



UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**CONSTRUCCIÓN DE ENTORNOS LEAN EN  
MINECRAFT**

**Autor(es):**

**Lindo Salado-Echeverría, César**

**Tutor(es):**

**Sanz Angulo, Pedro**

**Departamento de Organización**

**de Empresas y CIM**

**JULIO – 2015**





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

# **CONSTRUCCIÓN DE ENTORNOS LEAN EN MINECRAFT**

**Autor:**

**Lindo Salado-Echeverría, César**

**Tutor:**

**Sanz Angulo, Pedro  
Departamento de Organización  
de Empresas y CIM**

**Valladolid, Julio 2015.**





Primero, y más importante, me gustaría agradecer a mi tutor del TFG, Pedro Sanz Angulo, por su esfuerzo y dedicación. No sólo me ha guiado en la elaboración de este trabajo de fin de grado, sino que también me ha enseñado todo lo necesario por si realizo trabajos semejantes en el futuro.

También quiero mostrar mi agradecimiento a todo el personal de la Escuela de Ingeniería Industriales de Valladolid, por ayudar a formarme como Ingeniero en Organización Industrial.

A mis compañeros, con los cuales he compartido tantos buenos momentos y tantas horas de trabajo.

A mi familia y amigos tengo que darles las gracias por el apoyo recibido, ya que siempre que los he necesitado he podido contar con ellos.

A todos ellos muchas gracias.





## **RESUMEN**

Aplicar la filosofía Lean Manufacturing es una de las medidas más importantes que puede tomar una empresa para aumentar su productividad. Sin embargo, no es una tarea sencilla, por lo que es necesario considerar nuevas formas docentes que contribuyan a su formación.

En este Trabajo Fin de Grado (TFG), se ha considerado el uso de un videojuego, como es Minecraft, para crear modelos gráficos e interactivos de algunas de las herramientas más significativas de esta metodología, como son Kanban, Las 5S y Heijunka.

El principal propósito es mostrar, de forma visual y atractiva, las técnicas Lean mencionadas, favoreciendo notablemente su aprendizaje ya que los alumnos pueden interactuar con el entorno, adaptarlo y mejorarlo en base a los conocimientos que vayan adquiriendo sobre las herramientas Lean.

## **PALABRAS CLAVE**

Lean Manufacturing, Docencia, Minecraft, 5S, Kanban, Heijunka.





# ÍNDICE





## ÍNDICE DE CONTENIDOS:

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
INTRODUCCIÓN .....	3
ANTECEDENTES.....	3
MOTIVACIÓN .....	4
OBJETIVOS Y ALCANCE.....	4
ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....	5
<b>Capítulo 1. LEAN.....</b>	<b>7</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	9
1.2 FILOSOFÍA Y OBJETIVOS .....	10
1.3 PRINCIPIOS Y ELEMENTOS BÁSICOS LEAN .....	12
1.3.1 LAS 5S.....	12
1.3.2 KANBAN.....	18
1.3.3 HEIJUNKA.....	23
1.4 CONCLUSIONES .....	28
<b>Capítulo 2. MINECRAFT .....</b>	<b>29</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	31
2.2 MODOS DE JUEGO .....	32
2.3 BLOQUE COMO ELEMENTO PRINCIPAL.....	33
2.3.1 MODIFICACIÓN BLOQUES.....	34
2.3.2 CIRCUITOS DE REDSTONE.....	37
2.4 COMANDOS DE AYUDA UTILIZADOS.....	39
2.5 CONCLUSIONES .....	40
<b>Capítulo 3. 5S.....</b>	<b>41</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	43
3.2 MODELADO MINECRAFT DE UN SISTEMA 5S.....	43
3.2.1 SITUACIÓN INICIAL .....	43
3.2.2 SEIRI.....	47
3.2.3 SEITON .....	49
3.2.4 SEISO.....	53
3.2.5 SEIKETSU .....	56
3.2.6 SHITSUKE .....	60
3.3 CONCLUSIONES .....	60



**Capítulo 4. KANBAN..... 61**

4.1 INTRODUCCIÓN ..... 63  
 4.2 FUNCIONAMIENTO FÁBRICA DE MUEBLES ..... 63  
 4.3 TIPOS DE TARJETAS KANBAN..... 67  
 4.4 KANBAN, SISTEMA PULL..... 69  
 4.5 FUNCIONAMIENTO KANBAN..... 69  
     4.5.1 EJEMPLO COMPLETO KANBAN..... 74  
 4.6 CONCLUSIONES ..... 82

**Capítulo 5. HEIJUNKA..... 83**

5.1 INTRODUCCIÓN ..... 85  
 5.2 FUNCIONAMIENTO FÁBRICA POCIONES ..... 85  
 5.3 PRINCIPIOS HEIJUNKA ..... 91  
     5.3.1 CÉLULAS DE TRABAJO..... 92  
     5.3.2 FLUJO CONTINUO..... 94  
     5.3.3 TAKT TIME ..... 96  
     5.3.4 NIVELACIÓN Y CASILLERO HEIJUNKA..... 96  
 5.4 CONCLUSIONES ..... 99

**Capítulo 6. ESTUDIO ECONÓMICO..... 101**

6.1 INTRODUCCIÓN ..... 103  
 6.2 PERSONAL IMPLICADO ..... 103  
 6.3 ESTUDIO ECONÓMICO..... 104  
     6.3.1 HORAS EFECTIVAS Y TASAS HORARIAS ..... 104  
     6.3.2 CÁLCULO DE LAS AMORTIZACIONES DEL EQUIPO..... 106  
     6.3.3 COSTE MATERIAL CONSUMIBLE..... 107  
     6.3.4 COSTES INDIRECTOS ..... 107  
     6.3.5 TIEMPOS DE CADA FASE DEL PROYECTO..... 108  
 6.4 COSTES ASIGNADOS A CADA FASE DEL PROYECTO ..... 109  
     6.4.1 PLANIFICACIÓN GENERAL..... 109  
     6.4.2 ESTIMACIÓN DE RECURSOS TIEMPOS Y COSTES..... 109  
     6.4.3 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN ..... 110  
     6.4.4 DESARROLLO DEL TFG ..... 111  
     6.4.5 EDICIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN..... 111  
 6.5 RESULTADOS FINALES ..... 112  
     6.5.1 CÁLCULO TIEMPOS TOTALES ..... 112  
     6.5.2 CÁLCULO COSTES FINALES..... 113

**CONCLUSIONES..... 115**

INTRODUCCIÓN ..... 117





CONCLUSIONES ..... 117  
LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO ..... 119  
**BIBLIOGRAFÍA..... 121**



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

<b>Capítulo 1. LEAN</b> .....	<b>7</b>
Figura 1.1 Herramientas Lean (Rajadell, 2010).....	9
Figura 1.2 Cinco ceros (Sanz, 2014) .....	11
Figura 1.3 5S (Roots, 2015).....	13
Figura 1.4 Seiri (Roots, 2015) .....	13
Figura 1.5 Seiton (Roots, 2015).....	14
Figura 1.6 Seiton segunda parte (Roots, 2015).....	15
Figura 1.7 Seiso (Roots, 2015) .....	15
Figura 1.8 Seiketsu (Roots, 2015) .....	16
Figura 1.9 Shitsuke (Roots, 2015).....	17
Figura 1.10 Esquema sistema Push (Roots, 2015).....	19
Figura 1.11 Esquema sistema Pull (Roots, 2015).....	19
Figura 1.12 Kanban de producción (Roots, 2015).....	22
Figura 1.13 Kanban de transporte (Roots, 2015).....	22
Figura 1.14 Las 3Ms (Sanz, 2014).....	24
Figura 1.15 Diferencias consumo medio y real de un recurso (Sanz, 2014).....	27
Figura 1.16 Casillero Heijunka (Sanz, 2014) .....	27
<b>Capítulo 2. MINECRAFT</b> .....	<b>29</b>
Figura 2.1 Logo de Mojang (Mojang, 2015) .....	31
Figura 2.2 Bloques disponibles en Minecraft (Minecraftwiki, 2015).....	34
Figura 2.3 Crafting (Minecraft, 2015) .....	35
Figura 2.4 Crafting mesa (Minecraft, 2015) .....	35
Figura 2.5.Crafting dispensador (Minecraftwiki, 2015) .....	36
Figura 2.6 Fundición (Minecraftwiki, 2015) .....	36
Figura 2.7 Fundición patata (Minecraftwiki, 2015).....	36
Figura 2.8 Soporte para pociones (Minecraft, 2015) .....	37
Figura 2.9 Puertas lógicas Minecraft (Minecraftwiki, 2015).....	38
<b>Capítulo 3. 5S</b> .....	<b>41</b>
Figura 3.1 Flujograma productivo 5s (Elaboración propia).....	44
Figura 3.2 Situación inicial azúcar (Minecraft, 2015) .....	45
Figura 3.3 Situación inicial huevos y calabazas (Minecraft, 2015).....	45
Figura 3.4 Situación inicial tarta de calabaza (Minecraft, 2015) .....	46
Figura 3.5 Situación inicial global (Minecraft, 2015).....	47
Figura 3.6 Seiri separar objetos necesarios (Minecraft, 2015) .....	48
Figura 3.7 Seiri objetos uso poco frecuente (Minecraft, 2015) .....	48
Figura 3.8 Seiri global (Minecraft, 2015) .....	49
Figura 3.9 Seiton máquina recolectora (Minecraft, 2015).....	50
Figura 3.10 Seiton recogida huevos (Minecraft, 2015) .....	51



