedures of the company which may work as a general guide, being the first step for the documentation and standardization of process and improvements.

The confection of Process Sheets is also suggested so as to express the main tasks that need to be done by the technicians. Indeed, it should be included inside the lay-out in a new board of management production.

Another matter to bear in mind is that the tasks carried out by the technicians are not specified. There is only a “checklist” which contains several tasks that are not required to be done in Buenos Aires (there are expected to be done in the United States). The different configurations of the machines were not even discriminate. Some tasks that need to be carried out are described.

The main components added to the machines, are glass and stickers. These arrive in wooden boxes. At present, they are stored in shelves, between the offices and restrooms. This implies a waste of time in transport and in classification. To make matters worse, there is a serious risk as these materials are dangerous. Therefore, it is highly recommended to use the wooden boxes directly as storage. This has a clear advantage because time is not wasted in classification. In fact, boxes can be stored in racks (closer disposition according to the needs). Moreover, risks can also be avoided.

Another suggestion is to install a system for the management of visual quality, specifically, the tool “5S”. This tool is based on five principles: sense of cleaning, sense of organization, sense of implementation, sense of standardization and sense of self discipline. Each of these principles is applied for the plant and some lineaments in the implementation and maintenance are suggested.

Finally, it is necessary to create a simulation of the plant to prove the correct functioning, in which considers the modifications suggested, especially the one of the lay-out. In this way, five sceneries are created. The first one consists of the arrival of containers each three weeks, with the actual technician staff. In the next scenery, the procedure is similar but there is an increase in the rates of arrivals: one per two weeks. Then, the frequency of arrivals that saturates the technicians qualifications is detected. In the other scenery, it is exposed a case in which there is an increase in the frequency, saturating the plant’s capacity. In the end, the last experience leads to suggest that the actual staff of technicians and two more can carry out their tasks in a weekly arrival of the containers. The conclusions of scenery three and five are essential for the company because they offer useful keys for taking decisions, as far as the planning of possible future sceneries is concerned.

## Agradecimientos

Mis agradecimientos son en base a la confianza y apoyo que fue depositada en mí durante mi etapa de formación académica y de la realización de esta tesis en particular. Agradezco a:

- Mi familia
- Mi novia
- Mis amigos
- El Colegio Nacional de Buenos Aires
- El ITBA
- Francia, y el INSA Lyon en particular
- El tutor de esta tesis: Ing. Andrés Agres
- Fernando Gacio, Luli y Pili por su apoyo.
- A Santiago Villamil por sus consejos.
- A todo el resto de las personas o instituciones que me apoyaron o confiaron en mí.





## INDICE

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Marco General .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Descripción de la empresa y sus actividades .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Descripción de los productos .....</b>	<b>5</b>
1.3.1 Historia.....	5
1.3.2 Funcionamiento .....	5
1.3.3 Componentes .....	6
1.3.4 Posibles configuraciones.....	11
<b>1.4 Descripción de la problemática .....</b>	<b>12</b>
1.4.1 Administración de las operaciones .....	12
1.4.2 Lay-out, proceso productivo y capacidad de planta .....	13
<b>CAPÍTULO II. PROCESO PRODUCTIVO Y LAY-OUT INICIALES</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Proceso productivo .....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Tareas realizadas por los técnicos.....	16
<b>2.2 Lay-out actual .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO III. PROPUESTAS DE MEJORAS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Lay-out.....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Alternativa 1: Lay-out manteniendo la estructura actual.....	24
3.1.2 Alternativa 2: Lay-out optimizado para utilización de clark.....	26
3.1.3 Alternativas 3 y 4.....	29
<b>3.2 Conclusiones análisis lay-out .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Proceso productivo .....</b>	<b>31</b>
3.3.1 Elaboración de un manual de procedimientos .....	31
3.3.2 Elaboración de hojas de procesos .....	31
3.3.3 Cambios en las tareas a realizar por los técnicos.....	32
3.3.4 Almacenamiento de componentes .....	34
3.3.5 Movimiento de componentes y herramientas .....	35
<b>3.4 Higiene y seguridad .....</b>	<b>37</b>
<b>3.5 Calidad Visual.....</b>	<b>38</b>
3.5.1 Implementación de Sistema “5S” .....	38
<b>CAPÍTULO IV. MODELO DE SIMULACIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Modelo Conceptual.....</b>	<b>41</b>
4.1.1 Propósito del modelo .....	41
4.1.2 Objetivos y Argumento.....	41
4.1.3 Límites, contexto y supuestos.....	42
4.1.4 Lógica, estructura y funciones .....	43

4.1.5 Variables de Control.....	47
4.1.6 Agentes y Decisiones .....	48
<b>4.2 Modelo de Datos .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3 Modelo Operacional.....</b>	<b>53</b>

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN 55**

<b>5.1 Escenario 1: Arribos de contenedores cada tres semanas con dotación de cuatro técnicos .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Escenario 2: Arribos de contenedores cada dos semanas con dotación de cuatro técnicos .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3 Escenario 3: Arribos de contenedores cada doce días con dotación de cuatro técnicos .....</b>	<b>59</b>
<b>5.4 Escenario 4: Arribo de un contenedor por semana con dotación de cuatro técnicos .....</b>	<b>61</b>
<b>5.5 Escenario 5: Arribo de un contenedor por semana con dotación de seis técnicos .....</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>65</b>

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Marco General

El presente trabajo fue realizado tomando como objeto de análisis una planta de ensamblaje y configuración de máquinas tragamonedas para casinos. Esta planta se encuentra ubicada en la Provincia de Buenos Aires y forma parte de una empresa con base en Estados Unidos y tiene actuación en el rubro en diferentes partes del mundo.

No se consignan mayores datos sobre la empresa y sus actividades por razones de confidencialidad especialmente solicitadas por la misma. De esta forma, el presente trabajo se centra en el ámbito industrial y académico, sirviendo a los fines de los objetivos de la tesis, pero sin enmarcar de forma precisa las actividades aquí explicitadas. Es así que, la única diferencia que se encontraría entre la presente tesis y otra realizada sin los parámetros de confidencialidad detallados, sería, la de encontrar una sección introductoria de mayor extensión conteniendo mayor información sobre la empresa y el mercado.

Se considera que las características de confidencialidad del trabajo no inhiben u opacan el contenido académico y analítico que se presenta. De hecho, resulta necesario aclarar que las condiciones de confidencialidad no se aplican al resto del trabajo. Toda información que fue considerada no confidencial fue incluida. El contenido de la tesis es verídico, real y contemporáneo al período en que fue desarrollada la tesis.

## 1.2 Descripción de la empresa y sus actividades

La empresa es de origen norteamericano y se dedica, entre otras actividades, al desarrollo y la producción de máquinas tragamonedas para establecimientos de juegos habilitados para usufructuarlos. Dentro del contexto nacional, estos se reducen a bingos y casinos en las zonas habilitadas.

En lo que se refiere a la línea productiva de máquinas tragamonedas (la que interesa para el presente trabajo), la empresa sigue un proceso productivo que incluye diversos tipos de actividades y actores.

Puede decirse que gran parte de la estrategia y diferenciación de la empresa se encuentra en el desarrollo y certificación de juegos. Este proceso comienza puertas adentro de la empresa con ideas de posibles juegos y las ideas seleccionadas comienzan a desarrollarse. Una vez que se tiene un juego desarrollado, se presenta a certificación. La certificación consiste en la aprobación del código del programa del juego y, una vez concluida, emite una suerte de “firma digital” del juego. La certificación es necesaria para comercializar el juego en varios mercados y constituye una prueba de confiabilidad para los mercados en que no el. Luego ya está en condiciones de desarrollar sus sistemas de manejo de servidores y realizar el testeado de los mismos. Una vez certificados y testeados, puede comenzar a cargarse en máquinas y comercializar el conjunto máquina-juego. Las máquinas comprenden fundamentalmente dos partes, el gabinete y la CPU. Ambos son comprados a proveedores según especificaciones del departamento de ingeniería. Sin embargo, el producto final es bastante más complejo que un juego cargado en una CPU en un gabinete pues incluye personalizaciones tales como gráficas, teclas, luces, y otros.

Los procesos de compra de máquinas, componentes y ensamble principal se encuentran centralizados en las oficinas principales de la empresa en Estados Unidos, mientras que en cuanto a la personalización y testeado final también cuenta con una planta en su sede, y, desde 2007, otra en Argentina.

En líneas generales, y a modo de resumen, el proceso se detalla en el gráfico siguiente:

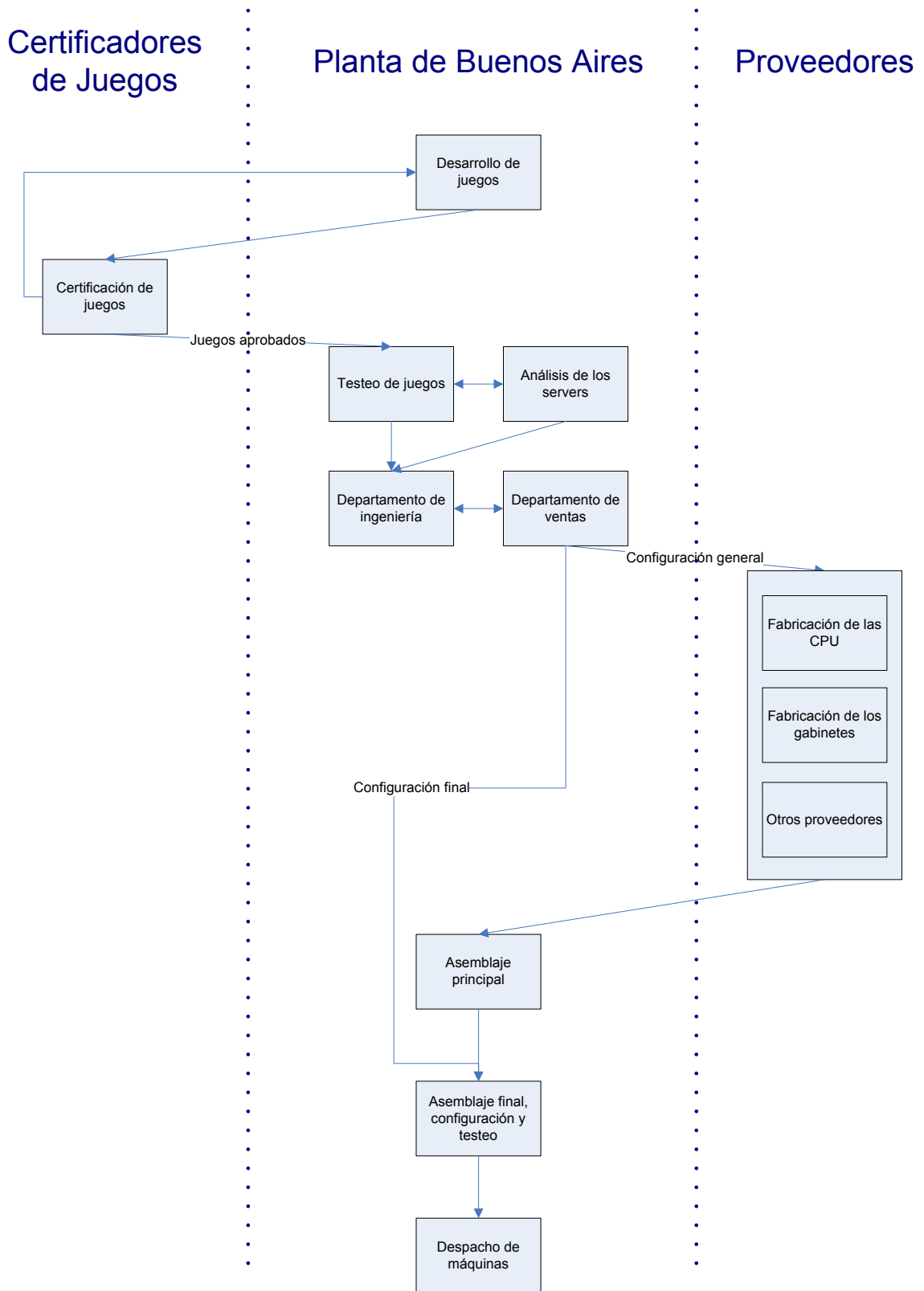


Figura 1.0.1. Mapeo de proceso de diseño, producción y despacho de máquinas tragamonedas

La empresa se encuentra en un periodo de expansión territorial de sus actividades y para tal fin comenzó a operar industrialmente en el país en el año 2007. Una planta fue instalada en la Provincia de Buenos Aires para encargarse de parte de sus procesos finales sobre las máquinas. El objetivo de estas instalaciones es satisfacer la demanda nacional argentina y, en un probable futuro de mediano plazo, convertirse en un polo productor para la región de Latinoamérica.

Las actividades de la planta de Buenos Aires se concentran en la personalización y testeo final de las máquinas antes de ser despachadas a su destino final. Posteriormente se ahondará en dichos procesos.

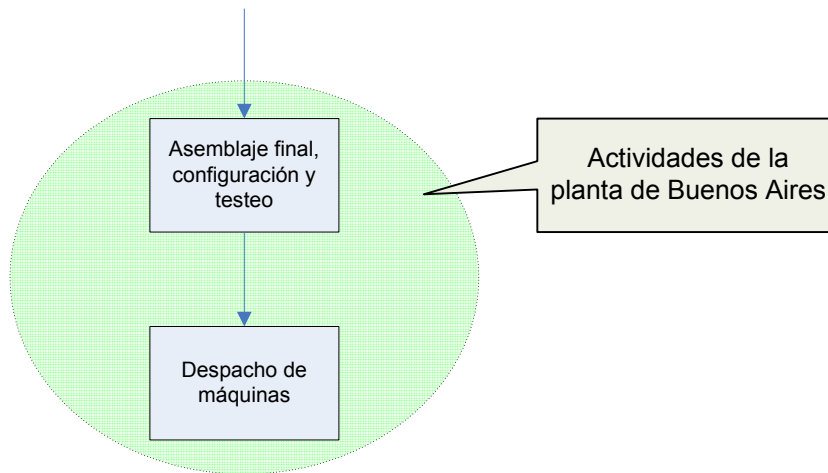


Figura 1.2. Actividades de la planta de Buenos Aires en relación a la figura 1.1

## 1.3 Descripción de los productos

### 1.3.1 Historia

Sittman y Pitt desarrollaron una máquina de juegos en 1891 en Brooklyn, New York, que puede ser considerada una precursora de las modernas máquinas tragamonedas (llamadas “slots machines”, o EMR, Electronic Gaming Machine, en inglés). Contenía cinco tambores con un total de cincuenta imágenes de cartas y basado en el póker. Esta máquina se hizo muy popular y era común encontrarla en bares. Los jugadores colocaban una moneda, apretaban una palanca y los rodillos giraban. Al detenerse, si obtenía una buena mano de póker, ganaban un premio. Como la máquina no tenía un mecanismo de pago, era el dueño del establecimiento que entregaba con tragos, cigarrillos u otros bienes en relación a la mano obtenida.

La primera máquina tragamonedas fue inventada en 1887 por Charles Fey en San Francisco, California, utilizando un mecanismo más simple. La gran cantidad de posibles manos ganadoras en las máquinas de juego de póker, hacía prácticamente imposible realizar una máquina de pago automático. Charles Fey diseño entonces una máquina con tres rodillos giratorios, conteniendo un total de cinco símbolos, entre los cuales estaba la “Liberty Bell”, símbolo a partir del cual bautiza su invención. Reemplazando diez cartas con cinco símbolos, y utilizando tres rodillos, la complejidad de detectar una jugada ganadora se redujo considerablemente, permitiendo realizarse los pagos automáticamente. Esta máquina marcó el inicio de la industria de las máquinas tragamonedas.

El desarrollo posterior de las máquinas acompañó al de las tecnologías para fabricarlas y operarlas. Un hito dentro de su historia es la aparición de la primera máquina totalmente electromecánica, en 1964. En los últimos años, las máquinas fueron mutando hasta ser controladas prácticamente en su totalidad por sistemas informáticos, incluyendo su funcionamiento, almacenamiento y transmisión de datos.

### 1.3.2 Funcionamiento

En esta sección se brinda una escueta explicación para entender los principios básicos del funcionamiento de una máquina moderna. El objetivo es introducir de forma un poco más precisa el producto, por más que la información brindada no sea de mayor utilidad en el proyecto.

Es sabido que las máquinas tragamonedas están diseñadas para generar ganancia a sus dueños. Esto no significa que el usuario obtenga sólo pérdidas, simplemente que la esperanza de ganancia en cada jugada es menor que la apuesta introducida. De hecho es el anhelo de obtener un premio sensiblemente mayor a su apuesta lo que lo mantiene jugando

El premio mayor posible de obtener se lo denomina “jackpot” y el pago promedio por jugada en relación a la apuesta, “payout”. La volatilidad es una medida de la desviación de la “entrega” del payout. Una baja volatilidad genera acostumbamiento y pocas

esperanzas de obtener un premio mayor, mientras que una alta, puede aburrir al jugador al pasar mucho tiempo sin obtener ningún premio.

Matemáticamente hablando, la operatoria de entrega de premios de una máquina tragamonedas se resume a una variable aleatoria, donde la esperanza está dada por el payout, la varianza por la volatilidad y el máximo valor obtenible, el jackpot.

Todas estas variables se encuentran en el software del juego y pueden ser variadas por el casino dentro de cierto margen legal. Su inviolabilidad por fuera de dichos márgenes está protegida por la certificación del juego y la emisión y control de su “firma digital”.

La generación de la combinación de imágenes en una corrida está dada por una serie de números aleatorios que se encuentran variando continuamente a una tasa del orden de miles de veces por segundo. Es por ello que el mito de que una máquina que no entregó premios durante un tiempo, es más probable que los otorgue, es falso. La probabilidad de ganancia en cada máquina es independiente de las jugadas anteriores. Está determinada por la combinación aleatoria que se produzca en la fracción de segundo en que se emite la orden de realizar la jugada.

### **1.3.3 Componentes**

En las siguientes imágenes se muestran los componentes principales de una máquina tragamonedas moderna.



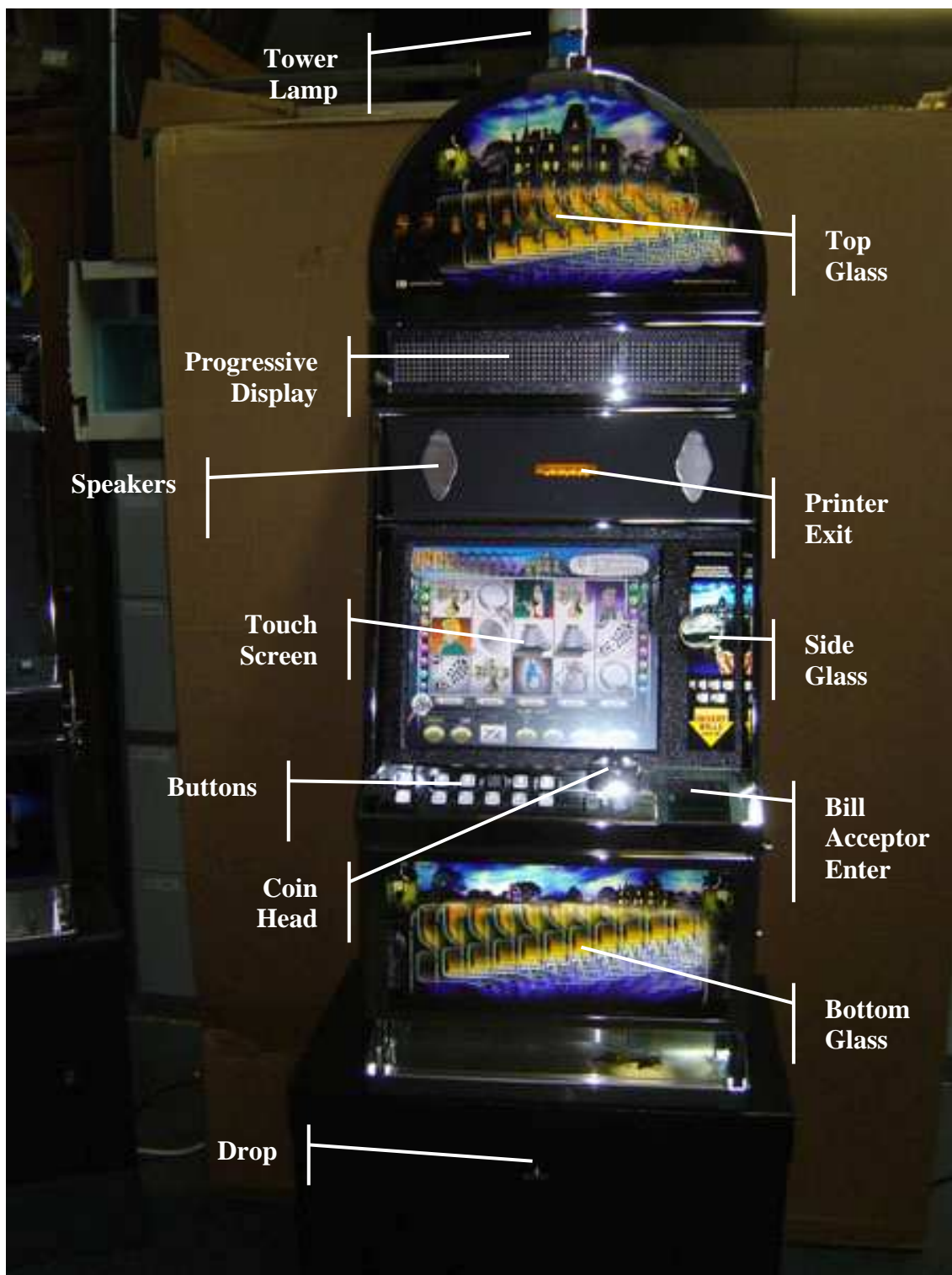


Figura 1.3. Componentes de una máquina tragamonedas, vista exterior

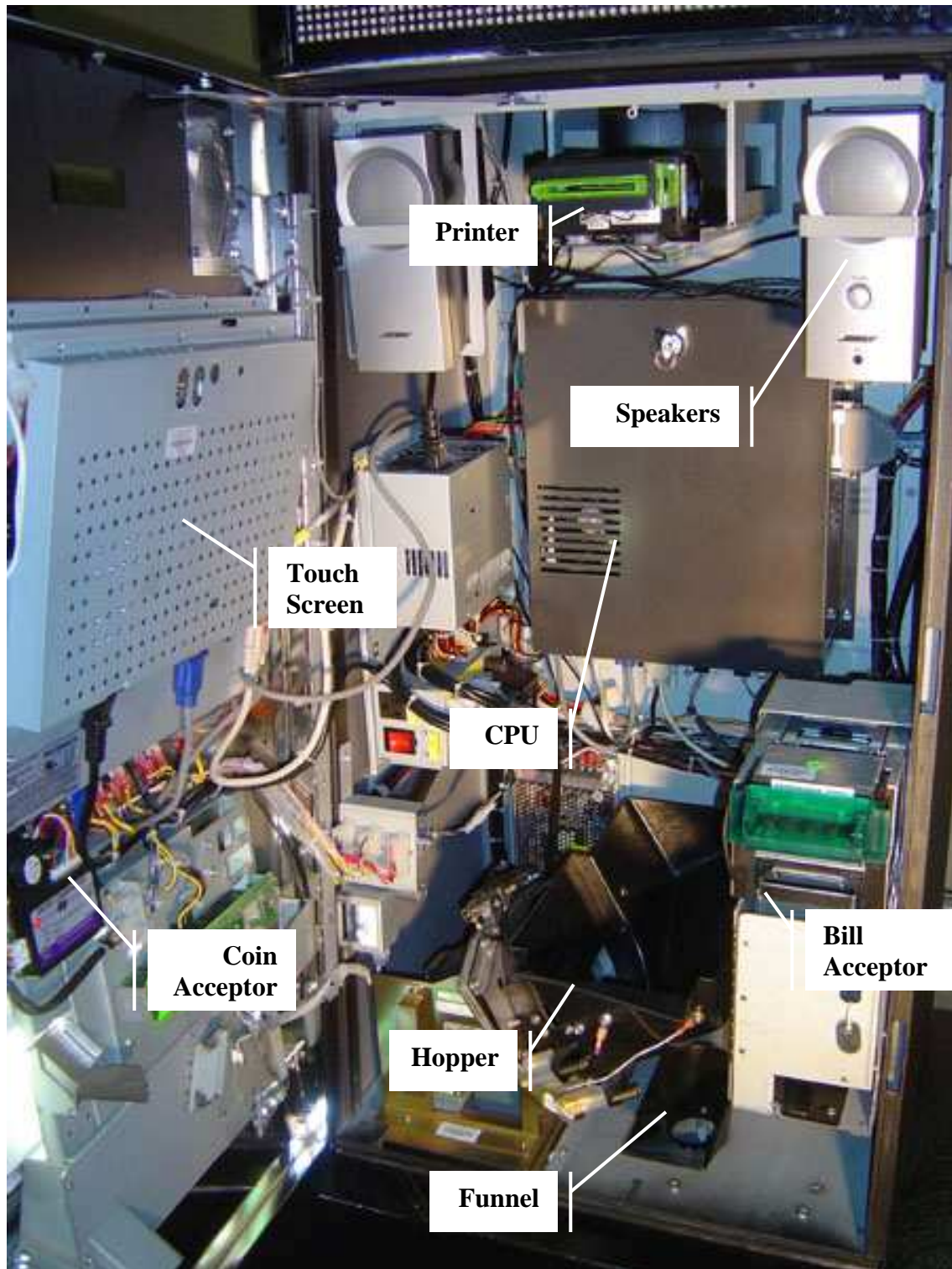


Figura 1.4. Componentes de una máquina tragamonedas, vista interior

Los componentes principales son:

- CPU: es la unidad central de la máquina. En ella se encuentra cargado el juego y se producen las operaciones principales que controlan el juego y el resto de los componentes de la máquina.

- Touch Screen: es el interface principal entre la máquina y el usuario. El él se proyecta la información de la corrida del juego, así como también información sobre el crédito, apuestas, posibilidades de juegos y otras posibles aplicaciones según el juego. Por otra parte, permite al jugador la posibilidad de realizar elecciones a partir de toques en la misma pantalla, simulando la presencia de botones.
- Coin Acceptor: es el dispositivo que controla el ingreso de créditos a partir de fichas o “tokens”. Se encuentran estandarizados y son fabricados sólo por ciertos proveedores. Su confiabilidad es alta y sólo puede burlarse utilizando sofisticados métodos. Actúa aceptando o rechazando la ficha ingresada al compararla con una ficha patrón. En caso de ser rechazada, emite una señal de error y la devuelve al jugador. Si se acepta, se suman al juego los créditos correspondientes a jugarse y la ficha se envía al hopper (se requiere su colocación junto con el coin acceptor). En caso de que el hopper se encuentre completo de fichas, el “coin chute” “puentea” la ficha enviándola a una tolva llamada “funnel” que envía las fichas al Drop mientras el hopper se encuentre completo. Su existencia o no en la máquina depende de si el casino así lo requiere. Generalmente ocurre que el sistema de coin acceptor puede ser reemplazado por el de printer, o utilizado en combinación con este último.
- Bill Acceptor: es el dispositivo que controla el ingreso de billetes a los “cash box”. Al igual que los coin acceptor, se encuentran estandarizados y son fabricados por ciertos fabricantes. Tienen la capacidad de poder configurarse de acuerdo al tipo de billete de curso legal de la región y resultan difícilmente violables. En caso de aceptar el billete introducido, envía una señal a la CPU para que sume los créditos correspondientes y, en caso de rechazarlo, lo devuelve y emite una señal de error. Los billetes aceptados se almacenan en los “cash box”.
- Printer: es un dispositivo que tiene la capacidad de imprimir tickets que pueden tener finalidades diversas. En determinados casos son colocados en las máquinas sin la presencia de coin acceptors; en tal caso, tienen por finalidad ser el único intermediario para la emisión de créditos para luego ser canjeados en caja. Ocurre también que son colocados en combinación con coin acceptors. Bajo tal configuración, las printers entran en funcionamiento cuando el pago a realizar excede la existencia de fichas en el hopper.
- Hopper: es un dispositivo de almacenamiento y de entrega de fichas. Cuando la CPU le envía la señal de que se debe pagar una suma de fichas, este cuenta con

un sistema que acomoda las fichas y puede liberar la cantidad que sea necesaria. En caso de encontrarse completo, las fichas son enviadas al Drop por el “coin chute”, por lo que no es el único dispositivo de almacenamiento, aunque sí el único de entrega. Es un sistema que se fabrica en distintas empresas y se lo debe adaptar al tamaño de ficha deseado, cambiando ciertos componentes internos.

- Tower Lamp: consiste en un sistema de luces en la parte superior de la máquina que se activan de acuerdo a distintas situaciones. En caso de que el jugador obtenga un premio cuantioso, emiten un juego de luces. Si la máquina requiriera asistencia, también lo indica con otro código de luces.
- Speakers: es una interface de comunicación entre la máquina y el jugador, aunque sólo envía información en el sentido máquina-jugador en forma de sonidos. Su finalidad es puramente lúdica ya que no transmite información de relevancia más que la ambientación del juego u otros efectos ante sucesos producidos durante el juego.
- Glasses: son los vidrios con calcos que contienen las máquinas. En general existen 3: top glass, side glass y bottom glass. Pueden contener fuentes de luz del lado interior de la máquina para generar una atracción mayor en los posibles jugadores. La temática de los calcos coincide con la del juego de la máquina y brinda información sobre el mismo. En oportunidades existe un segundo juego de calcos que se coloca en la máquina con el fin de mostrar las características del juego en cuanto a aceptación de créditos, posibilidad de juego de líneas y de ganancias.
- Keys: es el sistema de llaves que permite acceder a distintas partes de la máquina. De forma resumida, existe una llave para la apertura de la puerta, otra para la entrada al drop, otra para el acceso al interior del top glass y dos últimas para el acceso al control interno del software del juego, teniendo cada una distinto nivel de accesibilidad al sistema.
- Drop: es la base sobre la que se apoya la máquina, pero que no es parte de la misma. Su finalidad es doble. Sirve como base a la máquina para lograr una altura cómoda para el juego. Por otra parte se utiliza para almacenar fichas cuando el hopper se encuentra completo. Su unión con la máquina se produce por contacto, a través del funnel y de un sensor conectado a la CPU que detecta cuando la puerta del Drop se encuentra abierta.

- Otras: existen otras partes de la máquina. La más grande y notoria es el cuerpo de la máquina, conteniendo todo el resto de sus componentes. Como parte de la estructura del cuerpo está la puerta a partir de la cual se puede acceder al interior de la máquina. Se puede resaltar también la posible presencia de otras interfaces visuales como simuladores de ruletas, más luces, progressive displays y otros.

### **1.3.4 Posibles configuraciones**

Las variaciones de configuración más comunes están relacionadas con la presencia o no de alguno de los componentes y con los juegos.

En cuanto a los componentes, se pueden definir tres tipos de máquinas, comenzando por la más vendida:

- Con coin acceptor, sin printer
- Con printer, sin coin acceptor
- Con printer y coin acceptor.

Otro factor de configuración es el juego que se elige para la máquina. Los juegos se desarrollan de forma continua, quedando sin uso los más viejos e incorporándose nuevos. Se puede decir que existen habitualmente entre 8 y 10 juegos en uso, aunque es probable que dicho número vaya aumentando de forma paulatina ya que tal vez la desaparición de algunos juegos sea más tardía que el nacimiento de otros nuevos.

La elección del juego determina los calcos a colocarse en el top glass, side glass y bottom glass. En la planta de Buenos Aires se reciben directamente los vidrios con los calcos ya colocados, por lo cual el juego determinará los vidrios a pedir.

Por otra parte, el comprador debe elegir la combinación de créditos, líneas y apuestas que desee para cada máquina. Estas decisiones impactarán en los calcos a colocar en los vidrios (en espacios vacíos en los calcos mayores). Existen cinco por máquina, tres en el top glass y los dos restantes en el side glass.

En cuanto a la aceptación de créditos, una máquina puede ser configurada para:

- 1 crédito: cada ficha vale un crédito.
- 2 créditos: cada ficha vale dos créditos.
- 5 créditos: cada ficha vale cinco créditos.
- 10 créditos: cada ficha vale diez créditos.
- 25 créditos: cada ficha vale veinticinco créditos.
- 50 créditos: cada ficha vale cincuenta créditos.
- Multi-denominación: es el jugador el que elige el valor de los créditos

La elección de los créditos impacta en la colocación de dos calcos con dicha información. Uno en el top glass y otro en el side glass.

Los otros tres calcos contienen la información de la máxima ganancia posible (en el top glass), la máxima apuesta (en el side glass) y el máximo bonus posible (en el top glass). La información que determina las posibilidades de calcos, es la de la cantidad de líneas y la máxima apuesta por línea, ambas elegidas por el comprador de las máquinas. Las posibilidades de elección y sus correspondientes calcos se resumen en la siguiente tabla.

Variables		Cálcos		
Máxima apuesta por línea	Cantidad de líneas	Máxima apuesta	Máxima ganancia	Máximo bonus
5	9	45	50000	3600
5	15	75	50000	6000
5	20	100	50000	8000
5	25	125	50000	10000
5	30	150	50000	12000
10	9	90	100000	7200
10	15	150	100000	12000
10	20	200	100000	16000
10	25	250	100000	20000
10	30	300	100000	24000
20	9	180	200000	14400
20	15	300	200000	24000
20	20	400	200000	32000
20	25	500	200000	40000
20	30	600	200000	48000

Tabla 1.1. Posibilidades de elección de líneas y apuestas

## 1.4 Descripción de la problemática

La problemática que se aborda en el presente trabajo se encuentra relacionada con la operatoria interna de la planta de Buenos Aires, incluyendo múltiples aspectos, desde su lay-out, hasta sistemas de administración de las operaciones.

### 1.4.1 Administración de las operaciones

Al ser la planta de Buenos Aires, la primera instalada fuera de su casa matriz en Estados Unidos, se sucedieron ciertos inconvenientes que derivaron en ineficiencias y oportunidades de mejora. Anteriormente, la actividad centralizada de la empresa daba lugar a que no existiese un sistema moderno de manejo de inventarios, de logística o de

calidad, por más que fuese conveniente. Operar bajo un esquema de un único departamento de ventas, de producción, de compras y de distribución, mantenía el sistema bajo una complejidad media – baja, por lo que no fueron implementadas mejoras en estos aspectos. Una vez arribada a Argentina, los sistemas de manejo, tratamiento e intercambio de información fueron adaptados a la nueva situación, pero, sin un sistema a la altura de la complejidad del sistema. En este último caso, el perjuicio producido para la empresa fue de mayor magnitud, generándose inconvenientes de distinta índole. Ante este escenario, lo que se intenta realizar en el presente trabajo es abordar los temas más urgentes a resolver, analizándolos y proponiendo distintos esbozos de posibles soluciones. En particular, se presta especial atención a los siguientes puntos:

- Documentación y estandarización de los procesos productivos
- Logística de piezas y componentes para el armado de máquinas.
- Implementación de un sistema de calidad visual para la planta

### **1.4.2 Lay-out, proceso productivo y capacidad de planta**

Un segundo problema se encuentra relacionado con la operatoria interna y la capacidad de procesamiento y entrega de máquinas que posee la planta. La empresa prefirió establecerse en un predio de dimensiones relativamente pequeñas desde un punto de vista de prudencia. La demanda en esta región y el impacto de sus productos no era fácilmente cuantificable, por lo que prefirieron minimizar inversiones estableciéndose en una planta pequeña y flexible. Se espera que las ventas aumenten sensiblemente en un horizonte de corto plazo, lo cual generará que en un determinado plazo, la empresa deba mudarse a instalaciones de mayor interés. Para que ello se logre de manera ordenada, eficiente y sin mayores problemas, la planeación debe ser realizada con la suficiente anticipación y buen juicio profesional. Dentro de dicho contexto, a la empresa le es de especial interés poder predecir el comportamiento de la planta ante distintos escenarios de demanda y calcular de forma precisa la capacidad real de la planta sin inconvenientes productivos.