Figura 3.11 Seiton mesa tartas (Minecraft, 2015).....	51
Figura 3.12 Seiton vista aérea (Minecraft, 2015) .....	52
Figura 3.13 Seiton global (Minecraft, 2015) .....	53
Figura 3.14 Seiso limpieza (Minecraft, 2015) .....	54
Figura 3.15 Seiso recolector (Minecraft, 2015).....	54
Figura 3.16 Seiso recogedor huevos (Minecraft, 2015).....	55
Figura 3.17 Seiso global (Minecraft, 2015).....	56
Figura 3.18 Seiketsu herramientas uso poco frecuente (Minecraft, 2015) .....	57
Figura 3.19 Seiketsu máquina producción cañas de azúcar (Minecraft, 2015).....	57
Figura 3.20 Seiketsu máquina recolectora de huevos (Minecraft, 2015).....	58
Figura 3.21 Seiketsu fabricación tartas (Minecraft, 2015).....	59

## Capítulo 4. KANBAN..... 61

Figura 4.1 Flujograma productivo Kanban (Excel, 2015) .....	64
Figura 4.2 Recepción pedidos Kanban (Minecraft, 2015).....	64
Figura 4.3 Mesas trabajo Kanban (Minecraft, 2015).....	65
Figura 4.4 Carretillas Kanban (Minecraft, 2015).....	66
Figura 4.5 Vista general Kanban (Minecraft, 2015) .....	66
Figura 4.6 Tarjeta Producción Kanban (Minecraft, 2015).....	67
Figura 4.7 Tarjeta Transporte Kanban (Minecraft, 2015).....	68
Figura 4.8 Situación Inicial cartel Kanban (Minecraft, 2015) .....	70
Figura 4.9 Consumo madera cartel Kanban (Minecraft, 2015) .....	70
Figura 4.10 Carga contenedor cartel Kanban (Minecraft, 2015) .....	71
Figura 4.11 Traslado contenedor cartel Kanban (Minecraft, 2015).....	71
Figura 4.12 Cambio placas cartel Kanban (Minecraft, 2015).....	72
Figura 4.13 Contenedor vacío cartel Kanban (Minecraft, 2015) .....	72
Figura 4.14 Contenedor llenado cartel Kanban (Minecraft, 2015) .....	73
Figura 4.15 Vuelta situación inicial cartel Kanban (Minecraft, 2015) .....	73
Figura 4.16 Muestra lámpara Kanban (Minecraft, 2015) .....	74
Figura 4.17 Cama esquema Kanban (Minecraft, 2015).....	75
Figura 4.18 Cama pedido Kanban (Minecraft, 2015).....	76
Figura 4.19 Cama transporte CT5 Kanban (Minecraft, 2015).....	76
Figura 4.20 Cama fabricación CT4 Kanban (Minecraft, 2015).....	77
Figura 4.21 Cama producción CT4 Kanban (Minecraft, 2015).....	77
Figura 4.22 Cama transporte CT4 Kanban (Minecraft, 2015).....	78
Figura 4.23 Cama producción CT2 Kanban (Minecraft, 2015).....	78
Figura 4.24 Cama fabricación CT2 Kanban (Minecraft, 2015).....	79
Figura 4.25 Cama final CT2 Kanban (Minecraft, 2015).....	79
Figura 4.26 Cama producción CT1 Kanban (Minecraft, 2015).....	80
Figura 4.27 Cama fabricación CT1 Kanban (Minecraft, 2015).....	80
Figura 4.28 Cama final CT1 Kanban (Minecraft, 2015).....	81
Figura 4.29 Cama final CT4 Kanban (Minecraft, 2015).....	81

## Capítulo 5. HEIJUNKA..... 83

Figura 5.1 Flujograma productivo Heijunka (Elaboración propia).....	86
---	----



<b>Figura 5.2</b> Situación inicial global Pociones (Minecraft, 2015) .....	86
<b>Figura 5.3</b> Situación inicial CT1 Pociones (Minecraft, 2015) .....	87
<b>Figura 5.4</b> Situación inicial CT2 Pociones (Minecraft, 2015) .....	88
<b>Figura 5.5</b> Situación inicial CT21 Pociones (Minecraft, 2015) .....	88
<b>Figura 5.6</b> Situación inicial CT22 Pociones (Minecraft, 2015) .....	89
<b>Figura 5.7</b> Situación inicial CT11 Pociones (Minecraft, 2015) .....	90
<b>Figura 5.8</b> Situación inicial CT3 Pociones (Minecraft, 2015) .....	90
<b>Figura 5.9</b> Células de trabajo orden CT1-CT2 (Minecraft, 2015) .....	92
<b>Figura 5.10</b> Células de trabajo U CT1 (Minecraft, 2015).....	93
<b>Figura 5.11</b> Células de trabajo botón anti error CT1 (Minecraft, 2015).....	94
<b>Figura 5.12</b> Flujo continuo tarjetas Kanban CT1-CT2 (Minecraft, 2015).....	95
<b>Figura 5.13</b> Flujo continuo transporte CT3 (Minecraft, 2015) .....	95
<b>Figura 5.14</b> Casillero Heijunka pociones (Minecraft, 2015) .....	97
<b>Figura 5.15</b> Casillero Heijunka código colores pociones (Minecraft, 2015) .....	97

## **Capítulo 6. ESTUDIO ECONÓMICO..... 101**

<b>Figura 6.1</b> Organización personal implicado (Elaboración propia).....	104
<b>Figura 6.2</b> Desglose tiempos (Elaboración propia).....	112
<b>Figura 6.3</b> Desglose costes (Elaboración propia) .....	113



## ÍNDICE DE TABLAS:

<b>Capítulo 6. ESTUDIO ECONÓMICO.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 6.1</b> Horas efectivas (Elaboración propia).....	105
<b>Tabla 6.2</b> Semanas efectivas (Elaboración propia).....	105
<b>Tabla 6.3</b> Coste profesionales (Elaboración propia).....	106
<b>Tabla 6.4</b> Costes equipo informático (Elaboración propia).....	106
<b>Tabla 6.5</b> Costes material consumible (Elaboración propia).....	107
<b>Tabla 6.6</b> Costes indirectos (Elaboración propia).....	107
<b>Tabla 6.7</b> Horas dedicadas por persona (Elaboración propia).....	108
<b>Tabla 6.8</b> Costes planificación (Elaboración propia).....	109
<b>Tabla 6.9</b> Costes estimación (Elaboración propia).....	110
<b>Tabla 6.10</b> Costes obtención información (Elaboración propia).....	110
<b>Tabla 6.11</b> Costes desarrollo TFG (Elaboración propia).....	111
<b>Tabla 6.12</b> Costes obtención información (Elaboración propia).....	111
<b>Tabla 6.13</b> Costes resumen (Elaboración propia).....	112





# INTRODUCCIÓN







## INTRODUCCIÓN

La idea de este proyecto surge en el Departamento de Organización de Empresas y Comercialización e Investigación de Mercados de la Escuela de Ingenieros Industriales de Valladolid, a partir de la necesidad de explicar la filosofía del Lean Manufacturing de una manera clara y visual, ayudándonos de un videojuego como *Minecraft*.