A tales fines, se comienza por analizar el lay-out establecido. Luego se hace lo mismo con el proceso productivo actual. Finalmente, se realiza una simulación a eventos discretos para evaluar el comportamiento de la planta con las mejoras implementadas y emitir las conclusiones de interés para la empresa.





## CAPÍTULO II. PROCESO PRODUCTIVO Y LAY-OUT INICIALES

Desde la apertura de la planta de Buenos Aires, el proceso productivo ha variado para cada uno de los envíos y mejorándose en forma continua. Es así que, al momento de realizarse el presente trabajo, todavía no se había terminado de definir de forma precisa las tareas a realizarse sobre las máquinas. Bajo dicho contexto, se decide abordar el análisis tomando como punto de partida el proceso establecido en el momento en que se relevó la información sobre el mismo y teniendo en cuenta las declaraciones de los responsables de la empresa sobre los cambios que se le harían en el corto plazo. Ese conjunto de información constituirá el punto de partida del análisis, pudiendo ser llamado “situación inicial” o “situación actual”. Las propuestas de mejoras serán planteadas a partir de ella en capítulos siguientes.

### 2.1 Proceso productivo

El proceso productivo desde un punto de vista amplio se encuentra relevado en el mapeo que se presenta.

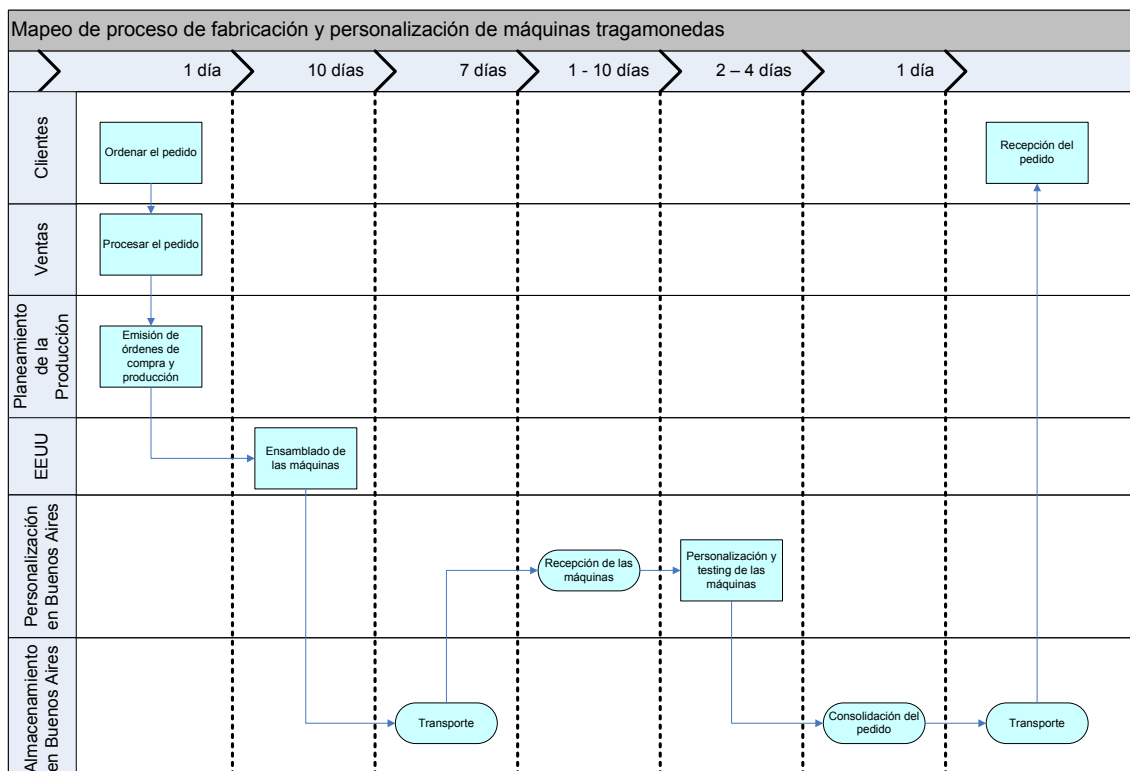


Figura 2.1. Mapeo del proceso de producción de las máquinas tragamonedas

A partir de la realización de un pedido por parte de un cliente, este se procesa y se envía a planeamiento de la producción. Se analizan los requerimientos de materiales, mano de obra y plazos y finalmente se envía la orden a las oficinas en EEUU para que se comience con el ensamblado de las máquinas ya preconfiguradas de acuerdo con los requerimientos del cliente. Se embarcan hacia Argentina y una vez arribadas, previos trámites de rigor, se destinan a la planta de Buenos Aires. Se reciben y se le realizan las operaciones de personalización y testeo correspondientes. Finalmente el pedido se consolida y se transporta hacia el cliente.

### **2.1.1 Tareas realizadas por los técnicos**

Las tareas a realizar por los operarios se fijan por una lista que cada uno utiliza cuando aborda una máquina. Se utiliza la misma lista independientemente del operario que ejecute las operaciones e independientemente de la máquina que trate, por más que existan máquinas con distintas configuraciones. La lista se presenta a continuación y hace las veces de “checklist” siendo el operario el que tiene que recordar cuales son las operaciones que deben realizarse sobre cada uno de los puntos nombrados en la lista, ya que esta no brinda mayores especificaciones ni existe un manual de procesos con los mismos.



JUEGO:  
 Nro SERIAL:  
 BILL ACCEPTOR:  
 HOPPER:  
 PLACA MUX:  
 MC-40:  
 MEMORIA RAM:  
 COMPAC DE DATOS:  
 COMPAC DE JUEGO:  
 TOUCH:  
 PRINTER:  
 CONFIG: L.           CRTO.           DONOM.  
 DESTINO:  
 VERSION:

<i>CHECK LIST</i>			
<i>ITEM</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
PROGRESIVE DISPLAY			
TOWER LAMP			
COOLER DE TOWER			
CERRADURA GLASS UP			
COIN HEAD Y CHAPAS S			
COIN CHUTE			
COIN BRACKET			
CHAPA DE SALIDA			
ELECTROIMAN Y SU CABLE			
CABLE DE COIN ACCEPTOR			
BOTONERA INVERTIDA			
SWITCH P/BOTONES			
DROP			
PANEL DE SPEAKER			
TRAFO 110			
FUNNEL			
GUIAS DE HOPPER			
GUIAS DE PRINTER			
CABLE 24 V DE HOPPER			
CABLE 110V,5V O 12V P/SAS			
CABLE SAS			
FUENTE 24V PRINTER			
PUENTE DE COIN ACCEPTOR			
PUENTE DOOR BOX			
SOP. DE TUBOS HACIA ADEL.			
FILMINAS P/BOTONES			
UP GLASS			
SIDE GLASS			
BOTTOM GLASS			
GRAFICAS			
TUBOS			
COIN ACCEPTOR			
BILL ACCEPTOR Y CASH BOX			
HOPPER			
PRINTER			
BIOS FLASH			
BILL ACCEPTOR FLASH			
FECHA Y HORA			
LLAVES			

Figura 2.2. "Checklist" utilizado por los técnicos

**Tower Lamp:** la tower lamp viene envuelta adentro de la máquina. Las operaciones que se realizan son la de conexión del cableado de la misma y la posterior colocación en la parte superior de la máquina con tornillos.

**Cerradura de top glass:** las cerraduras se compran en Buenos Aires y se colocan. Las cerraduras y llaves que se utilizan son estándares y pueden conseguirse fácilmente.

**Coin head y chapa S, Coin shout, coin bracket y chapa de salida:** son componentes del sistema de aceptación de fichas. De acuerdo a la presencia o no de coin acceptor y/o el tipo de ficha utilizado, se deben utilizar distintas configuraciones de dichos elementos. Se piden los componentes necesarios a Estados Unidos de acuerdo a las necesidades y se colocan en la planta. El tiempo insumido en la colocación puede ser reducido o sensiblemente grande pues pueden surgir problemas para alinear el coin head (por donde ingresa la ficha) y el cuerpo de la máquina. En tal caso, podrían quedar fichas atrapadas en el medio del circuito ocasionando problemas. Para solucionarlo se debe limar suavemente las partes hasta obtener una alineación exacta.

**Electroimán:** el electroimán se ocupa de cambiar el curso de las fichas hacia el drop en caso de que el hopper se encuentre completo. Viene envuelto dentro de la máquina con sus respectivos cables. Las operaciones que se realizan son las de colocación con tornillos y conexión de los cables.

**Cable de coin acceptor:** el cable de coin acceptor es el que conecta a este con la CPU. Se realizan en la planta y se colocan. Son cables voluminosos y de largo armado.

**Botonera:** el sistema de apuestas por botones es distinto en Argentina y Estados Unidos, invirtiéndose las filas horizontales de los botones. Ello requiere que se realice un cambio en la ubicación de los pines de los conectores de los cables para que la información transmitida a la CPU sea la correcta. Esta operación lleva considerable tiempo y esta sujeta a considerables posibilidades de error.

**Botones:** a los botones se le deben incluir las filminas con la denominación de líneas y apuestas requeridas por el casino. Requiere que un técnico libere los botones con una herramienta, coloque la filmina y vuelva a insertar el botón. Vale aclarar que las filminas deben estar impresas, acción que se realiza a partir de una computadora y una impresora.

**Switch para botones:** sucede a menudo que las máquinas arriban con diferentes calidades de sistemas de botones. Es sabido que cierto tipo de sistemas son muy vulnerables y usualmente se dañan al poco tiempo de uso. Por tal razón, se desarma la botonera, se chequea uno por uno y se cambian los débiles.

**Puente de drop:** como ya fue explicado, el drop se encuentra unido a la CPU a través de un sensor que detecta la apertura o cierre de la puerta del drop (a partir de ella se accede a la reserva de fichas). Como las máquinas se procesan y se entregan sin estar conectadas al drop, debe realizarse un “puente” eléctrico que genere la falsa señal en la CPU de que la puerta del drop se encuentra cerrada.

**Funnel:** el funnel es la tolva en las que caen las monedas para depositarse en el drop. La indicación se refiere al control de su existencia y correcta colocación. En caso de que ello no se cumpla, se coloca correctamente o se pide y luego se coloca.

**Guías de hopper y guías de printer:** ambos elementos son las fijaciones para sus componentes. La operación que se realiza es la de controlar su existencia y correcta colocación. En caso de no ser así, se piden y se colocan.

**Cable de 24v para hopper, cable de 110 y 5/12 y cable de SAS:** los cables aquí detallados forman parte de las conexiones internas de las máquinas. Se arman en la planta de Buenos Aires y se colocan en las máquinas. Su armado conlleva mucho tiempo y posibilidades de errores.

**Top glass, side glass y bottom glass:** los vidrios se colocan en las máquinas de acuerdo a la configuración de juego pedida por el comprador. Los vidrios ya vienen con los calcos de los juegos pegados. Según el juego elegido, se deben elegir los vidrios apropiados. La colocación de ellos no es compleja, aunque requiere cuidados especiales por la delicadeza y fragilidad de los mismos.

**Gráfica de los vidrios:** para un mismo juego existen diferentes combinaciones de créditos y pagos. El comprador puede elegir la combinación que desee para cada máquina. Esto implica que deban colocarse 5 stickers por máquina con dicha información. A su vez, el diseño de los stickers varía en función del juego que se trate.

**Tubos:** se deben asegurar de que los tubos lumínicos del top, side y bottom glass se encuentren colocados correctamente y que funcionen de forma apropiada.

**Coin acceptor:** se pide y coloca en caso de requerirse y no esté. En caso contrario se controla su funcionamiento.

**Bill acceptor y cash box:** en caso de requerirse y no esté, se pide y coloca. En caso de estar colocado, se controla su funcionamiento y se añade otra cash box de repuesto.

**Hopper:** en caso de requerirse, el hopper viene separado de la máquina. Existen diferentes medidas y debe instalarse el apropiado de acuerdo a la medida de ficha del comprador. La instalación compone el soldado de los cables y pines que indican que el hopper se encuentra completo de fichas, se coloca el conector AMP (el que intercambia información con la CPU sobre su operatoria) y finalmente se colocan en la máquina, justamente en las guías de hopper.

**Printer:** en caso de requerirse, se controla que esté y ande correctamente.

**Flash bill acceptor:** la indicación se refiere al “seteo” del bill acceptor para los billetes argentinos.

**Llaves:** se controlan todas las llaves y cerraduras.

**Hora y fecha:** una vez que se encuentra todo el sistema bajo correcto funcionamiento, se prende la máquina bajo modo de “operator” o “assistant” y se cambia la configuración de fecha y hora a la correspondiente.

#### Operaciones no mencionadas en la lista

**Grabado del juego:** los juegos deben ser grabados en las máquinas. Dicha operación resulta esencial para poder realizar gran parte de los testeos, así como también para ajustar la fecha y hora y la personalización de los sistemas.

**Personalización de los sistemas:** cada comprador puede especificar una combinación distinta de créditos, máxima apuesta por líneas, cantidad de líneas y payout. Además de colocarse los stickers con las indicaciones de cada variable, debe configurarse el juego para que actúe de la forma deseada. Ello se realiza colocando la llave en la posición “operator” y cambiando la configuración en los menús correspondientes.

**Testing:** el testing de las máquinas se realiza una vez que se han concluido todas las etapas de armado y testeo. El “testing” se refiere a un testeo de larga duración realizado de forma automática (sin intervención de personal) por servidores. La única operación que se debe realizar es la conexión a los cables de red y dar la orden al sistema de que comience. Una vez concluido el testing, ya se está en condiciones de proceder a la entrega pues la máquina se encuentra completa y en correcto funcionamiento. Antes del despacho, se limpia y embala.

**Limpieza íntegra:** la limpieza de la máquina se realiza previo al embalaje y la entrega. Debe realizarse con sumo cuidado para no dañar ningún sistema y dejar la máquina en un estado presentable pues su visual será la primera interacción entre el comprador y la empresa.

**Embalaje:** el embalaje previo al despacho tiene por finalidad proteger a la máquina de posibles daños que pudieran producirse durante el transporte y manipuleo de la máquina desde la planta hasta su lugar de destino. Requiere dos personas para realizarse de forma cómoda y en menor tiempo. La combinación de materiales que se utiliza son plásticos con burbujas de aire de origen nacional e importado. En particular, la zona más sensible que requiere la protección de origen estadounidense es la tower lamp, pues su ubicación y materiales la hacen especialmente vulnerable a roturas.

## 2.2 Lay-out actual

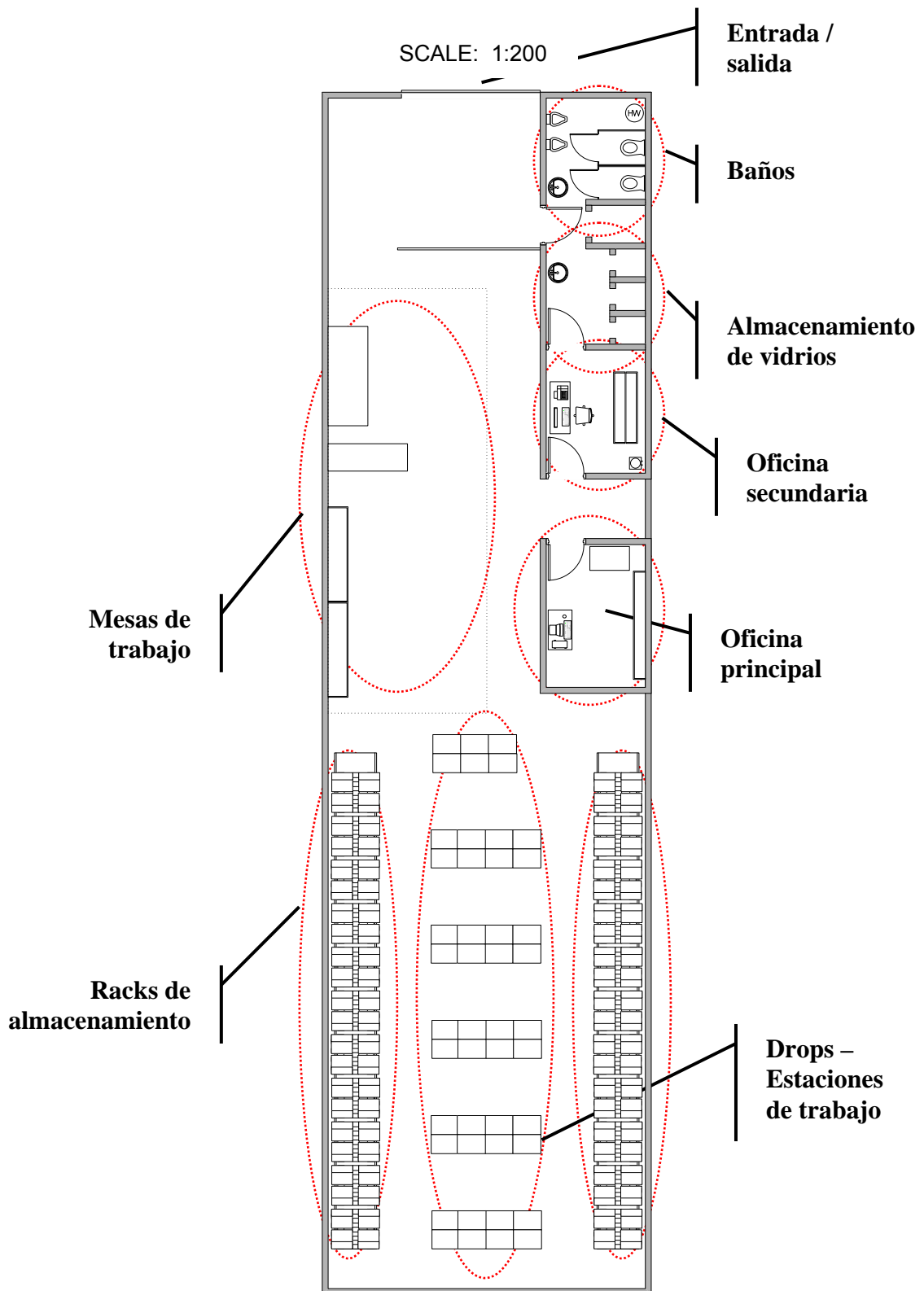


Figura 2.3 Lay-out actual

Características Lay-out actual:

- Capacidad de almacenamiento en racks: 80 máquinas.
- Tipo de almacenamiento en racks: 100% manual
- Capacidad de trabajo: 46 máquinas

El lay-out actual se puede observar en la figura presentada. Puede decirse que cuenta con 3 zonas claramente diferenciadas. Una es la de baños, oficinas y almacén de vidrios, otra la de mesas de trabajo, y la tercera, la que incluye los racks y drops.

Una vez llegadas las máquinas, se ubican en los lugares vacíos de los racks. Al momento de procesar, se trasladan a los drops libres en el momento. Una vez terminados los procesos, vuelven a las posiciones que se encuentren libres en los racks (no necesariamente las iniciales).

En las mesas de trabajo, se realizan tareas varias de reparación y armado de componentes. Los movimientos de las máquinas se realizan de forma completamente manual.

Los flujos de máquinas en distintas partes del proceso no se encuentran definidos. Tampoco su distinta ubicación en los racks. No existen métodos de almacenamiento predeterminados o de trazabilidad.



## CAPÍTULO III. PROPUESTAS DE MEJORAS

### 3.1 Lay-out

#### Desventajas del lay-out actual

1. No se puede acceder al segundo nivel de los racks.
2. Al nivel inferior de los racks sólo se puede acceder de forma manual.
3. Flujos cruzados de máquinas “vírgenes”, en proceso y terminadas.
4. Zona de mesas de trabajo solapándose con la de transporte de máquinas. Esto no es recomendable por el posible riesgo que implica.
5. Zona de trabajo en máquinas solapándose con la de carga/descarga de racks. Esto produce incomodidades y aumenta riesgos.
6. Zona de poca utilidad en la entrada al predio.
7. Lay-out poco flexible a variaciones de producción.
8. Imposibilidad de incluir más de 146 máquinas

La desventaja de la zona inútil se podría eliminar, trasladando la zona de trabajo en mesas hacia la entrada del predio, pero aún restarían solucionar o mejorar otras seis.

Se proponen entonces cuatro alternativas de lay-out para la operatoria de la planta. La razón es que son propuestas distintas adaptadas a presupuestos disímiles. La alternativa 1 es de baja inversión y las siguientes la van aumentando.

La generación de alternativas se basó en la ineficiencia que supone el método de transporte manual actual. No permite acceder al segundo nivel de racks, lo cual inhibe la utilización de la mitad de la capacidad de almacenamiento.

### 3.1.1 Alternativa 1: Lay-out manteniendo la estructura actual



Figura 3.1. Alternativa 1 de lay-out

La alternativa 1 fue elaborada a partir de la mejora del diseño, pero sin afectar la ubicación principal de los racks y sectores de trabajo. Fue modificada la ubicación de las mesas de trabajo, habiéndose movido hacia delante. También se varió la distribución de los drops para poder utilizar una transpaleta manual y, al mismo tiempo, aumentar la capacidad de trabajo en los mismos.

### Características Alternativa 1

- Capacidad de almacenamiento en racks: 80 máquinas.
- Tipo de almacenamiento en racks: 100% transpaleta manual
- Capacidad de trabajo: 42 máquinas
- Capacidad adicional bajo requerimiento: 22 máquinas

### Costos Alternativa 1

- Compra transpaleta manual
- Aprox. 4 hs de trabajo para mover la configuración actual de mesas, herramientas, estanterías, bases para máquinas y tabique divisor.

### Análisis Alternativa 1

Esta alternativa sólo mejora la actual en cuanto a la movilidad de los palets que pasa a realizarse con transpaleta manual y en la mayor cantidad de drops. Esto mejora los tiempos de recepción/despacho de máquinas vírgenes y terminadas, aunque los problemas de cruzamiento de flujos y seguridad, continúan. Se elimina también el espacio de poca utilidad a la entrada del predio.

El resto de las desventajas de la configuración inicial continúan.

Se podría decir que es una mejora que puede ser tomada en cuenta si hay una restricción en el presupuesto aplicado al rediseño o, por alguna razón no se quiere variar el diseño principal del predio, ya que mejora el diseño actual sólo en pequeña medida.

### 3.1.2 Alternativa 2: Lay-out optimizado para utilización de clark

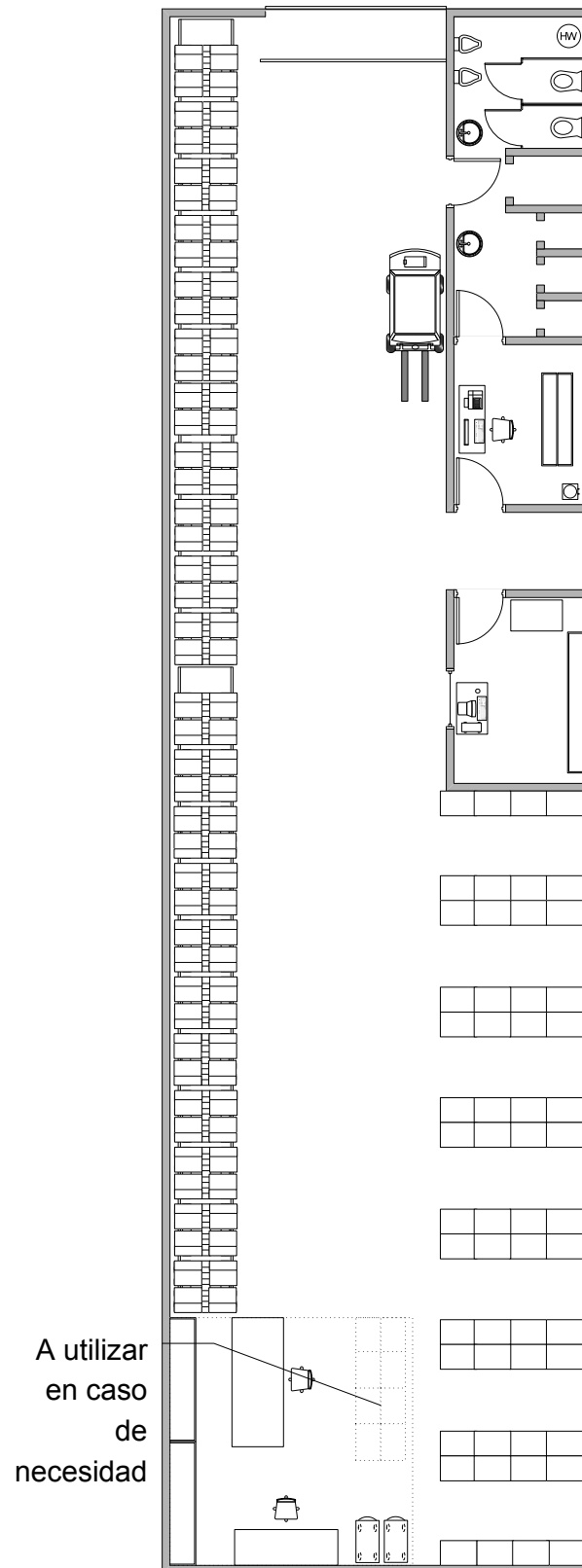


Figura 3.2. Alternativa 2 de lay-out

En este caso, un rack es trasladado a la parte frontal del predio, formando una línea con el otro. Los drops se mueven hacia un costado y la isla de trabajo se ubica en la parte trasera del predio.

Nota: Se podría también concretar una alternativa híbrida entre la 1 y la 2 al utilizar la configuración 2 con una transpaleta manual, lo cual no permitiría llegar al segundo nivel, pero bajaría considerable los costos.

#### Características Alternativa 2

- Capacidad de almacenamiento en racks: 160 máquinas.
- Tipo de almacenamiento en racks: 100% clark
- Capacidad de trabajo: 56 máquinas
- Capacidad adicional bajo requerimiento: 8 máquinas

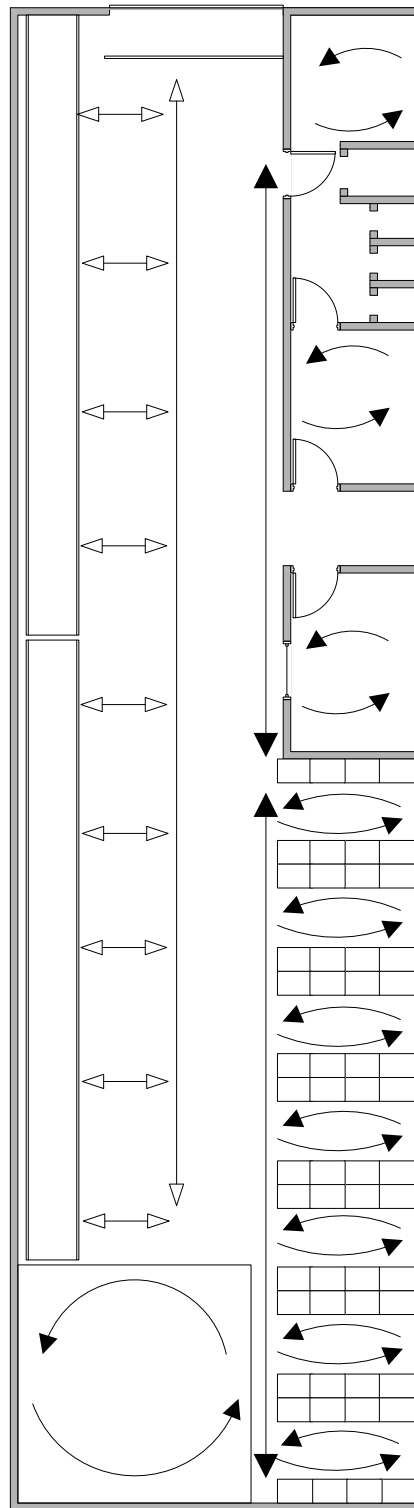
#### Costos Alternativa 2

- Compra clark
- Aprox. 2 días de trabajo para mudar un rack, mover la configuración actual de mesas, herramientas, estanterías, bases para máquinas y tabique divisor.
- Compra de madera para base del segundo nivel de racks y armado de los mismos (aprox. 4 hs de trabajo).

#### Análisis alternativa 2

La alternativa 2 emerge como considerablemente más eficiente que la actual y la alternativa 1. Si el volumen de ventas proyectadas o la magnitud de los contenedores lo justifican, deberá tomarse en cuenta. Vale recordar que el lay-out actual sólo permite almacenar 126 máquinas, por lo que no resulta apto para arribos de máquinas mayores a dicho número, aún si la demanda no es fuerte.

Se observa que los flujos de maquinaria y personal prácticamente no se solapan. Esto es beneficioso desde un punto de vista de productividad (se disminuyen distracciones), seguridad (se disminuyen riesgos) y flexibilidad (hay mayor posibilidad de respuesta ante requerimientos de aumento de producción o reingeniería).



### Referencias

- ◄—► Flujos de Maquinaria
- ◄—► Flujos de Personal

Figura 3.3. Flujos de maquinaria y personal en alternativa 2 de lay-out

### **3.1.3 Alternativas 3 y 4**

Existe la posibilidad de tomar la alternativa 2 realizándole un rediseño a los racks de forma de configurarlos para albergar 3 niveles de palets. El costo de ello no es alto ya que sólo se deberían relocalizar las guías de cables y trabajar sobre los racks ya existentes. De concretarlo, se podrían almacenar 240 máquinas en racks.

Si hubiera una necesidad de aumentar el flujo productivo, se puede considerar la posibilidad de utilizar un autoelevador eléctrico en vez de uno a combustión. Sus menores dimensiones permiten utilizar mayor cantidad de espacio para armado de máquinas y testing.

### 3.2 Conclusiones análisis lay-out

- El lay-out actual debe ser modificado pues las desventajas que presenta son notorias y con poca inversión se puede mejorar mucho su operatoria.
- En caso de continuar con el aumento de la producción, se debería tender hacia la alternativa 4 de acuerdo a las posibilidades que el presupuesto destinado al rediseño permitan.
- Se considera que, ya en la situación actual, resultará beneficioso optar por la alternativa 2 por los beneficios que supone. En caso de ser necesario, llegar a la 3 o 4, previo análisis de alternativas de mudanzas.

Se considera la alternativa 2 como la más apropiada para introducir en este momento de la empresa. Por ello se la elige como la propuesta seleccionada por la tesis. Los análisis siguientes de simulación y capacidad se harán tomando como base que se adopta la alternativa 2.



### 3.3 Proceso productivo

#### Problemáticas

El proceso productivo resulta altamente ineficiente e indeterminado de la forma en que se encuentra organizado. Las razones son:

- Las máquinas llegan a la planta prácticamente desarmadas y con un nivel de personalización mínimo.
- Se encuentran superpuestas tareas de producción, control y ensamble.
- Los técnicos no cuentan con una metodología de trabajo estandarizada y explicada.
- No se tienen en cuenta tiempos que no agregan valor como esperas y transportes.
- No se encuentran planeados los requerimientos de componentes a encargar y/o ensamblar.
- No se tienen en cuenta implicancias en la calidad del producto final.
- No se enfoca la operatoria teniendo en cuenta la seguridad de las tareas a realizar.

#### 3.3.1 Elaboración de un manual de procedimientos

El manual de procedimientos contendría la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de la empresa. Incluiría además los puestos o unidades administrativas que intervienen precisando su responsabilidad y participación. Opcionalmente también información y ejemplos de formularios, autorizaciones o documentos necesarios, máquinas o equipo de oficina a utilizar y cualquier otro dato que pueda ayudar al correcto desarrollo de las actividades dentro de la empresa.

Ello facilitaría las posibles labores de auditoría, evaluación y control interno y su vigilancia. Como otro punto muy importante, es que generaría conciencia en los técnicos y en sus jefes de cómo realizar el trabajo adecuadamente y siguiendo normas establecidas, aceptadas y compartidas por los integrantes de la misma de forma que se podría determinar en forma más sencilla las responsabilidades por fallas o errores. Finalmente sería una base para el análisis posterior y el mejoramiento de los sistemas, procedimientos y métodos.

#### 3.3.2 Elaboración de hojas de procesos

Se elaborarían hojas de procesos que sean consistentes con el manual de procedimientos de la empresa. Habría una hoja de proceso para cada proceso que lo amerite y ella contendría toda la información relevante para la realización de la tarea. Se privilegiarían los diseños que incluyan la mayor parte de la información de forma visual para facilitar su lectura.

Se realizarían hojas de procesos de las siguientes operaciones:

- Conexión de cableados
- Colocación de vidrios
- Colocación de calcos
- Cargado de los juegos
- Revisión y testeo de la máquina por parte del técnico
- Conexión para el testing del juego

Las hojas de procesos sería ideal que se encontrasen en el lugar donde se realizan los trabajos. Como ello no es posible por el poco espacio disponible, la información se centraría en un tablero a ubicarse en la parte exterior de la oficina principal, como se muestra en la figura presentada.

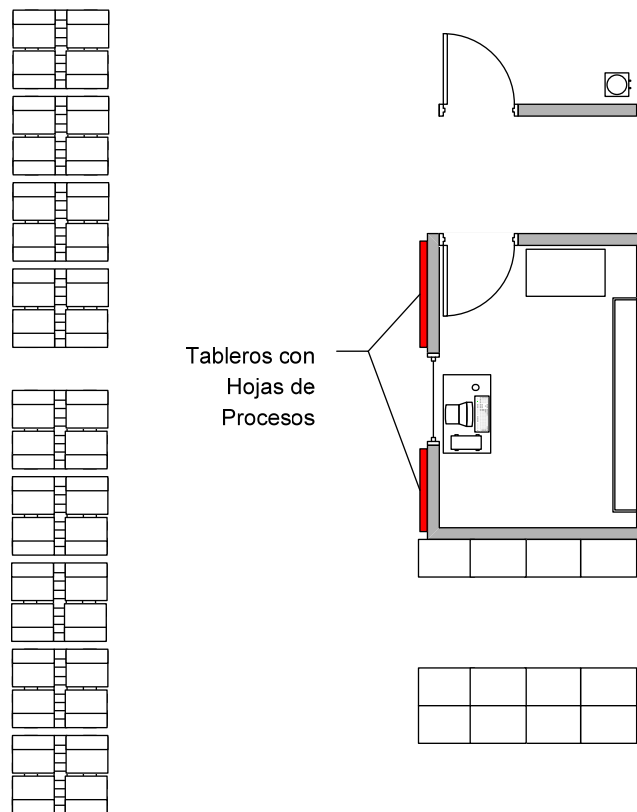


Figura 3.4. Ubicación de los tableros con hojas de procesos

### 3.3.3 Cambios en las tareas a realizar por los técnicos

Inicialmente se define en un diagrama de flujo la operatoria general de la planta. La información contenida no presenta grandes cambios, pero es un documento que resulta aclaratorio y explicativo sobre el funcionamiento de la planta y útil para formar parte del manual de procedimientos.