## ANTECEDENTES

En un mundo como el actual, donde la competitividad es un factor clave, son pequeños factores los que pueden hacer que una empresa tenga éxito o, por el contrario, se vea en la obligación de salir del mercado. Para evitar esto último, es necesario trabajar siendo lo más productivos, eficiente y ágiles posible, ya que serán la empresas que mejor se adapten las que tengan más posibilidades de sobrevivir.

Ante esta situación, la filosofía *Lean Manufacturing* constituye una opción clave para que las empresas busquen aumentar su competitividad en un mundo cada vez más globalizado. Esta filosofía emplea diferentes elementos y herramientas fundamentales para el correcto desarrollo de la actividad productiva, como *las 5S, el Kanban y Heijunka*.

Estos sistemas han pasado a tener un alcance mundial y, actualmente, son utilizados en multitud de ámbitos productivos. Su implantación va a permitir aumentar nuestra productividad y, además, reducir nuestros costes. Pero no sólo va a tener estas ventajas al aplicar estas herramientas, también vamos a minimizar inventarios, tiempos de entrega, mejoraremos la situación de la planta, favorecemos el control visual,...

No obstante, estas técnicas se deben aplicar de una forma paulatina, ya que hay ciertos parámetros que son únicos para cada entorno productivo. Además, la filosofía *Lean* está estrechamente ligada con el concepto de *Kaizen* o mejora continua, por lo que nuestra situación tiene que ir mejorando con el transcurso del tiempo.

## MOTIVACIÓN

En el apartado anterior hemos visto la importancia que tiene la metodología *Lean* hoy en día. Por ello, surge la necesidad de transmitir estos conceptos a nivel docente. Este TFG persigue que los alumnos aprendan cómo funcionan y cómo deben emplearse algunas de las herramientas *Lean*.

Es muy importante que la aplicación de las técnicas de *Lean* sea la correcta, ya que si no provocamos confusión en el proceso productivo. Por esto, surge la necesidad de mostrar las distintas técnicas directamente en su aplicación, prestando especial interés a sus características físicas, implantación y funcionamiento.

Se ha elegido un videojuego como *Minecraft* para realizar este TFG, porque va a permitir mostrar de una forma atractiva y visual los distintos pasos que conforman las técnicas. Además, al utilizar un videojuego lograremos que la información se transmita de una forma amena desde un punto de vista docente.

En definitiva, se va intentar satisfacer la necesidad de mostrar al alumno la filosofía *Lean*, de una manera menos teórica, que pueda realizarse tanto dentro como fuera del aula. Así, la información llegará de una forma clara e intuitiva, satisfaciendo la necesidad de que ésta se pueda transmitir de una manera práctica.

## OBJETIVOS Y ALCANCE

El gran objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es construir modelos que permitan mostrar y explicar el funcionamiento y posibilidades de algunas herramientas *Lean* mediante el videojuego *Minecraft*, de forma que su explicación sea completa, clara e intuitiva.

A la hora de construir los modelos se va a tener que cuidar principalmente el aspecto pedagógico de este trabajo, ya que además de ser visual, las diferentes factorías tienen

que permitir ponerlas en funcionamiento. De esta forma, se dará cierto realismo al trabajo realizado.

Las herramientas del *Lean Manufacturing* que se van a explicar en este trabajo son: *Las 5S*, *Kanban* y *Heijunka*. La idea principal es construir un proceso productivo para cada una de ellas, teniendo presente que el proceso elegido tiene que intentar resaltar sus cualidades. Es importante que quede claro cuál va a ser el funcionamiento y la implantación de las técnicas utilizadas.

Para lograr este objetivo nos vamos a ayudar, como se ha comentado, de *Minecraft*. Empleando los recursos que ofrece este videojuego se van a generar elementos específicos de cada herramienta, como son los *contenedores Kanban* o el *casillero Heijunka*. En la línea del objetivo anterior, los elementos que se creen tienen que identificarse de una forma clara y, muy importante, visual.

## **ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO**

Esta memoria trata de recopilar los resultados conseguidos tras la realización de este Trabajo de Fin de Grado. Se pretende que el lector entienda la filosofía del Lean Manufacturing y que conozca algunas de las herramientas desarrolladas en este TFG

La memoria ha sido estructurada en 6 capítulos, además de la introducción, las conclusiones y un listado de la bibliografía utilizada. A continuación, se presenta de forma resumida el contenido de cada una de las partes que la conforman.

Este trabajo comienza con una breve *introducción*, que sirve como presentación del tema tratado en este TFG. Además, se justifica el trabajo y se plantean los objetivos.

El primer capítulo de la memoria introduce al lector en la filosofía *Lean Manufacturing*. En él, se van a explicar los motivos por los que surgió, en qué consiste y qué pretende

lograr. También, se van a describir las herramientas del *Lean* utilizadas en el desarrollo del presente proyecto.

Continúa con un segundo capítulo, en el que se desarrolla una pequeña guía del videojuego, *Minecraft*. En este capítulo, se expone, de manera resumida, cuál es su origen, de qué diferentes modalidades consta y cuáles son sus características y posibilidades.

En el tercer capítulo se va a describir el modelo construido para explicar la teoría de *Las 5S*. En primer lugar, se va mostrar la factoría y su funcionamiento, para después, mostrar la implantación de cada una de las “S” sobre la nave.

En el capítulo titulado *Kanban* se expone el modelo construido en este trabajo para explicar *Kanban*. Sobre la fábrica simulada se van a mostrar los elementos físicos que la componen, además de sus características prácticas y de funcionamiento.

El quinto capítulo es el dedicado la herramienta *Heijunka*. Sobre el modelo creado para este capítulo se van a mostrar los elementos físicos que se utilizan, el funcionamiento y la implantación, de las distintas partes de esta teoría.

El sexto, y último capítulo, va a ser el estudio económico. Todo proyecto debe incluir un estudio económico que aporte una idea de los costes que se ven involucrados. En este capítulo se van a detallar las partidas presupuestarias que supondría la realización de cada una de las fases de este TFG.

Tras los capítulos que componen este TFG, se presentan las conclusiones que se extraen de este trabajo. Además, se proponen una serie de líneas de mejora futuras, para así continuar con la labor aquí desarrollada.

Por último, mencionar que este TFG concluye con la bibliografía, donde se encuentran tanto los libros como las páginas web consultadas.

# Capítulo 1. LEAN





## 1.1 INTRODUCCIÓN

*Lean Manufacturing* (producción ajustada o manufactura esbelta, en castellano), es una filosofía de gestión y organización industrial desarrollada en los años 70. Taiichi Ohno es considerado el padre del Sistema de Producción Toyota (*Just In Time*), que es la base en la que se inspira toda la producción “lean”.

Asociadas a esta filosofía nos encontramos una serie de sencillas herramientas (Figura 1.1), que van a combatir los despilfarros. Se trata de eliminar todas las actividades que no añaden valor añadido al producto que recibe el cliente.



**Figura 1.1** Herramientas Lean (Rajadell, 2010)

Para explicar el origen del *Lean Manufacturing* tenemos que retroceder hasta los años 70 es Japón. Lo primero que hay que recordar es que Japón viene de una situación complicada provocada por la derrota en la Guerra del Pacífico. El país vio como desaparecieron sus infraestructuras, se destruyó su economía y perdió casi 5 millones de habitantes en ese periodo. Por si fuera poco, pasó a ser un país bajo ocupación extranjera.

Al mismo tiempo, en occidente la industria se volvió más competitiva y el cliente requería artículos de mayor calidad. Ante esta situación Japón se vio con limitaciones de recursos minerales (ya que es un pequeño territorio densamente poblado) y teniendo un embargo de petróleo como herencia de la guerra. Por todo ello, se empieza a penalizar cualquier tipo de derroche, siendo éste el germen de la filosofía *Just in Time*.