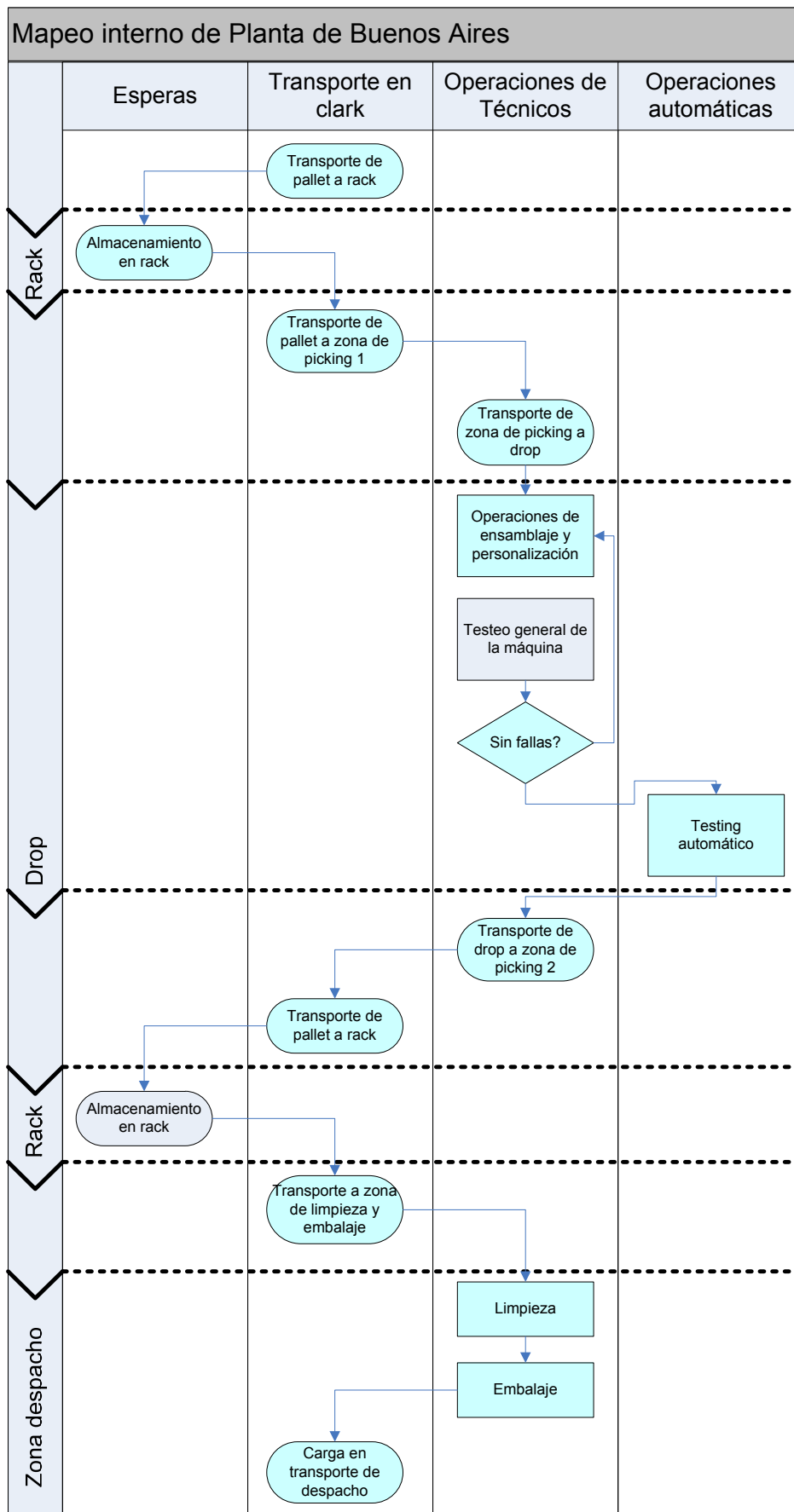


Figura 3.5. Mapeo de operatoria interna de la planta de Buenos Aires

Se propone una disminución y reordenamiento en las tareas a realizar por los técnicos. La principal modificación es que se eliminan todas las tareas que implican revisión o realización de operaciones sobre componentes que debieran arribar en perfectas condiciones. Deben generarse los mecanismos de intercambio de información sobre los pedidos de forma de que no haya dudas sobre la configuración deseada. Se asume que la sede de la empresa en EEUU produce las máquinas con un estándar de calidad adecuado y que puede hacer frente a la entrega bajo distintas configuraciones (información confirmada por fuentes de la empresa). Asimismo, en la empresa justificaron la entrega de máquinas a medio armar realizada hasta la fecha aduciendo que no se habían realizado pedidos bajo configuraciones definidas.

Las únicas tareas que continuarían realizándose sobre todas las máquinas son las referenciadas en las hojas de procesos y las propias del transporte y manipuleo.

### 3.3.4 Almacenamiento de componentes

Los componentes más cuantiosos que requieren almacenamiento y transporte por ser el principal de los que se agregan a las máquinas son los vidrios. Resulta recomendable el rediseño de los mismos. Los actuales requieren mucho tiempo para clasificación, no son de rápida accesibilidad y suponen riesgos de manipulación. El tiempo insumido para ubicar y acomodar los vidrios arribados es realmente considerable. Por otra parte, el espacio utilizado para su almacenamiento no es apropiado por la distancia a recorrer entre el mismo y la zona de trabajo. Asimismo dicho espacio podría utilizarse para otros requerimientos no atendidos actualmente, como almacenamiento de vestimenta y accesorios para el trabajo, vestuarios u mayor espacio de oficinas.



Figura 3.6. Estanterías donde actualmente se almacenan los vidrios

Se propone el rediseño de los medios para almacenamiento y transporte de vidrios orientándose hacia un medio paletizable, con características de accesibilidad y selectividad.

Actualmente los vidrios arriban en cajas de madera paletizables. Se propone que se utilicen esas mismas cajas como medio de almacenamiento de vidrios. La accesibilidad no es óptima, pero se la considera una solución más conveniente que la configuración actual. Por otra parte se eliminan los tiempos de ordenamiento, clasificación y transporte de vidrios y sus riesgos asociados.

Podrían ubicarse directamente en las posiciones del rack más cercano a las mesas de trabajo. Se utilizarían cuatro posiciones de rack para su almacenamiento, pero en caso de requerirse, pueden moverse con el clark a las mesas de trabajo para seleccionar los vidrios a utilizar.

Los calcos para los vidrios se encontrarían almacenados en una cajonera con la que ya cuenta la empresa. La única modificación sería la ubicación de dicha cajonera, siguiendo las recomendaciones de la alternativa de lay-out propuesta.

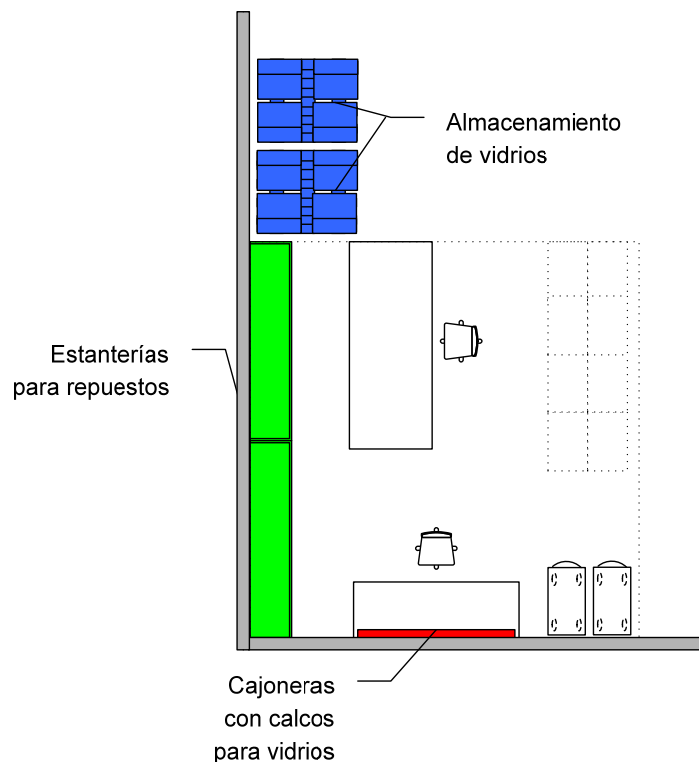


Figura 3.7. Ubicación de medios de almacenamiento de componentes

### 3.3.5 Movimiento de componentes y herramientas

Actualmente el traslado de componentes y herramientas desde las mesas de trabajo a las máquinas se realiza de forma manual. Una vez en la máquina, mientras se trabaja, ellos son colocados azarosamente donde el técnico desea, ya sea el piso, dentro de la máquina

o sobre ella. Esto genera incomodidades, riesgos para el operario y riesgos para la calidad de las máquinas.

Se propone entonces la utilización de unas estaciones de trabajo móviles que sirvan para el transporte de componentes y herramientas hasta las máquinas y como apoyo mientras se trabaja en ellas. Asimismo podrían contar con sectores para la ubicación de pequeños componentes (tornillos, tuercas, cable, cinta aisladora) que pueden requerirse mientras se trabaja en las máquinas.



Figura 3.8. Mesas móviles para transporte de componentes y herramientas

### 3.4 Higiene y seguridad

La utilización de un clark con motor de combustión interna genera que sea recomendable realizar ciertas modificaciones en la planta

- Demarcación de los pisos del predio y la señalización del mismo siguiendo las normas IRAM 10005, especialmente en las zonas de estacionamiento del clark, de matafuegos y sendas peatonales.
- Incorporación de matafuegos apropiados al poder de fuego del clark y su combustible.
- Agregado de extractor de aire destinado a evacuar más eficazmente los gases emitidos por el clark.
- Provisión de elementos de seguridad (casco y zapatos de seguridad).

La utilización de zapatos de seguridad debería ser norma de forma continua en la planta. Por otra parte, actualmente los técnicos almuerzan en la planta utilizando en ciertas oportunidades las mismas mesas de trabajo. No debería permitirse dicho uso. En su lugar, podría utilizarse una de las mesas de las oficinas o de la posible zona de vestuarios.

## 3.5 Calidad Visual

### 3.5.1 Implementación de Sistema “5S”

El método de las “5s” parte de la premisa que es imposible gerenciar un proceso que no se ve, y menos aún si no se puede gerenciar lo que se ve. Es así que busca que los ambientes de trabajo se encuentren ordenados y limpios de forma de poder realizar las tareas de forma adecuada. Como metodología busca aplicar 5 sentidos (limpieza, orden, utilización, estandarización y autodisciplina) y comparar lo percibido con lo que se esperaría encontrar en una planta de que realiza sus tareas adecuadamente.

Este método tiene su origen en Japón y debe su nombre a que en japonés la letra inicial de cada uno de los sentidos que lo componen es la “s”.

#### Seiso (sentido de la limpieza)

Actualmente, en cada oportunidad de arribo de máquinas, se producen grandes cantidades de basura y desechos que no se depositan donde corresponde. Durante la operatoria de trabajo sobre las máquinas y en mesas de trabajo ocurre lo mismo. Es por ello que es normal encontrarse con el piso con restos de cables pelados, plástico espumado, cinta aisladora u otros componentes.

En este sentido, no resulta beneficioso que los técnicos no realizan tareas de limpieza en la planta, por lo que no pueden medir el perjuicio de desorden generado.

Se propone disponer de depósitos de basura en las mesas de trabajo móviles para eliminar la basura que se pudiera generar mientras se trabaja en las máquinas. Asimismo durante la llegada de las máquinas, deberían ubicarse convenientemente grandes contenedores para disponer de las protecciones, precintos y envoltorios adecuadamente.

#### Seiton (sentido de la organización)

La organización dentro de la planta se encuentra en un estado de avance avanzado, aunque con mejoras a realizar. Los componentes y repuestos se encuentran convenientemente ubicados en estanterías y cajoneras. Las herramientas se encuentran ubicadas en una placa con soportes adosada a la pared realizada por los mismos técnicos.

Debería mejorarse la organización durante el trabajo. Es común que luego de realizar un trabajo, se dejan herramientas fuera de su lugar. Lo mismo ocurre con repuestos. Al final del día se ordenan dejando el lugar organizado nuevamente. Este orden debería realizarse a lo largo del día de trabajo.





Figura 3.9. Estanterías de herramientas y repuestos. Un punto a mejorar con "5S"

#### Seiri (sentido de la utilización)

Este concepto busca distinguir lo necesario de lo no necesario. En la planta pueden identificarse ciertos elementos que pueden no ser del todo necesarios.

En las estanterías existen distintos componentes que fueron retirados de las máquinas por mal funcionamiento y dispuestos en dichos lugares útiles. Debería juzgarse su utilidad y disponerlos donde corresponda, más aún teniendo en cuenta que su número aumenta continuamente.

Por otra parte, en las mesas de trabajo se encuentran máquinas que no son utilizadas habitualmente pero sin embargo ocupan lugar útil para otras tareas. Debería considerarse su ubicación bajo las mesas, ubicándolas sobre ellas cuando sea necesario.

#### Seiketsu (sentido de la estandarización)

Este sentido implica la aplicación generalizada de las recomendaciones señaladas en los tres sentidos anteriores.

#### Shitsuke (sentido de la autodisciplina)

Este sentido hace referencia a la mejora continua del sector.

Sería muy útil que se instrumenten auditorías de 5S de forma de poder cuantificar las mejoras y el avance de las medidas tomadas. Asimismo podría complementarse con una cartelera de 5S donde se consignen nuevas medidas tomadas y sus logros.



## CAPÍTULO IV. MODELO DE SIMULACIÓN

### 4.1 Modelo Conceptual

#### 4.1.1 Propósito del modelo

El modelo tiene por propósito simular las operaciones de la planta de ensamblado de máquinas tragamonedas de Wilde. El software elegido es el Arena 5.0.

Para el modelado de la simulación, se toman en consideración las propuestas de modificaciones anteriormente realizadas. La razón es que se considera que la adopción de los cambios propuestos redundará en un beneficio para la operatoria y la flexibilidad del la empresa.

El estudio de la simulación se torna muy útil ya que el conjunto de las operaciones que se deben llevar a cabo son difícilmente abordables a partir de un estudio analítico. Las tareas que deben realizar no surgen de forma totalmente prevista y muchas veces ocurre que tienen varios requerimientos al mismo tiempo.

Asimismo, la diversidad de tareas que tienen que llevar a cabo los operarios, complica aún más el estudio. Un mismo operario puede tener que hacer frente a un requerimiento de transporte de máquinas, manejo de clark, arreglo de un desperfecto en una máquina o ensamble en otra, todo al mismo tiempo.

Como ya se estudio anteriormente, la pequeña escala de la planta inhibe que se pueda contar con mano de obra dedicada por procesos. La polivalencia emergente genera inconvenientes para realizar el balance de línea.

Por otra parte, ocurre frecuentemente que suceden desperfectos en las máquinas. Su ocurrencia se manifiesta como un problema mayúsculo a la hora de predecir el comportamiento del sistema.

La posibilidad de intentar predecir el comportamiento de un sistema con estas características, se reduce y aumenta su complejidad. El desarrollo de la simulación reduce significativamente este problema.

#### 4.1.2 Objetivos y Argumento

Se plantea la simulación como una herramienta orientada principalmente hacia el balance de línea de la planta y el análisis de la utilización de la mano de obra.

Por otra parte, será también una herramienta para el testeo de diferentes alternativas de modificaciones a los procesos. El tiempo insumido para testear una modificación en una simulación insume menores tiempos y otorga conclusiones más valiosas que proyectándola a partir de un estudio analítico.

Ante la imprevisibilidad de la demanda de la empresa para los próximos meses y años, un estudio de simulación como el presente, se impone como una herramienta de suma utilidad para intentar responder preguntas del tipo:

“Que pasaría si...?”

Puntualmente, se prestará especial atención a:

- La utilización de la mano de obra y sus posibles futuros requerimientos
- La periodicidad de las entregas en contenedores
- La capacidad de responder a picos de demanda
- El balance de línea adecuado a cada situación que se testee.

Finalmente, la presente simulación servirá para aclarar un punto que inquieta a responsables de la empresa que es: ¿Hasta cuando se puede continuar con el predio actual?

La dificultad para proyectar ello, hace de la simulación una herramienta valiosa para aclarar las perspectivas de la utilidad del predio.

#### **4.1.3 Límites, contexto y supuestos**

El modelo se centra en la operatoria interna de la planta en su conjunto. No hay operaciones que escapen el alcance de la simulación, aunque sí se han realizado algunas simplificaciones sin atentar contra sus fines.

Un supuesto muy fuerte que rige la simulación es que se realizarán las modificaciones de lay-out propuestas anteriormente y las inversiones emanadas de ellas. Este supuesto rector del modelo se lo tomó en base a que responsables del manejo de la compañía mostraron su aprobación a las propuestas de modificaciones presentadas y probablemente se estén llevando a cabo en el corto-mediano plazo.

El límite de la simulación es el de la misma operatoria de la planta. En líneas generales, se simula desde la llegada de contenedores como parte de órdenes de producción y se realizan los procesos necesarios para finalmente despacharse en forma de órdenes.

En la llegada de las máquinas, la simulación se adapta a la realidad en cuanto a que las máquinas llegan directamente a la planta. La tarea de hacerlas llegar a tiempo y en forma no es tarea de la empresa, por lo cual se asume que así se realiza.

El transporte primario que se utiliza para la movilidad de las máquinas en un clark, tal cual sucede en la realidad. Como simplificación, no se tomaron en cuenta tiempos de inactividad del mismo debido a roturas o mantenimiento. Por otra parte, se asume que las distancias de los puntos de arribo, despacho y picking de máquinas tienen distancias fijas a los racks. De igual manera para las diferentes posiciones de los racks. Esta simplificación, no daña el modelo, pues se toman distancias medias y, luego de varias corridas, las posibles diferencias de resultados serán mínimas.

El clark se utiliza en combinación con palets de madera. El flujo de los mismos como elemento separado de las máquinas tampoco se toma en cuenta durante la simulación por su poca trascendencia en los procesos productivos y sus resultados.

En cuanto al personal, forman parte de la simulación los cuatro técnicos que en la realidad realizan las operaciones de la planta. Sus distintos horarios de trabajo están contemplados, así como también sus tiempos de almuerzo. Se asume que todos tienen una capacidad de trabajo similar. De la misma forma, su rendimiento no merma durante el día o en distintos días de la semana.

El calendario de trabajo es de lunes a viernes siguiendo los horarios de cada técnico. Se obviaron los feriados y días no laborables. Se asume que no existen huelgas o suspensiones de trabajo. En cuanto a los ausentismos, se toman en cuenta en la simulación y ocurren siguiendo una distribución de probabilidad con media determinada a partir del promedio de faltas de mano de obra de la industria.

La polivalencia de los empleados fue simplificada estableciendo dos tipos de empleados: los que pueden manejar el clark y los que no. Se asume que el resto de las tareas pueden ser realizadas por todos, con igual eficiencia. Este supuesto, en líneas generales, no contradice la realidad pues los técnicos se encuentran bien capacitados y con experiencia y pericia en la realización de sus tareas.

Los posibles defectos de las máquinas fueron relevados los datos históricos de los mismos, así como también como los tiempos necesarios para solucionarlos. Estos sucesos se modelan en la simulación asumiendo que los más comunes continuarán en el futuro con una distribución y tiempo de arreglo similares a los actuales. Fueron desechados para el presente análisis, los inconvenientes graves en las máquinas arribadas como faltantes o elementos quemados o abollados. Se asume, tal como ratificaron responsables de la empresa, que dichos defectos no volverán a ocurrir en el mediano plazo.

No se tienen en cuenta los flujos de stocks y flujos de piezas para las máquinas. Se encuentran modelados todos los procesos de ensamblado, inclusive los que involucran agregado de partes, pero no se toma en cuenta el abastecimiento de dichas partes. Esta simplificación no tiene mayores efectos sobre los resultados del proyecto ya que, en la realidad, el aprovisionamiento de piezas no constituye un inconveniente a la operatoria de la planta. Generalmente se mantiene la relación de requerimiento de una pieza por máquina, lo cual, añadido a que son de fabricación nacional en su mayoría, minimiza los inconvenientes.

El testing de las máquinas se realiza actualmente por periodos de tiempos variables. Esta realidad está contemplada en la simulación sin tomar en consideración los tiempos de conexión y desconexión de la red ya que se consideran muy chicos en relación al tiempo que se pasa en el testing de las máquinas.

En cuanto al despacho de las órdenes, se asume que el transporte que las lleva hacia su destino arriba a tiempo a la planta, prácticamente en el momento en que se termina de procesar la orden. Probablemente no ocurra así en la realidad en todos los casos, pero suponerlo no limita la operatoria o el accionar de la simulación pues su tardanza o no en un margen de horas no afecta a la producción.

#### **4.1.4 Lógica, estructura y funciones**

La estructura del modelo de simulación consta de 8 partes principales. Ellas son:

- Llegada de máquinas y órdenes de producción

- Flujos de máquinas sin ensamblar
- Asemblaje y testeo de máquinas
- Flujos de máquinas ensambladas
- Limpieza, embalaje y despacho
- Ordenamiento de los flujos
- Control de tiempos
- Interfase visual

En **llegada de máquinas y órdenes de producción**, se simula justamente el arribo de contenedores y de órdenes. La lógica que sigue es que arriba un contenedor por vez conteniendo una cantidad de máquinas que se analiza en la sección de modelo de datos. La periodicidad de los arribos también forma parte de la sección siguiente y se testean diferentes posibilidades.

En cuanto llegan las máquinas, se les asigna el número de cargamento (correlativo, correspondiente a cada contenedor) y se destinan a distintas órdenes. La cantidad de máquinas por orden no depende de la cantidad de máquinas arribadas, sino que sigue los datos históricos de la empresa. Si en el cargamento existen máquinas en reducido número que no fueron asignadas a ninguna orden, se genera una orden con ellas. Esto representa a la realidad ya que es común que, periódicamente, se destinen algunas máquinas para demostraciones, muestras o exposiciones.

Una vez correlacionadas las máquinas con las órdenes, se procede a la personalización de las órdenes. Existen diferentes variantes de configuración de las máquinas, especialmente en cuanto a los medios de aceptación de créditos y los juegos.

Terminada la configuración de las máquinas de cada orden, ya están listas para ser transportadas por el clark. Vale aclarar que durante todos los procesos aquí explicitados, las máquinas no están en flujo productivo, por lo cual no se contabilizan sus tiempos ni se insumen recursos.

En **flujos de máquinas sin ensamblar** ocurren procesos que son principalmente de transporte y almacenaje. Lo que primero se realiza es la división en palets de las máquinas arribadas, siempre separadas por pedidos. Esto resulta importante pues el clark transporta palets y no máquinas individuales. Cada vez que se lo requiere en alguna parte de la simulación, la unidad de traslado es el palet. Asimismo, esto es coherente con la realidad, pues las máquinas arriban a la planta ya paletizadas.

Se organizan las órdenes separando cuatro máquinas por palet. En caso de que una orden no tenga una cantidad de máquinas múltiplo de cuatro, lo que se realiza es paletizar las unidades remanentes en un palet aparte. Esto significa en la pérdida de las ubicaciones no utilizadas en el palet, pero, como contrapartida, ahorra movimientos innecesarios de palets y clark; por otra parte, disminuye riesgos de errores y facilita la identificación de las máquinas y órdenes.

Una vez paletizadas, las máquinas ya se consideran en flujo productivo y pueden ser transportadas hacia los racks. Cada palet es transportado de forma individual. Se asigna máxima prioridad en la simulación a esta operatoria de transporte pues en la realidad así es. El camión que llega con las máquinas paletizadas tiene una ventana de tiempo de trabajo y debe liberársele lo antes posible.

Como ya se explicó en la sección de supuestos, se considera una distancia única a los racks independientemente de la posición que ocupe cada palet en el mismo.

Otra sección de esta parte de la simulación es el transporte de los palets de los racks a la sección de picking de máquinas para ensamblar y testear. En cuanto se le ordena, un operario en el clark toma un palet del rack y lo envía a la sección de picking. En ella se produce el despaletizado y las máquinas están listas para ser transportadas a las estaciones de trabajo, los drops. Dicho transporte se produce a mano por los operarios, máquina por máquina. Una vez que el clark deja el palet, queda liberado, vuelve a su zona de estacionamiento y su conductor se libera.

En **ensamblaje y testeo de máquinas** existe un modelo similar para cada estación de trabajo. Es decir que existen cincuenta y seis modelos similares. Ellos cuentan, por componente principal, con un submodelo con las acciones principales que ocurren en las estaciones.

En dicho submodelo se simulan las acciones principales sobre las máquinas. Vale aclarar nuevamente que dichas acciones son las que se realizarían si la empresa tomara y aplicara las modificaciones propuestas. De esta forma, ocurre la colocación de los distintos vidrios de las máquinas y el grabado de los juegos correspondientes. Una vez concluido ello, se procede al testeo de los componentes principales de las máquinas. Puede ocurrir que se detecten errores durante dicho proceso, siguiendo las probabilidades consignadas en el modelo de datos. Acto seguido se procede al arreglo de los desperfectos y luego se preparan para el testeo, o se preparan para el testeo directamente. Vale aclarar que cada uno de estos procesos lo realiza un operario dedicado a la máquina. Es decir que cada operario no tiene tareas definidas, sino que realiza todas ellas sobre cada máquina.

Luego las máquinas pasan al testing. Los tiempos de testing se encuentran analizados en la sección del modelo de datos. Durante el periodo de testing, no se requieren recursos humanos ya que el proceso es automático, pero sí el acceso a la red. Esto se encuentra modelado en la simulación para potencialmente evaluar requerimientos de servidores para testeo.

Una vez que el testeo concluye, las máquinas están listas para ser transportadas al sector de picking de máquinas terminadas.

En **flujos de máquinas ensambladas**, ocurren procesos similares a los de flujos de máquinas sin ensamblar, pero en un sentido inverso. Inicialmente, las máquinas son tomadas individualmente de las estaciones de trabajo para ser transportadas a una segunda zona de picking, distinta a la de máquinas sin procesar. A esta zona de picking van llegando máquinas de distintos órdenes. En ella se agrupan por orden en palets y quedan listas aguardando que el clark pase a recogerlas para llevarlas nuevamente a los racks.

Luego el clark simplemente transporta los palets consolidados, de a uno por vez, a los racks. Una vez concluido ello, se libera y puede volver a su zona de estacionamiento.

Otra función importante de esta parte de la simulación es el transporte de las órdenes consolidadas en los racks a la zona de limpieza, embalaje y despacho. Ello ocurre sólo cuando un pedido se encuentra en su totalidad procesado, paletizado y acomodado en racks. En tal caso, el transporte se produce de a un palet por vez hasta completar el pedido. Luego el clark queda liberado y puede volver a su zona de estacionamiento.

En **limpieza, embalaje y despacho**, las operaciones principales son las que su nombre lo indica. Inicialmente, a la llegada del palet con cuatro o menos máquinas, se desconsolida y las máquinas quedan listas para limpiar. Vale aclarar que esto ocurre independientemente de si el clark concluyó con el transporte de todos los palets que componen la orden.

Las máquinas se limpian una por una y, una vez concluido, se encuentran listas para el embalaje, que también se realiza máquina por máquina. Los insumos para el empaque no se tienen en cuenta en la simulación ya que pueden conseguirse fácilmente, no incomodan los flujos y no inciden en la eficiencia de la producción.

Una vez terminado estos los procesos para todas las máquinas de la orden, se produce el despacho de las mismas. Antes que las máquinas desaparezcan de la simulación, se almacenan datos que sirven para el análisis de la operatoria de la configuración y variables de decisión que se esté testeando. Luego se despachan y termina su ciclo de vida en el modelo.

**Ordenamiento de los flujos** contiene las secuencias lógicas que regulan ciertas decisiones en cuanto a los flujos en la simulación. De lo que se ocupa principalmente es de que las órdenes sean priorizadas para su transporte y procesamiento de acuerdo a su orden de llegada.

Se ocupa de chequear continuamente la zona de picking de máquinas sin procesar para proyectar el transporte requerido. En caso de que se detecte que no hay más máquinas en la zona de picking y que hay estaciones de trabajo disponibles para procesar máquinas, da la orden al clark para que vaya a buscar el palet apropiado siguiendo la lógica de las órdenes de producción. El chequeo realizado es coherente con los requerimientos del palet a procesar.

Por otra parte, cumple un rol importante en la sección de picking de máquinas procesadas. Su función es, ante un arribo de máquinas terminadas que no sigue la lógica de arribo a los racks, separar las máquinas de cada orden y agruparlas en palets. En los casos de que las máquinas hayan llegado en palets con menos de cuatro máquinas, también se respeta.

Para las órdenes terminadas y estivadas en los racks, se ocupa de ir agrupando los palets con máquinas de la misma orden próxima a ser transportada a la zona de limpieza, embalaje y despacho. Una vez que ello concluye es quien da la orden al clark de que las transporte al sector correspondiente..

La sección de **control de tiempos** genera entidades a intervalos constantes de tiempo. El objetivo es poder tomar valores de las variables principales para luego poder ser analizadas cuando las replicaciones terminan. Por otra parte, genera variables que sirven para procesos internos propios de la simulación.

Su operatoria genera que el Arena, que es un simulador por eventos discretos, se asimile, para ciertas mediciones, a un simulador por eventos a intervalos regulares.

Las mediciones realizadas en la presente sección pueden variar de un testeo a otro, siguiendo los objetivos de cada simulación.



La **interfase visual** de la simulación es simplemente un medio para interactuar de forma más fácil con el modelo y poder visualizar las variables principales durante la misma.

Está compuesta por dos partes principales. En una se presenta el lay-out de la planta y en el se puede ver el movimiento de entidades y recursos a medida que avanza la simulación. Hace las veces de “filmación” de la operatoria de la planta durante la corrida. Vale aclarar que lo que se ve son solamente los procesos reales, y no los procesos lógicos que rigen el modelo.

Por otra parte, se muestra una serie de gráficos y variables que hacen las veces de muestra del estado del sistema e indicadores de performance. Su contenido puede cambiar de acuerdo a las variables principales del testeo que se quiera realizar.

Resulta muy útil contar con esta interfase visual ya que se constituye como la herramienta fundamental para mostrar la operatoria de la simulación y su potencial a personas que no conocen la herramienta. También resulta muy útil para detectar disfuncionamientos y oportunidades de mejora de forma simple y rápida.

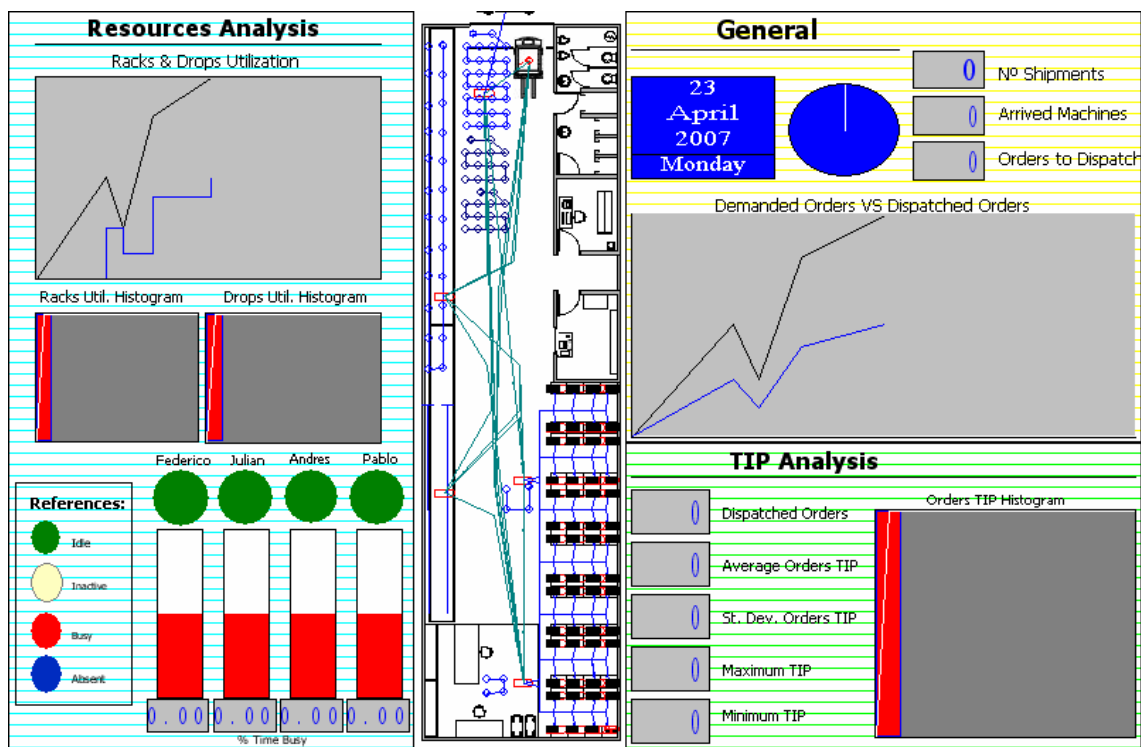


Figura 4.1. Imagen de la interfase visual del modelo de simulación

#### 4.1.5 Variables de Control

Las variables de control del modelo tienen relación principalmente con el recurso de mano de obra y con el arribo de contenedores de máquinas. Puntualmente, las variables de control principales son:

- La periodicidad de los arribos de envíos de máquinas

- La cantidad de máquinas por envío
- La cantidad de técnicos y su polivalencia

Por otra parte, existen variables de control secundarias que pueden ser modificadas en caso de que un testeo lo requiera:

- Capacidad de los racks
- Cantidad de estaciones de trabajo
- Ocurrencia y tiempo insumido por defectos
- Ocurrencia de otras aleatoriedades no proyectadas

### **4.1.6 Agentes y Decisiones**

La simulación es realizada con el doble objetivo de incluirse en la presente tesis y de ser presentada a la empresa para su análisis. Se espera que las conclusiones emanadas de ella sean útiles para la empresa y puedan tomarse decisiones a partir de ellas. Se espera también que el contenido académico de la misma sea positivamente valorado por los evaluadores.

## 4.2 Modelo de Datos

En cuanto al mix de productos, se tomaron como referencia los datos relevados por la empresa para las ventas ya realizadas. Los datos utilizados en la simulación prácticamente copia nos datos históricos y proyectados ya presentados.

De esta forma, pueden definirse tres configuraciones principales:

Tipo	Coin Acceptor	Hopper	Bill Acceptor	Printer
1	Si	Si	Si	No
2	No	No	Si	Si
3	Si	Si	Si	Si

Tabla 4.1. Configuraciones principales de las máquinas

El mix de ventas esperable se mantendría constante según estimaciones de la empresa. De esta forma:

Tipo	Participación (%)
1	80
2	15
3	5

Tabla 4.2. Mix de ventas

Cada una de las máquinas puede ser configurada con distintos juegos. Los juegos disponibles van variando a lo largo del tiempo, reponiéndose los más viejos por otros más recientes. Para los fines de la simulación, se asume que existen 8 juegos

Juego	Participación (%)
1	50
2	15
3	15
4	10
5	5
6	3
7	1
8	1

Tabla 4.3. Participación de los distintos juegos en las ventas totales

En cuanto a la demanda de órdenes. Se consultó a responsables de la empresa por las cantidades habituales de maquinas demandadas. Al parecer no existe un parámetro de compra común. No se compran de a múltiplos de 5 o 10 o siguiendo una lógica. Cada

casa de juegos compra la cantidad que le place de acuerdo a su presupuesto, su disponibilidad de plazas y su afinidad con el producto. Concretamente, las cantidades de compra varían entre 5 y 30 máquinas por pedido, aparentemente sin mayor lógica. Por ello, se asumió una distribución de demandas de tipo uniforme entre 5 y 30. La periodicidad de la demanda es una incógnita, mismo para responsables de la empresa. Por ello, se testean diferentes escenarios.