Esta filosofía demostró rápidamente que es un éxito, y en poco tiempo consiguió que Japón volviera a tener una industria competitiva, llegando a superar a las empresas occidentales tanto en precio como en calidad. Al resurgir de la industria nipona se le llamó “el milagro japonés”.

En un principio las empresas achacaron el éxito a la cultura del pueblo japonés, pero no es del todo cierto (Domínguez, 1994). En la actualidad, estas técnicas son utilizadas por empresas de todo el mundo, aglutinando cada vez más herramientas.

Tras explicar su origen vamos a quedarnos con la siguiente definición, entendemos por *Lean Manufacturing* la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar (Rajadell, 2010).

## 1.2 FILOSOFÍA Y OBJETIVOS

Como casi todas las teorías de gestión empresarial el principal objetivo de la filosofía *Lean* es maximizar los beneficios para conseguirlo, lo esencial es reducir los costes (eliminar los despilfarros) y trabajar únicamente para dar valor añadido a nuestro producto. Por tanto (Ruiz, 2007):

$$\text{Beneficio} = \text{Precio de venta} - (\text{Valor} + \text{Despilfarro})$$

(1.1)

Para Taiichi Ohno son siete los tipos de despilfarros que tiene que eliminar toda organización:

- ✓ Exceso de producción
- ✓ Tiempo de espera
- ✓ Transporte
- ✓ Desperdicio de proceso



- ✓ Movimientos
- ✓ Fabricar piezas y productos defectuosos
- ✓ Stocks

En 1984 Georges Archier y Hervé Seryex, publicaron el libro *Teoría de los cinco ceros* (Figura 1.2). En este libro se detallan los despilfarros que hay que eliminar de una manera más específica en cualquier empresa, completando el trabajo realizado por Ohno:



**Figura 1.2** Cinco ceros (Sanz, 2014)

El primer punto de esta teoría es *cero defectos*, cuya idea fundamental es hacer las cosas a la primera para no tener que repetirlas. Al reducir los defectos conseguimos reducir los defectos y, de esta manera, eliminar los costes asociados a la mala calidad.

En segundo lugar están las *cero averías*. Las averías provocan retrasos y los retrasos incumplimiento de los objetivos. Estos fallos repercuten en la productividad de la empresa.

En siguiente lugar va el que es el derroche más dañino, *cero stocks*. Es el derroche más perjudicial porque sólo nos sirve para enmascarar los problemas, lo que nos retrasará a la hora de buscarlos. En la práctica es muy difícil reducir los stocks a cero, pero hay que intentar reducirlos al máximo ya que tiene numerosos costes asociados.

El siguiente punto es *cero plazos*. Hay que reducir todo lo posible los tiempos de espera, preparaciones y tránsitos, vamos a poder reducir también el tiempo de ciclo de fabricación. Esto nos va a permitir reducir los stocks y nos dotará de una mayor flexibilidad ante cualquier cambio.

Por último, *cero burocracia*; es decir, tenemos que acabar también con la llamada fábrica “oculta”. Tenemos que buscar la simplicidad, intentando evitar la carga de papel. De esta manera estaremos recortando tanto tiempos como costes, ya que la información será más rápida y precisa.

## 1.3 PRINCIPIOS Y ELEMENTOS BÁSICOS LEAN

El principal objetivo del *Lean* es evitar los despilfarros y utilizar la cantidad mínima de recursos. Son muchas las herramientas que componen *Lean Manufacturing*, por lo que únicamente vamos a explicar detenidamente las tres que desarrollaremos en *Minecraft*: *Las 5s*, *Kanban* y *Heijunka*.

### 1.3.1 LAS 5S

La teoría de *Las 5S* es una técnica de gestión japonesa, basada en una serie de principios simples y efectivos. Estas sencillas reglas las puede aplicar cualquier persona en su vida diaria y son aplicables en muchos ámbitos, no sólo en el industrial.

Nos va a ayudar físicamente a encontrarnos con un lugar de trabajo más cómodo eficiente y seguro. Para ellos vamos a plantearnos las preguntas de la Figura 1.3.

El acrónimo *5S* se corresponde con la fonética de cinco palabras japonesas que son *Seiri* (clasificación), *Seiton* (orden), *Seiso* (limpieza), *Seiketsu* (estandarización) y *Shitsuke* (disciplina).

- ¿Necesitamos todo lo que tenemos?
- ¿Tenemos todo lo que necesitamos?
- ¿Cuánto tiempo perdemos en búsquedas?
- ¿Cuánto tiempo perdemos por útiles en mal estado?



Figura 1.3 5S (Roots, 2015)

La primera regla es **Seiri**, que consiste clasificar y eliminar todos los elementos innecesarios para la tarea que se realiza (Figura 1.4). Los objetos necesarios los clasificaremos, a su vez, según su naturaleza, para facilitar su accesibilidad en caso de que se necesite su uso.



Figura 1.4 Seiri (Roots, 2015)

Al crear un entorno de trabajo “*Seiri*” nos ayudará a mejorar el control visual sobre los materiales y sobre las herramientas; de esta manera, eliminaremos casi por completo la posibilidad de pérdida de objetos.

Por último, al disponer de puestos de trabajo despejados, sin estorbos innecesarios, podemos evitar situaciones inseguras. Por ejemplo, a la hora de evacuar un puesto de trabajo, no nos encontraremos con ningún obstáculo que dificulte nuestra salida.

El siguiente paso es **Seiton**, consiste en organizar los elementos que anteriormente hemos considerado necesarios, de forma que podamos encontrarlos con la mayor facilidad posible, pero también devolverlos a su lugar de origen (Figura 1.5). De esta manera, estamos dando valor a la frase “no dejar las cosas en cualquier sitio”.

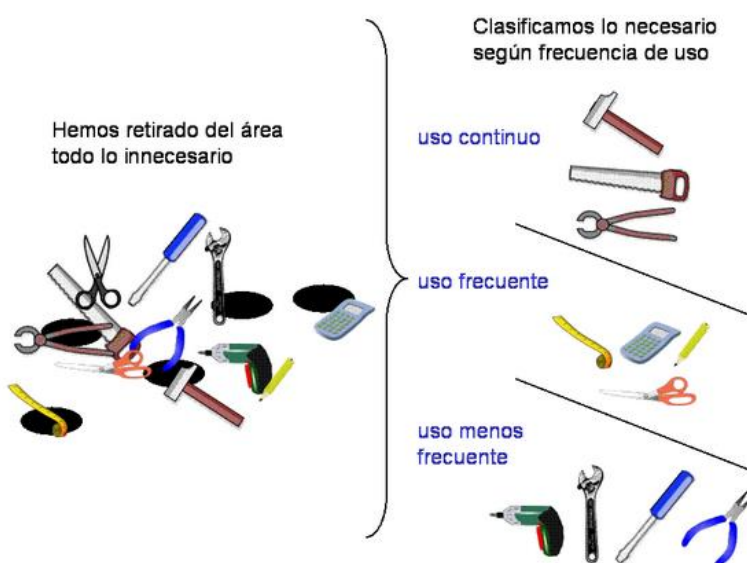


Figura 1.5 Seiton (Roots, 2015)

Dentro de esta fase están incluidas también tareas como marcar o limitar las diferentes zonas de trabajo, y también evitar todo tipo de duplicidades. Esto se resume con la frase “cada cosa en un lugar y un lugar para cada cosa”.

Para realizar el reparto de zonas, lo primero que tenemos que tener en cuenta es si la frecuencia con la que utilizaremos los distintos objetos y si están en el lugar correcto para

respetar la seguridad del recinto (Figura 1.6). Pero también tenemos que pensar en qué orden está orientado para obtener la calidad y la eficiencia de nuestros trabajadores (mejora de la productividad).