Los arribos de máquinas ocurren en contenedores que pueden ubicar un promedio de 120 máquinas, con una dispersión de 10 máquinas. La razón de ello, es que todavía no se definió si la cantidad de máquinas por embarque será fija, siendo lo más probable que no sea así en el futuro. La explicación es que el contenedor no contiene únicamente máquinas, sino también repuestos, accesorios u otros elementos para otros sectores de la compañía. La periodicidad de los embarques es una de las variables de control, en conjunto con la llegada de órdenes.

Los horarios de trabajo de los técnicos en la simulación, siguen lo que sucede en la realidad. De esta forma:

Técnico	A	B	C	D
Horario Entrada	09:00	09:00	09:00	09:00
Horario Salida	18:00	18:00	18:00	16:00
Horario Almuerzo	13:00 - 14:00	13:00 - 14:00	13:00 - 14:00	13:00 - 14:00

Tabla 4.4. Horarios de los técnicos

La cantidad de ausentismo está calculada a partir de los medios de la industria. De esta forma, se asumieron:

Técnico	A	B	C	D
Ausentismo medio	1 falta / 70 días	1 falta / 70 días	1 falta / 70 días	1 falta / 50 días

Tabla 4.5. Ausentismo de los técnicos

La razón del mayor promedio de ausentismo del operario D radica en que se encuentra estudiando, y, por consiguiente, es más probable que se ausente aduciendo necesidad de días de estudio o preparación de trabajos.

La capacidad de los racks fue fijada en 40 palets al igual que sucede en la realidad. La posibilidad de incorporar un tercer piso de almacenamiento aumentando la capacidad a 60 palets puede ser testada.

La cantidad de drops a utilizar en la simulación fue fijada en 56 unidades. La razón es que se asume que se incorporan los cambios de lay-out propuestos. Se asume también que existen 56 salidas de red para alimentar los drops en situaciones de testeo. Esto es lógico pues, una vez adoptada la nueva configuración, aumentar las salidas de red no supone inconvenientes.

En cuanto a las distancias que debe moverse el clark y su velocidad, se intentó reflejar la realidad de la planta. Las distancias tomadas son:

Referencias	
1	Zona arribo de palets
2	Acceso rack máquinas sin procesar
3	Acceso rack máquinas procesadas
4	Zona picking máquinas sin procesar
5	Zona picking máquinas procesadas
6	Zona de limpieza, embalaje y despacho

Distancias (m)						
	1	2	3	4	5	6
1	-	12	18	30	20	3
2	12	-	10	20	6	10
3	18	10	-	10	10	15
4	30	20	10	-	8	25
5	20	6	10	8	-	20
6	3	10	15	25	20	-

Tabla 4.6. Distancias entre distintos puntos de la planta

La velocidad del clark fue estimada en un promedio de 1 metro/segundo.

Las operaciones que se realizan sobre las máquinas tienen tiempos bastante definidos. La razón es que las taras se encuentran bien establecidas y practicadas por los técnicos. El método para determinarlos fue a través de entrevistas y, luego, toma de tiempos in situ. En general, los tiempos declarados y medidos fueron similares. A los fines de la simulación, y de reflejar la realidad, se tomaron márgenes en dichos tiempos. En casi todos los casos se asumió que la distribución de probabilidad de dichos tiempos es triangular con media en el valor declarado y dispersión dependiente del tipo de tarea. A tareas más definidas, menos dispersión y a tareas más complejas o sujetas a aleatoriedades, mayor dispersión.

Tarea	Tiempo mínimo	Tiempo medio	Tiempo máximo	Distribución de probabilidad
Grabado del juego	9	10	11	Triangular
Colocación de vidrio superior y sus gráficas	6	8	10	Triangular
Colocación de vidrio lateral y sus gráficas	6	8	10	Triangular
Colocación de vidrio inferior y su tubo de iluminación	6	7	8	Triangular
Limpieza	7	10	13	Triangular
Embalaje	7	10	13	Triangular

Tabla 2.7. Tiempos y distribuciones de las tareas que se realizan

En cuanto al testeo que realizan los operarios sobre las máquinas, se intentó determinar el tiempo de cada prueba por separado. Según las declaraciones de los técnicos, es más fácil estimar los tiempos de prueba en su conjunto. Eso fue realizado y los valores obtenidos, utilizados en la simulación:

Tarea	Tiempo mínimo	Tiempo medio	Tiempo máximo	Distribución de probabilidad
Prueba Botones	20	25	30	Uniforme
Prueba Hopper				
Prueba Tower Lamp				
Prueba Llaves				
Prueba Puerta				
Prueba Bill y Coin Acceptor				

Tabla 4.8. Tiempos y distribución de las pruebas que se realizan

Durante estos testeos pueden detectarse o surgir fallas por reparar. La probabilidad de ocurrencia de fallas fue un tema conflictivo a la hora de estimarlas. La realidad es que existían muchas fallas cuando comenzó la operatoria de la planta, pero luego comenzaron a descender notoriamente. El escenario que se tomó para la realización de la simulación no fue ni optimista ni pesimista, sino un intermedio entre ambas posturas:

Defecto	Probabilidad de ocurrencia (%)	Tiempo mínimo para reparación	Tiempo medio para reparación	Tiempo máximo para reparación	Distribución de probabilidad
Botones	70	10	20	180	Discreta
Hopper	25	5	6	10	Triangular
Tower Lamp	1	5	10	15	Uniforme
Llaves	1	10	20	30	Uniforme
Puerta	1	20	25	30	Uniforme
Bill y Coin Acceptor	1	3	4	5	Uniforme

Tabla 4.9. Probabilidades, tiempos y distribuciones de ocurrencia de defectos

### 4.3 Modelo Operacional

La cantidad de corridas a realizar se estableció en 50 para cada uno de los escenarios a simular. Esta cantidad de corridas reduce sensiblemente el porcentaje de error de las variables resultantes y no llega a ser un número excesivamente grande que genere tiempos de simulación demasiado grandes.

En todos los casos, se simulan periodos de tiempos de un año, lo cual se considera lo suficientemente grande como para extraer conclusiones valederas y no demasiado grande fallando por ser poco realista en la situación que testea.

No se considera necesario contar con un periodo de warm up o calentamiento. La razón es que apenas empieza a correr el modelo ya ocurre la primera llegada de máquinas y se comienzan a extraer datos importantes.

Plan de pruebas:

La información que se obtendrá en cada caso es:

- Saturación de cada técnico
- Tiempo medio de entrega de las ordenes
- Desvío del tiempo medio de la entrega de órdenes
- Ocupaciones de racks y drops

Asimismo, se prestará especial atención a:

- Los tiempos de entrega de las últimas órdenes no se solape con la llegada del contenedor siguiente.
- No se colme la capacidad productiva de la planta

Se intenta arribar a la configuración productiva óptima para cada caso testado. Finalmente, se intenta arribar a definir la capacidad productiva máxima de la planta.





## CAPÍTULO V. RESULTADOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

### 5.1 Escenario 1: Arribos de contenedores cada tres semanas con dotación de cuatro técnicos

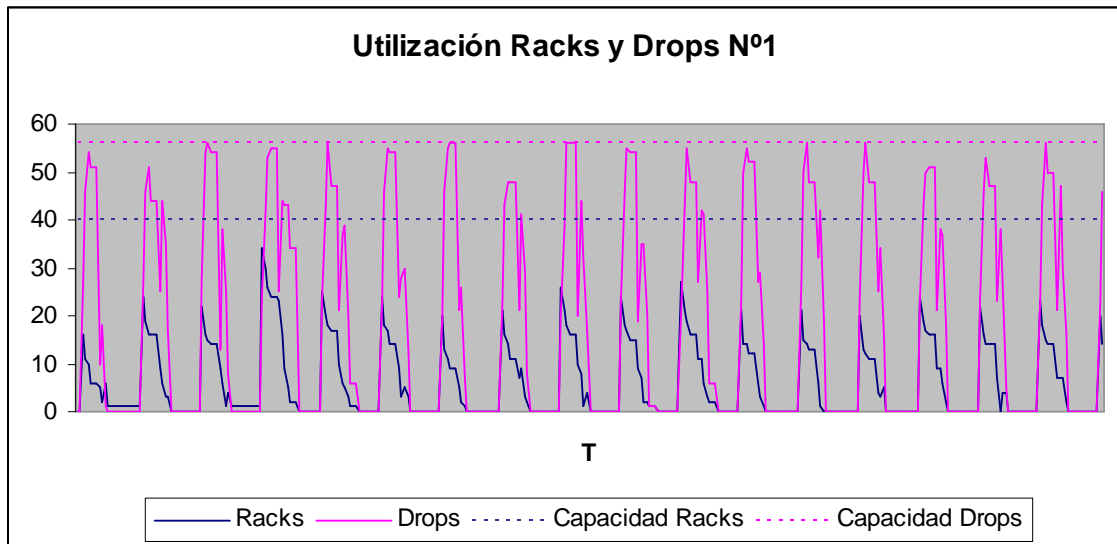


Figura 5.1. Utilización racks y drops bajo escenario 1

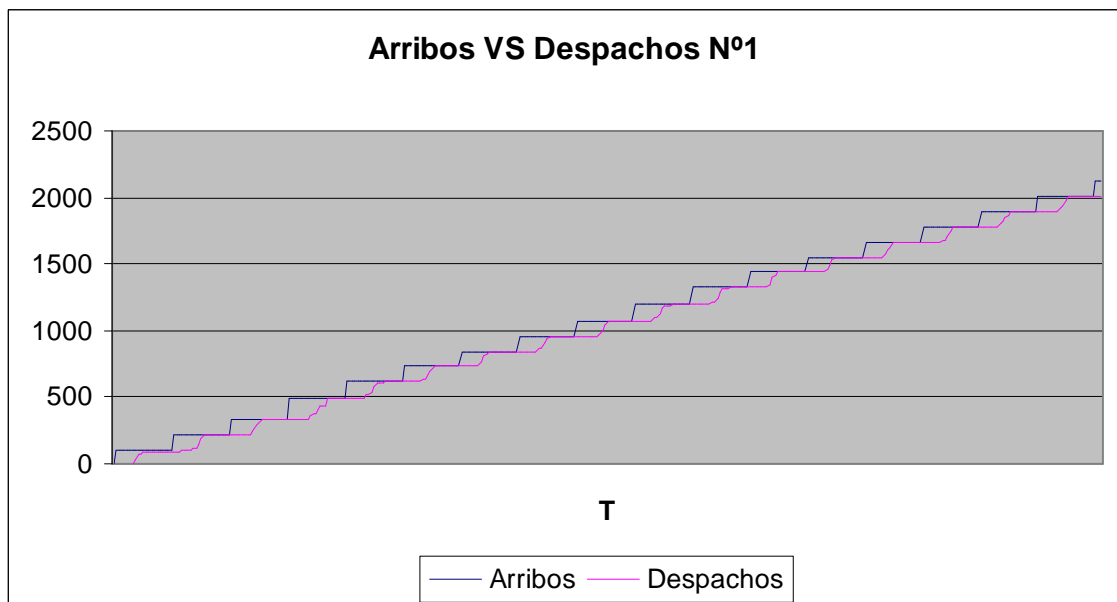


Figura 5.2. Arribos y despachos bajo escenario 1

Indicadores

Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 237.5 hs

Desvío de Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 62.3 hs

Tiempo máximo de procesamiento (por entrega) = 336,5 hs

Tiempo mínimo de procesamiento (por entrega) = 110.2 hs

Utilización de recursos

Saturación operario A = 0.48

Saturación operario B = 0.48

Saturación operario C = 0.48

Saturación operario D = 0.48

Máxima utilización de racks = 34 posiciones

Bajo arribos cada tres semanas con la dotación actual de cuatro técnicos, se observa que puede realizarse una operatoria holgada de la planta. Los operarios se encuentran muy poco saturados (ocupados menos de la mitad de su tiempo) y también los medios. Puede observarse que luego del arribo de un contenedor con pedidos, este se procesa y se realizan las entregas correspondientes, pero luego la planta se encuentra vacía y los recursos ociosos hasta el siguiente arribo. El tiempo promedio de procesamiento de las entregas es de 10 días.

Puede testearse entonces el arribo de contenedores con una periodicidad menor. Se realiza para un tiempo de 2 semanas.

## 5.2 Escenario 2: Arribos de contenedores cada dos semanas con dotación de cuatro técnicos

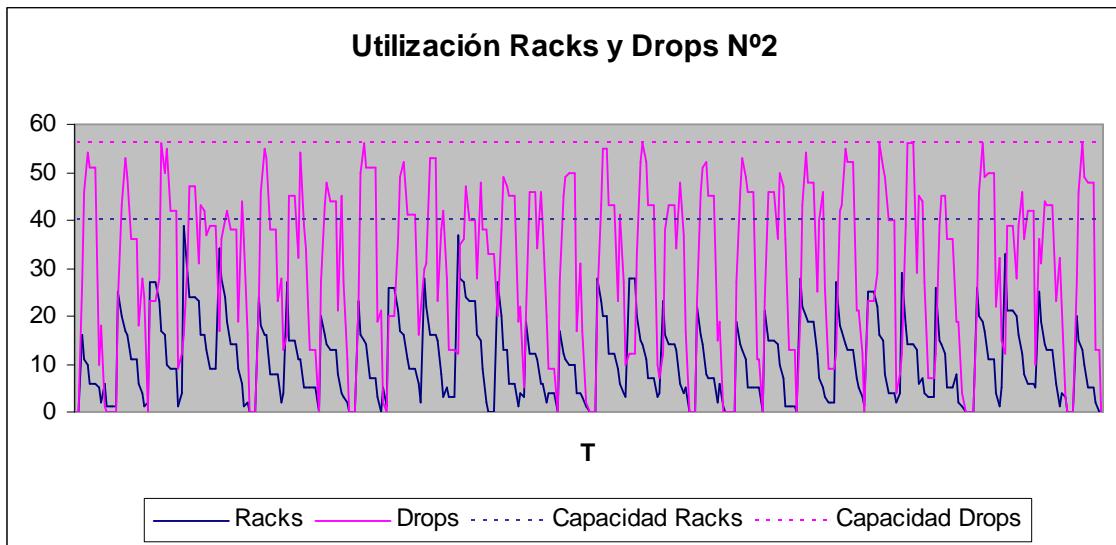


Figura 5.3. Utilización racks y drops bajo escenario 2

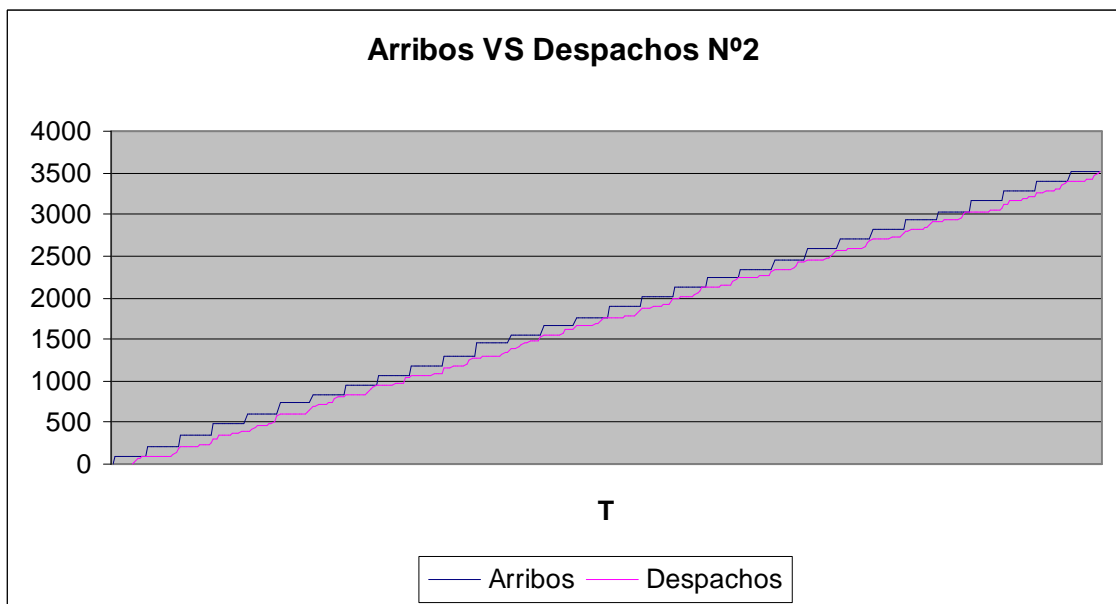


Figura 5.4. Arribos y despachos bajo escenario 2

### Indicadores

Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 252.3 hs

Desvío de Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 70.6 hs

Tiempo máximo de procesamiento (por entrega) = 340,1 hs

Tiempo mínimo de procesamiento (por entrega) = 107.6 hs

Utilización de recursos

Saturación operario A = 0.64

Saturación operario B = 0.64

Saturación operario C = 0.64

Saturación operario D = 0.64

Máxima utilización de racks = 34 posiciones

Bajo arribos cada dos semanas, los recursos se encuentran bajo una mayor saturación. Igualmente los tiempos de entrega no difieren significativamente. En general siguen existiendo tiempos ociosos entre el fin del procesamiento de un embarque y la llegada del siguiente, aunque no es así siempre. Es por ello que el tiempo promedio de entrega aumenta levemente

Puede testearse entonces la periodicidad mínima, bajo los recursos actuales, con la que pueden arribar los embarques.