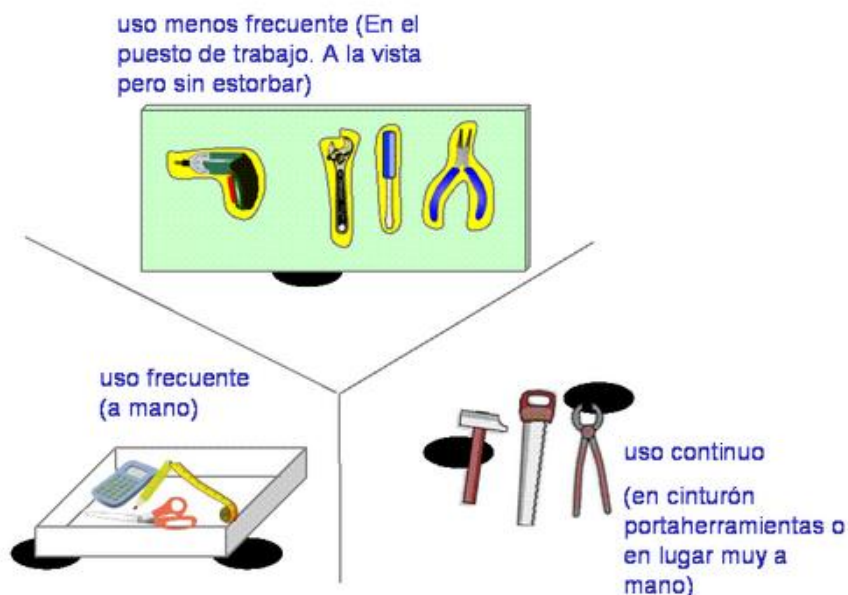


Figura 1.6 Seiton segunda parte (Roots, 2015)

**Seiso** va orientado a prevenir e identificar los defectos, tal y así anticiparse a estos. La manera de realizarlo, tal y como indica su nombre, va a ser a través de la limpieza (Figura 1.7). Este proceso está estrechamente ligado a otra herramienta *Lean*, como es, *TPM* (limpieza de equipos para su mantenimiento).

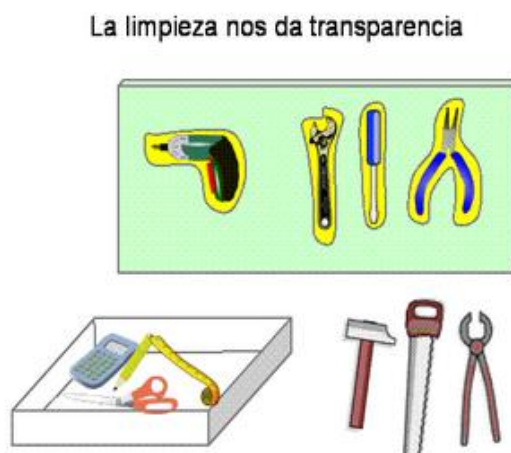


Figura 1.7 Seiso (Roots, 2015)

Para realizar esta tarea tenemos que asumir la limpieza como una inspección necesaria, como parte del trabajo diario. Pero no nos vale sólo con atacar el origen de la suciedad, sino que tenemos que prevenir sus consecuencias (tomando medidas como utilizar reubicaciones, utilizar “tapas, etc.). En definitiva, se trata de “dejar las cosas como el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de revisión de los equipos, ya que nos ayudará a identificar las averías. Por eso, aunque se trate de maquinaria que genera sus propios residuos (viruta, taladrina, aceite...), tenemos que intentar eliminarlos de raíz, ya que tenemos que mantener los equipos en buen estado. Además debemos, optimizar el tiempo dedicado a la limpieza.

La cuarta “S” es **Seiketsu**, va a ayudar a consolidar los tres primeros puntos. Su meta es conseguir que normalicemos lo anteriormente realizado para que perduren sus efectos (Figura 1.8). Estandarizar es la manera óptima de trabajar todos en cualquier tipo de proceso. Esta fase va a luchar contra la frase “hoy si y mañana no”, ya que con el tiempo las consecuencias se multiplican.



Figura 1.8 Seiketsu (Roots, 2015)



Para llevar a cabo este último punto tenemos que ser críticos y tener autodisciplina. Sólo de esta manera vamos a conseguir que la aplicación de *Las 5S* perdure en el tiempo.

Aunque pueda parecer la fase más sencilla de todas, no lo es, ya que esta fase está asociada al término japonés *Kaizen* que promueve la mejora continua de nuestros procesos. También nos va a ayudar a saber en qué grado hemos aplicado *Las 5S* y cómo mejorar.

### 1.3.2 KANBAN

La palabra japonesa *Kanban* proviene de *Kanjin*, cuya traducción al castellano es “tarjeta”. Este sistema fue desarrollado por *Toyota*, aunque en la actualidad se trabaja con él en fábricas de todo el mundo. El sistema *Kanban* se puede definir como:

“Sistema de control de la producción basado en tarjetas, que consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, conjuntos y subconjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y estos con la línea de montaje final” (Sanz, 2014).

Si se aplica correctamente el sistema *Kanban* se notara una mejora en la reducción de stocks, una mayor y mejor visión del sistema productivo, una reducción en los plazos de fabricación y una mejora en el cumplimiento de los contratos con los clientes finales. Además de dotar al sistema de una mayor flexibilidad ante cambios en la demanda.

El sistema *Kanban* sigue un criterio conocido como *Pull* (se traduce como arrastre), el cual actúa de forma contraria al mecanismo *Push* (tirar). Estos dos conceptos se pueden ejemplificar con el caso de que una persona vaya al supermercado. Si cada vez que lo hace, realiza una compra, en este caso la compra empuja al consumo, criterio *Push*. Pero, por otro lado, si esta persona va al supermercado cuando la despensa se ha vaciado, esta persona sigue un criterio *Pull*, en este otro caso es la necesidad la que tira de la compra.



El método *Push* (Figura 1.10) es el que tradicionalmente se ha utilizado en occidente, con este tipo de control aumenta el rendimiento de los equipos, aunque tiene como punto negativo que tenemos que trabajar con almacenes intermedios, generando grandes cantidades de stock de seguridad.

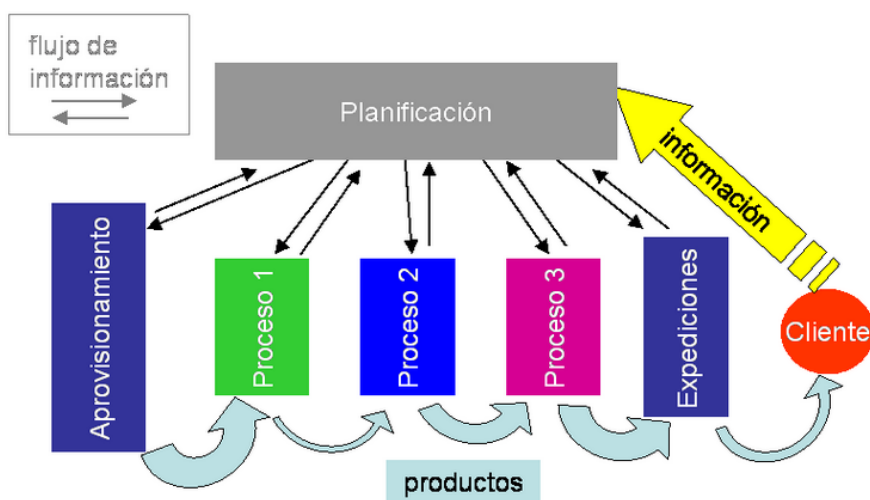


Figura 1.10 Esquema sistema Push (Roots, 2015)

Por otro lado tenemos los sistemas *Pull* (Figura 1.11). En este caso, para transmitir la información vamos a necesitar las tarjetas *Kanban*, ya que así con ella se solucionan los problemas de sincronización. No se continúa la producción hasta que no se ve alterado el stock de seguridad.