### 5.3 Escenario 3: Arribos de contenedores cada doce días con dotación de cuatro técnicos

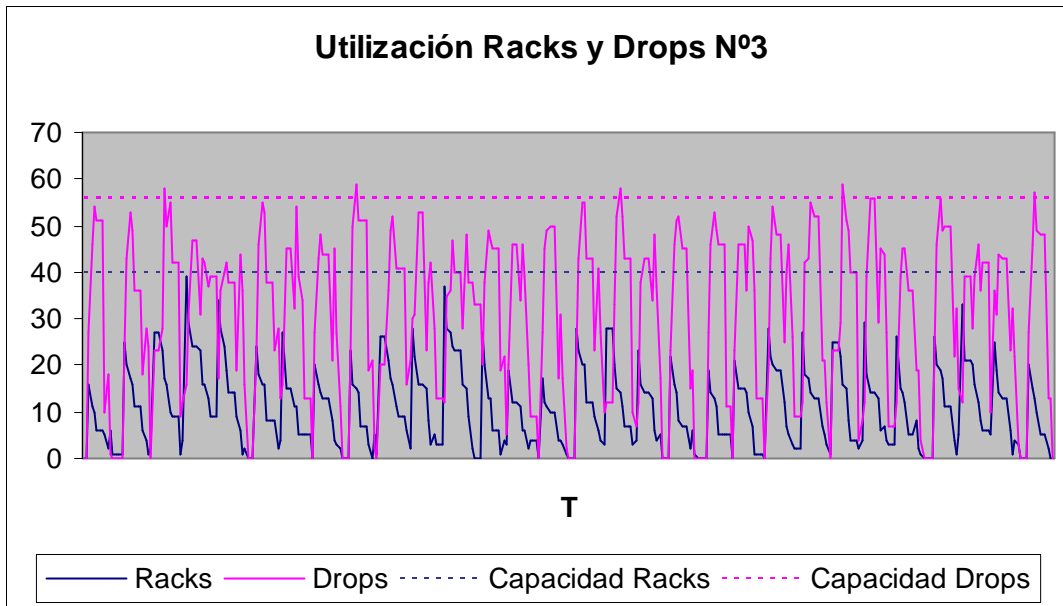


Figura 5.5. Utilización racks y drops bajo escenario 3

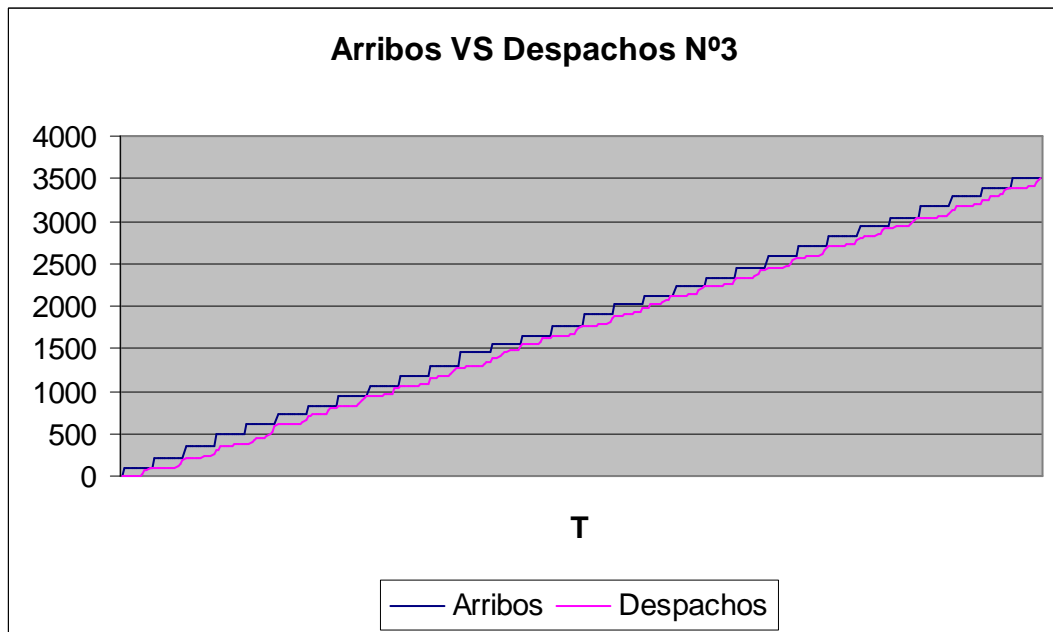


Figura 5.6. Arribos y despachos bajo escenario 3

#### Indicadores

Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 258.2 hs

Desvío de Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 72.4 hs

Tiempo máximo de procesamiento (por entrega) = 490,75 hs

Tiempo mínimo de procesamiento (por entrega) = 114.1 hs

Utilización de recursos

Saturación operario A = 0.85

Saturación operario B = 0.85

Saturación operario C = 0.85

Saturación operario D = 0.85

Máxima utilización de racks = 39 posiciones

Esta es la situación en que, contando con los recursos actuales, se trabaja casi en saturación. Ello significa que, con los recursos actuales, la planta está en condiciones de producir 3500 máquinas por año.

A partir de los tres escenarios presentados puede deducirse también que la relación racks/drops es adecuada. Aumentar la cantidad de uno de dichos recursos sin hacerlo con la del otro, no sería útil.

A continuación se muestra los resultados de la simulación que, bajo los recursos actuales, recibe embarques una vez por semana. Se muestra como, previsiblemente, la planta se encuentra superada en capacidad.

### 5.4 Escenario 4: Arribo de un contenedor por semana con dotación de cuatro técnicos

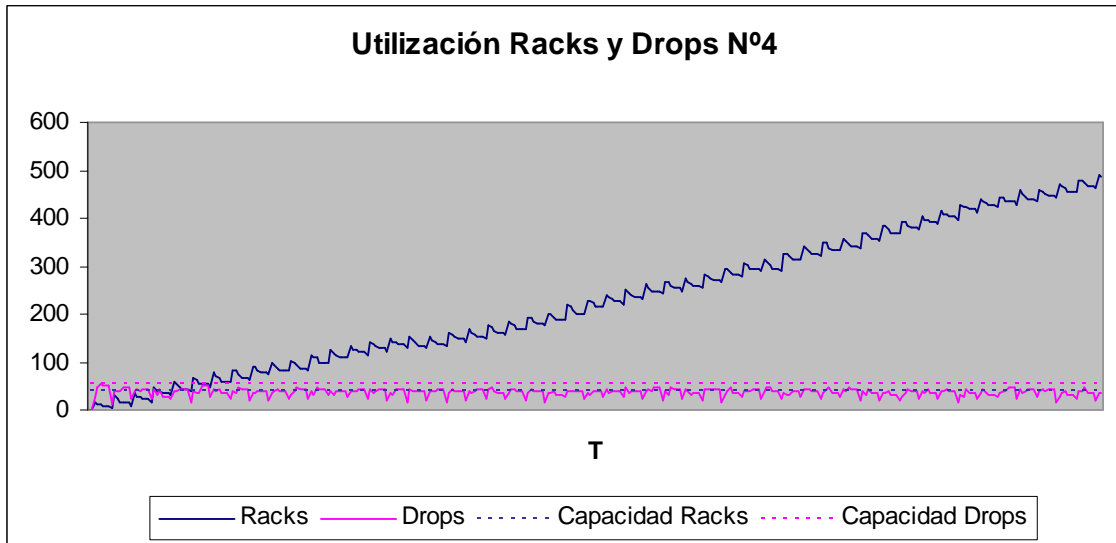


Figura 5.7. Utilización racks y drops bajo escenario 4

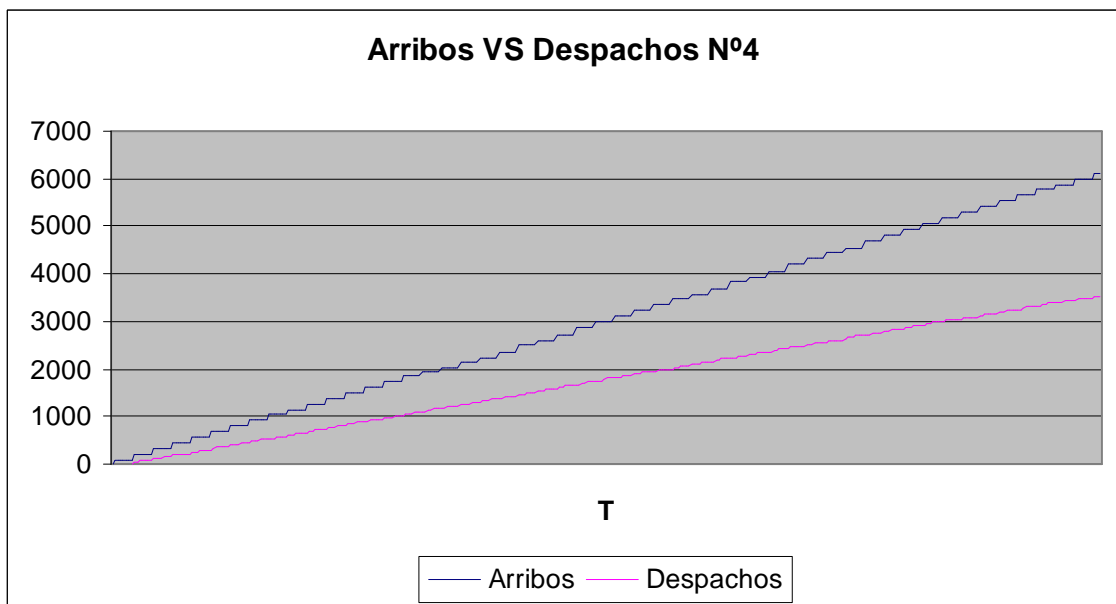


Figura 5.8. Arribos y despachos bajo escenario 4

#### Utilización de recursos

Saturación operario A = 1

Saturación operario B = 1

Saturación operario C = 1

Saturación operario  $D = 1$

Bajo arribos semanales y los recursos actuales, la planta se encuentra excedida de capacidad.

Sabiendo que la planta no puede recibir más de un embarque al mismo tiempo (porque sus recursos de racks y drops tendrían que ser mucho mayores) y que no es esperable el arribo de más de un embarque semanal, se buscó, variando los recursos, el escenario bajo el cual se puede librar con dicha periodicidad.



### 5.5 Escenario 5: Arribo de un contenedor por semana con dotación de seis técnicos

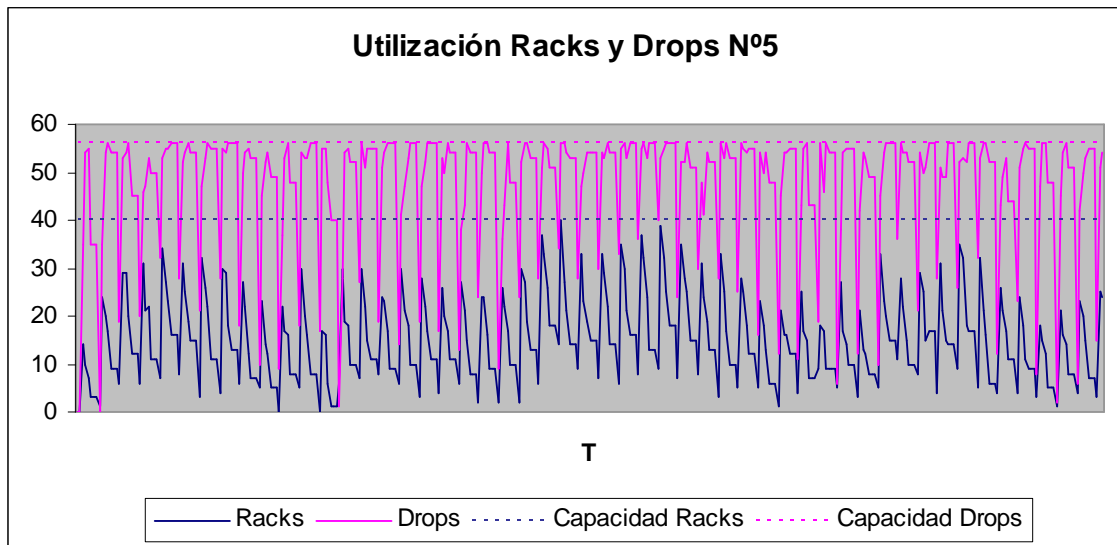


Figura 5.9. Utilización racks y drops bajo escenario 5

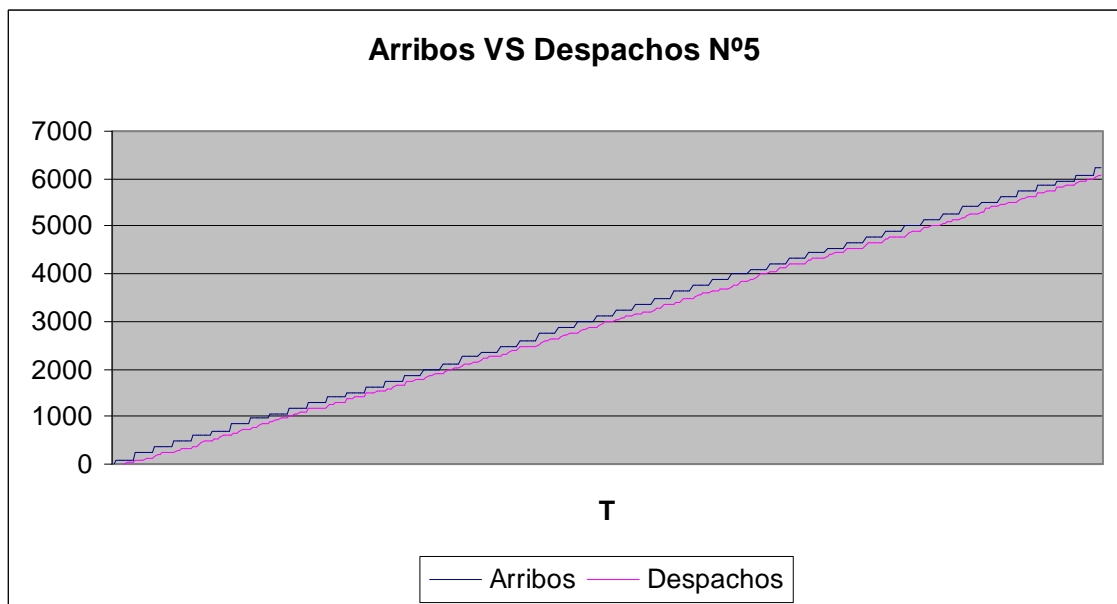


Figura 5.10. Arribos y despachos bajo escenario 5

#### Indicadores

Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 206.4 hs

Desvío de Tiempo promedio de procesamiento (por entrega) = 45.8 hs

Tiempo máximo de procesamiento (por entrega) = 352,7 hs

Tiempo mínimo de procesamiento (por entrega) = 100.5 hs

Utilización de recursos

Saturación operario A = 0.96

Saturación operario B = 0.96

Saturación operario C = 0.95

Saturación operario D = 0.95

Saturación operario E = 0.95

Saturación operario F = 0.95

Máxima utilización de racks = 40 posiciones

Bajo arribos semanales de contenedores, se requieren dos técnicos adicionales. En tal caso, la planta operaría casi saturada. El tiempo promedio de entrega sería de poco más de ocho días.

Podría testearse una situación de arribos menores a una semana con mayores recursos, pero dicho escenario no sería realista. Ya operar con seis técnicos sería bastante impráctico por el poco espacio de la planta y las mesas de trabajo. De hecho, hasta puede esperarse que la situación de arribos semanales con seis empleados también sea lo suficientemente incómoda y problemática como para considerar una mudanza. Por tal razón, se establece una capacidad de trabajo de 3500 máquinas por año para trabajar de forma adecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

Adesola, S & Baines, T. 2005. Developing and evaluating a methodology for business process improvement. Journal: Business Process Management Journal. Volumen 11. Páginas 37 – 46.

Bahrami, A. & Beahrami, S. 1998. Enterprise architecture for business process simulation. Simulation Conference Proceedings. Volumen 2. Páginas 1409-1413.

Ballou, R. 2004. Logística - Administración de la cadena de suministro. Pearson

Banks, Jerry et al. 2001. Discrete-event system simulation. New Jersey. Prentice Hall.

Chang, L & Powell, P. 1998. Towards a framework for business process re-engineering in small and medium-sized enterprises. Info Systems J. Volumen 8. Páginas 199-215.

Grünberg, T. 2004. Performance improvement: Towards a method for finding and prioritising potential performance improvement areas in manufacturing operations. Journal: International Journal of Productivity and Performance Management. Volumen 53. Páginas 52 – 71.

Gutierrez Pulido, H. 1998. Calidad Total y productividad. México. McGraw Hill.

Gutierrez Pulido, H. 2004. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México. McGraw Hill.

Gutiérrez Casas, G. & Prida Romero, B. 1998. Logística y distribución física. Madrid. McGraw Hill.

Hammer & Champy, J. 1993. Reengineering the Corporation - A Manifesto for Business Revolution. London. Nicholas Brealey Publishing.

Jarrar, Y. & Aspinwall, E. 1999. Business process re-engineering: Learning from organizational experience. Total Quality Management. Volumen 10. Páginas 173-186.

Kelton, W. & Sadowski, R. 2002. Simulation with Arena. McGraw Hill

Mitra, A. 1998. Fundamentals of Quality Control and Improvement. New Jersey. Prentice Hall.

Oficina Internacional del Trabajo. 1999. Introducción al Estudio del Trabajo. Noriega Limusa. Cuarta Edición (Revisada).

Raymond, L. et al. 1998. Determinants of Business Process Reengineering Success in Small and Large Enterprises: An Empirical Study in the Canadian Context. *Journal of Small Business Management*.

Render, B. & Heizer, J. 2004. *Principios de Administración de las Operaciones*. Prentice Hall. Quinta Edición.

Ross, S. 1999. *Simulación*. México. Prentice Hall.

Sipper, D. 1998. *Planeación y Control de la Producción*. Mc Graw Hill

Vesna Bosilj-Vuksic, et al. 2007. Criteria for the Evaluation of Business Process Simulation Tools. *Interdisciplinary Journal of Information Knowledge and Management*. Volumen 2.

Villamil, S. 2006. Optimización del sector de espumado de la empresa Arneg S.A. Aplicación de un modelo de simulación. Tesis de grado de Ingeniería Industrial. ITBA

Webster, D. & Black, M. 1998. Business process re-engineering: A case study of a developmental approach. *Total Quality Management*. Volumen 9. Páginas 369-378.

Zairi, M. 1997. Business process management: a boundaryless approach to modern competitiveness. *Business Process Management Journal*. Volumen 3. Páginas 64 – 80.