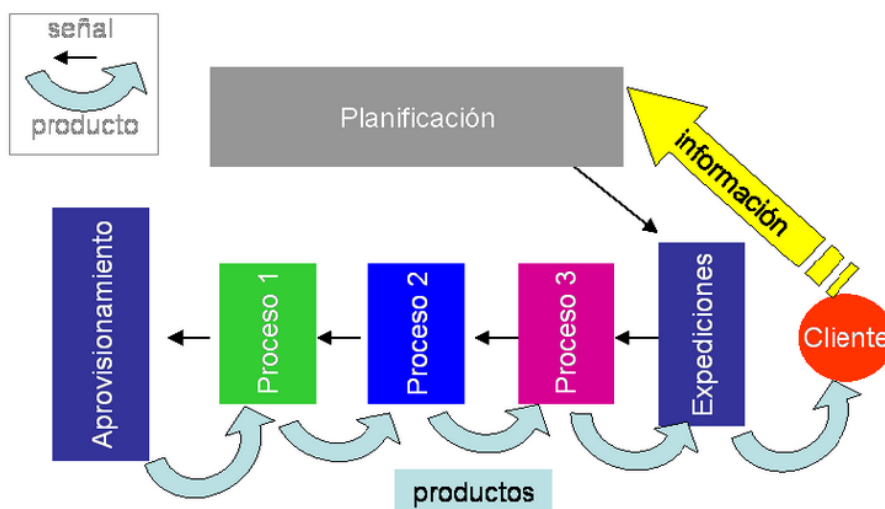


Figura 1.11 Esquema sistema Pull (Roots, 2015)

Son posibles métodos híbridos entre los dos tipos de criterio, como es el OPT (*Optimized Production Technology*) que de aguas arriba del cuello de botella es un sistema *Pull*, mientras que por debajo es *Push*.

Ahora vamos a ver algunos de los principales objetivos (Sanz, 2014). El primero es la disminución de Stocks hasta el nivel más bajo posible, teniendo en cuenta productos terminados, materiales en curso y materias primas. Haciendo esto se incrementa la eficiencia y la rentabilidad para la empresa. También se va a reducir el número de “estorbos” por lo que va a ser más fácil de identificar los problemas.

Solo hay que añadir un detalle, y es que cuando realicemos el cambio de sistema de *Push* a *Pull*, es aconsejable que la reducción de stocks se realice de forma paulatina. Hasta que se solucionen las deficiencias del sistema irán que aflorando, tendremos un periodo de transición en el que se irán subsanado.

En segundo lugar, aplicar el sistema *Kanban* nos va a facilitar el control del proceso, ya que es una técnica muy visual, lo que nos ayudará a controlar nuestro sistema en distintos ámbitos; detectando necesidades materiales, distribución de tareas y variaciones en la demanda. Tiene también como punto positivo que cuando surge un fallo es muy sencillo detectarlo.

También nos ayudará a incrementar el nivel de servicio, ya que cuando el sistema esté completamente implementado el resultado será una mejora en la atención al cliente, porque disminuirá el *Lead Time* (tiempo que transcurre desde que el cliente hace el pedido hasta que lo recibe).

Otro aspecto positivo será la mejora de métodos, como se ha mencionado anteriormente el sistema descubre los fallos que no podíamos ver, permitiendo buscar soluciones. Y como uno de los principios del sistema Lean es la mejora continua, el método *Kanban* será tremendamente útil. Ya que solo van a quedar las tareas que aporten valor añadido al producto, de esta manera conseguiremos una reducción de costes y de plazos.

Por último, mejorará el flujo continuo en la producción, ya que si acompañamos *Kanban* con un buen método de nivelación, vamos a conseguir que el trabajo sea un flujo estable y continuo. Esto beneficia tanto al personal como a los equipos, ya que no existen grandes desniveles de carga de trabajo.

Todos estos puntos ventajosos que asociamos a *Kanban* se pueden convertir en desventajas rápidamente, si no se aplica de la manera correcta. Por ejemplo, si en algún punto de la fábrica no se cubre o se agota el stock de seguridad, este problema se traslada y repercute en el servicio al cliente.

Más adelante, en este mismo trabajo se explicará con *Minecraft*, como funciona un sistema *Kanban*, pero ahora se va a mostrar los diferentes tipos de elementos que podemos encontrar para llevar a cabo este sistema.

El elemento principal son los adhesivos *Kanban*, es necesario que existan tantas tarjetas como contenedores utilicemos. Podemos distinguirlos según su función entre *Kanban* de transporte o de producción. Aunque también nos podemos encontrar otros tipos como: de urgencia (escasez de material), de emergencia (averías o material defectuoso) o de proveedor (útil si se encuentran lejos de nuestra fábrica).

Las **tarjetas de producción** (Figura 1.12) nos van a dar la señal para empezar a producir, hasta que no llega el centro de trabajo correspondiente no tiene permitido fabricar. Nos va permitir evitar despilfarros ya que únicamente vamos a producir lo que se está pidiendo desde fuera de la fábrica. Tiene que tener información sobre el número de piezas, centro de trabajo, capacidad contenedor materiales que se necesitan y la ubicación de los mismos.

**KANBAN**  
**Producción**

CENTRO DE TRABAJO: \_\_\_\_\_

NO. PARTE A SER PRODUCIDA:  
\_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

CAPACIDAD DEL CONTENEDOR


MATERIALES REQUERIDOS:  
NO. PARTE: \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

Figura 1.12 Kanban de producción (Roots, 2015)

Las **tarjetas de transporte** (Figura 1.13) se utilizan para conectar dos centros de trabajo adyacentes que van a compartir algún tipo de material común. De la misma manera que con las tarjetas de producción, no se podrá realizar un traslado hasta que dispongamos de esta tarjeta. Tiene que contener información sobre: el origen, el destino y que materiales mueve.

**KANBAN**  
**Retiro**

CODIGO DE MATERIAL: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL ARTICULO: \_\_\_\_\_

TAMAÑO DE LOTE: \_\_\_\_\_

PROCESO PRECEDENTE  
\_\_\_\_\_

PROCESO SUBSECUENTE  
\_\_\_\_\_

Figura 1.13 Kanban de transporte (Roots, 2015)

Por otro lado, el elemento físico que vamos a utilizar son los contenedores que será donde situemos las piezas, y los transportadores que nos ayudaran a moverlas a través de nuestra fábrica. Por último, nos encontramos con los buzones (uno situado en la zona de entradas y otro en la de salidas), nos facilitara la clasificación de las tarjetas.

### 1.3.3 HEIJUNKA

Tanto las técnicas de Heijunka como Kanban surgen en la industria del automóvil, muestra el compromiso de este sector con la filosofía JIT. Se necesita un entorno específico para su aplicación, ya que sino solo conseguiremos liar todavía más nuestro sistema de producción.

Heijunka es una herramienta que nos va a ayudar a nivelar y planificar nuestra demanda, durante un periodo de tiempo prefijado. Por lo tanto esta técnica no es aplicable si hay poca o nula variación en los tipos de producción. Para implantar Heijunka necesitaremos conocer la demanda de los clientes y a su vez una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización.

Los pedidos de los clientes son impredecibles si tomamos un pequeño periodo de tiempo, pero son aproximadamente constantes si se considera un espacio de tiempo suficientemente grande. *Heijunka* amortigua las variaciones de la demanda comercial produciendo en pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea (Sanz, 2014).

Al aplicar esta herramienta no va a variar la producción según la demanda del cliente, sino que se basa en ella para ajustar los planes de producción. Esto nos va a traer una serie de ventajas como la flexibilidad, ya que vamos a ser capaces de aminorar las fluctuaciones negativas en la demanda, sin que se fuerce a asumir horas ociosas o despidos. En definitiva se puede mantener una carga de trabajo estable a lo largo del tiempo.

Otra ventaja es un mejor servicio al cliente, ya que al trabajar con lotes más pequeños seremos capaces de complacerles en menos tiempo. Y también mejoraremos la eficacia

de nuestros equipos productivos, optimizaremos la utilización de las maquinas mejorando su productividad y alargando su vida útil.

En definitiva, vamos a reducir el impacto de las “3Ms” (Figura 1.14). Reduciremos las perdidas y despilfarros aumentando su rentabilidad (Sanz, 2014). La primera *M* es *Muda*, son las actividades que consumen recursos sin aportar valor añadido a nuestro producto. La segunda es *Mura*, que hace referencia a los desniveles en la carga de trabajo. Y por último, *Muri*, que controla que las máquinas no tengan un ritmo de trabajo superior al que deberían.



**Figura 1.14** Las 3Ms (Sanz, 2014)

A través de una producción nivelada y estabilizada vamos a lograr reducir los despilfarros a niveles mínimos. Pero para aplicar totalmente *Heijunka*, necesitaremos un conjunto de técnicas que nos van a permitir mantener un flujo constante y un ritmo determinado. Estas técnicas son (Hernández, 2013):

- ✓ Usar células de trabajo.
- ✓ Flujo continuo pieza a pieza.
- ✓ Producir respecto al Takt time (tiempo de ritmo).
- ✓ Nivelar el mix y el volumen de producción.

La primera técnica utilizada son las **células de trabajo**. En este tipo de distribución las estaciones de trabajo se sitúan al lado de otras siguiendo las fases del proceso productivo y el producto avanza a medida que se realizan las operaciones correspondientes. De este modo, se crea una secuencia eficiente, un movimiento continuo desde el origen con las materias primas hasta tener el producto elaborado.

El diseño que mejor cumple es la denominada “célula flexible”, que acerca todas las actividades permitiendo que una “fase” ayude a la adyacente. Esta distribución es en forma de U. Lo interesante de esta forma es que se comparte entrada y salida. Cada celda se va a encargar de producir una familia de partes, provocando que existan fábricas dentro de la fábrica.

Para aplicar las **células de trabajo**, vamos a tener algunos requerimientos como contar con personal flexible, disponer de personal de apoyo o diseñar sistemas anti error en cada estación. Nos va a proporcionar ventajas como un mejor cumplimiento de calidad y plazos, reducción de inventarios o reducción del espacio en planta.

El concepto de **flujo continuo** se puede resumir con la frase “mover uno, producir uno”. Esto significa que en ninguna parte del proceso productivo vamos a producir más de lo que nos pide el cliente, reduciendo plazos y eliminando todo tipo de stocks.

El **flujo continuo** supone también que nunca se interrumpa la cadena, de forma que se pueda trabajar a un ritmo fluido y constante.

El siguiente punto es producir respecto al **Takt time**, se traduce del alemán como compas y se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas. Se calcula con una sencilla fórmula (Hernández, 2013):

$$\textit{Takt time} = \frac{\textit{(Tiempo operativo por periodo en segundos)}}{\textit{(Demanda cliente por periodo en unidades)}}$$

(1.2)

Dado que el volumen de pedidos fluctúa, el **Takt time** se ajusta para que exista una sincronización entre la producción y la demanda. Aunque parezca sencillo producir a este ritmo, requiere un esfuerzo para dar una rápida respuesta a los clientes, eliminando las deficiencias y los tiempos de cambio en el proceso, debidos a los cambios de productos.

Por último, tenemos que **nivelar la producción**, existen varios métodos aunque en este TFG se va a presentar el desarrollado por *Toyota*, “*método de persecución de objetivos*” (Sanz, 2014). Este algoritmo consiste en un método iterativo para organizar la producción, para saber que producto va en primer lugar, cuál en segundo... El proceso se repite hasta que todos los productos tengan una posición.

La fórmula que nos indicará en qué orden va cada producto es la siguiente (Sanz, 2014):

$$D_k = \sum_{j=1}^m (C_{j,k} - K * r_j)^2$$

(1.3)

Dónde:

- ✓ K=Número de la iteración en la que te encuentras.
- ✓ N=Número total de productos finales a producir.
- ✓ C<sub>j,k</sub>= Consumo real acumulado.
- ✓ R<sub>i,j</sub>=Representa la cantidad estándar de recursos j que se necesitan para cada producto i.
- ✓ R<sub>j</sub>= Es la cantidad total de un recurso j que se va a necesitar para los productos en todas las iteraciones.
- ✓ R<sub>j</sub>= Cantidad media de un recurso ideal que se debería consumir en cada iteración  
r<sub>j</sub>=R<sub>j</sub>/N.

Aplicando esta fórmula se puede observar como el consumo de recursos se asemeja al consumo medio (Figura 1.15). La gráfica permite valorar visualmente hasta qué punto hemos conseguido nuestro objetivo.



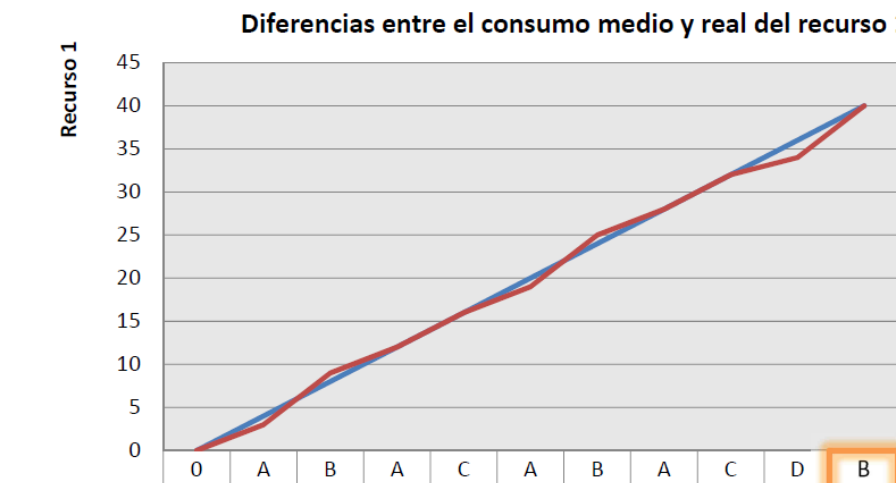


Figura 1.15 Diferencias consumo medio y real de un recurso (Sanz, 2014)

Para terminar, se muestra la herramienta que nos va a permitir planificar la producción a corto plazo, es la *Heijunka box* o *Casillero Heijunka* (Figura 1.16). Puede tener distintas configuraciones aunque lo que debe de quedar claro es que productos deben fabricarse en cada intervalo de tiempo.

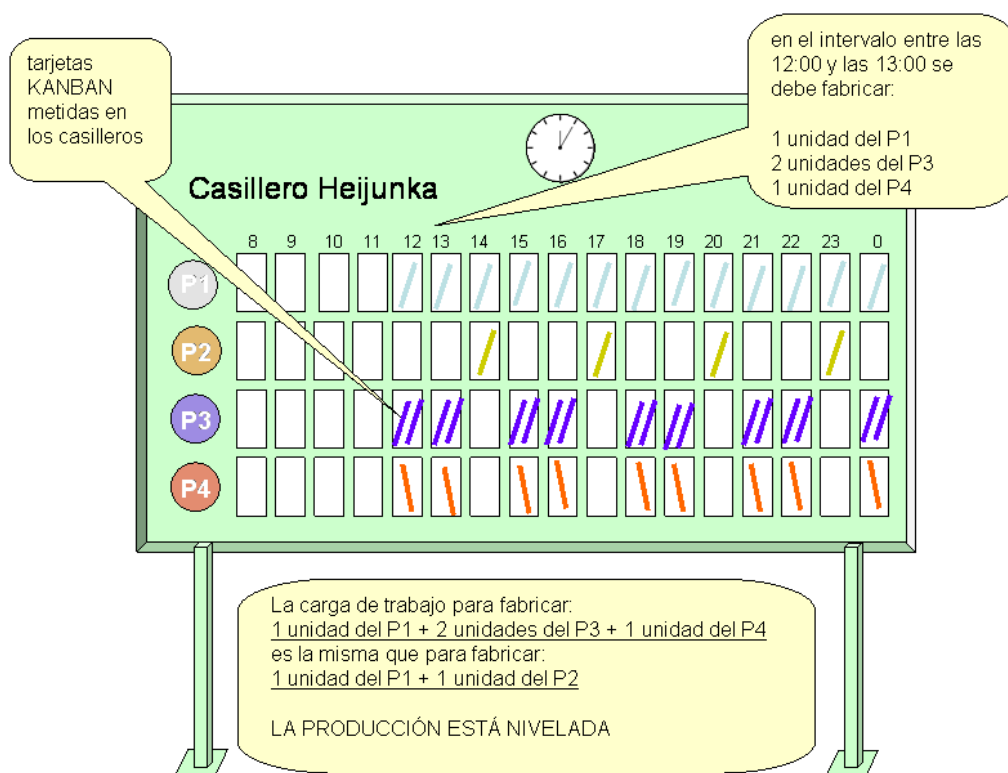


Figura 1.16 Casillero Heijunka (Sanz, 2014)

## 1.4 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha realizado una breve exposición de los conceptos y principios *Lean*, en los que se basa este TFG. La conclusión más importante, y por la que se ha realizado este trabajo, es que *Lean* se ha convertido en un elemento fundamental para conseguir competitividad en muchas empresas.

En el siguiente capítulo se explicará el funcionamiento de *Minecraft*, que es el motor gráfico que se va a utilizar para modelar y explicar estas herramientas, centrándonos en sus elementos, reglas de funcionamiento e implantación.

## **Capítulo 2. MINECRAFT**

---



## 2.1 INTRODUCCIÓN

Markus “Notch” Persson es el creador de *Minecraft*, un videojuego independiente de construcción, de tipo mundo abierto o sandbox. En este juego se combinan una tremenda sencillez (basado en bloques de gran tamaño) con la falta de límites (se puede hacer prácticamente cualquier cosa).

Este videojuego se desarrolló por la empresa fundada por M. Persson, Mojang AB (Figura 2.1). Tras una primera versión alpha publicada en el año 2009, la versión completa fue lanzada el 18 de Noviembre de 2011. En la actualidad Mojang AB ha sido adquirida por Microsoft y ya no solo está disponible para ordenador sino que se puede encontrar en todo tipo de plataformas.



Figura 2.1 Logo de Mojang (Mojang, 2015)

El juego permite realizar construcciones mediante cubos con texturas tridimensionales, aunque también explorar el entorno, recolectar recursos, crear objetos o combatir. A través de un personaje se transforman los distintos escenarios, lo que sin duda ha convertido al juego en una gran revolución. Se recrean todo tipo de estructuras fantásticas y creaciones artísticas, desde pequeñas aldeas medievales hasta grandes ciudades de la actualidad.

Al comenzar una partida, el jugador se encuentra en un mundo generado mediante algoritmos, para que sea infinito, y nunca se generen dos idénticos. En este momento, el jugador es libre de desplazarse por donde quiera, pudiendo pasar por varios entornos como selvas, desiertos, océanos, llanuras... Por último, destacar que el juego tiene ciclos de día y noche, siendo un día equivalente a 20 minutos.

## 2.2 MODOS DE JUEGO

En las versiones iniciales del videojuego se podían distinguir dos modos de juego principales, aunque de manera independiente se pueda elegir la dificultad: El modo *supervivencia*, como su propio nombre indica, se basa en la supervivencia en un mundo en el que se mezcla la realidad con la fantasía. Los jugadores no sólo van a tener que recolectar recursos para alimentarse, sino que tendrán que pelear contra criaturas que surgen de la oscuridad.

Por su parte, el modo *creativo* se centra en la construcción libre de escenarios, se dispone de bloques y objetos ilimitados, que se pueden colocar y destruir de forma instantánea. Además no puedes ser atacado por ningún tipo de criatura y puedes volar para moverte más rápido por el escenario. En las versiones preliminares de *Minecraft*, éste era el único modo de juego disponible. Por otro lado, será el modo que se utilice para desarrollar este proyecto.

Para intercambiar los modos de juego sin detener la partida, se utilizan los comandos `/gamemode survival` (para modo *supervivencia*) y `/gamemode creative` (para el modo *creativo*) o simplemente `/gamemode 1` y `/gamemode 0`, respectivamente. Para activar la pantalla para introducir los comandos tenemos que pulsar la tecla T.

También existen otros modos de juego más recientes, como el modo *extremo*. Esta modalidad que es exactamente igual al modo *supervivencia*, con la diferencia de que si mueres el mundo se destruye y acaba la partida. Únicamente se puede jugar en modo difícil.

Por otro lado, está el modo *aventura*, que está destinado a jugadores que se dedican a crear mapas para compartirlos con otros usuarios. De tal forma que el jugador debe seguir un camino predefinido por el creador del mapa, y bajo las características que haya marcado este.

Quedan por explicar únicamente dos modos, uno es el modo *espectador*, donde únicamente se permite observar el escenario. Y el último tipo son los modos de *juego personalizados*, donde son algunos usuarios avanzados los que optan por crear modos de juego propios y aplicarlos en servidores o mapas.

## 2.3 BLOQUE COMO ELEMENTO PRINCIPAL

Los bloques son las unidades básicas estructurales en *Minecraft*. Se encargan de dar forma al entorno del juego y pueden ser recogidos y utilizados por el jugador. Algunos bloques se generan de forma natural como las rocas, mientras que otros tienen que ser creados por el jugador como los ladrillos, las lámparas o los cristales.

Las caras de los bloques son de 16x16 píxeles y cada bloque es proporcional a un metro cúbico. Aunque el número de píxeles se puede modificar cambiando el paquete de texturas. Actualmente hay más de 150 tipos de bloques, de los cuales todos son estáticos excepto el fuego, la lava, el agua y portal.

En *Minecraft* también vamos a encontrar objetos, que ayudarán al jugador a completar la partida. Junto con los bloques, componen todos los recursos del juego. Hay multitud de objetos dependiendo de su uso tenemos desde comida y herramientas (azadas, caña de pescar o tijeras), hasta armas o vehículos (barcos, silla de montar o vagoneta).

A continuación, en la Figura 2.2, se muestran todos los bloques disponibles en *Minecraft*, aunque a estos bloques, hay que añadirles los objetos, herramientas y pociones para completar todas las opciones que nos proporciona el videojuego.



Figura 2.2 Bloques disponibles en Minecraft (Minecraftwiki, 2015)

### 2.3.1 MODIFICACIÓN BLOQUES

Son dos los procesos principales que nos van a permitir transformar los bloques y objetos básicos en otros más complejos. Los métodos principales son la fabricación y la



fundición, aunque también vamos a poder generar objetos nuevos como pociones, a través de los soportes oportunos.

En primer lugar, se va a describir la **fabricación** (o **crafting**, en el videojuego) es el método por el cual gran parte de los objetos, bloques y herramientas de *Minecraft* son obtenidos. Para hacerlos tenemos dos opciones, la primera es a través del inventario del jugador donde aparece una cuadrícula de fabricación de 2x2, este método nos va a permitir obtener un número reducido de objetos (Figura 2.3).



**Figura 2.3** Crafting (Minecraft, 2015)

También podemos acceder a través de una mesa de trabajo, haciendo clic derecho. En este caso se abrirá una cuadrícula de 3x3, que nos permitirá construir más cantidad de objetos (Figura 2.4).



**Figura 2.4** Crafting mesa (Minecraft, 2015)

Para algunas recetas no va a importar el orden en el que situemos los objetos, sin embargo en otras solo obtendremos el resultado deseado con un determinado orden. Por ejemplo, el ojo de araña fermentado se genera sin importar el orden de los objetos, pero el pan necesita que haya una línea de tres trigos (solo nos sirve la mesa de trabajo).

Hay unas 200 recetas para obtener en *Minecraft* cualquier tipo de objeto, desde herramientas y transporte hasta comida o tientes. A continuación se muestra un ejemplo (Figura 2.5).



Figura 2.5.Crafting dispensador (Minecraftwiki, 2015)

La **fundición** es un método para obtener productos refinados, y se utiliza un horno para realizar la tarea. El horno tiene una interfaz propia como se observa a continuación en la Figura 2.6.

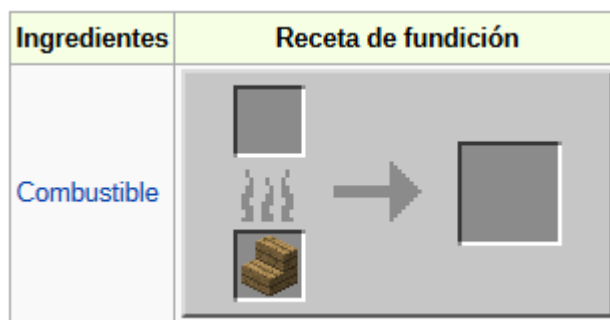


Figura 2.6 Fundición (Minecraftwiki, 2015)

Esta interfaz está compuesta por una entrada, una salida y el combustible que realiza la transformación. Dependiendo del tipo de combustible que introduzcamos tendremos diferentes tiempos de funcionamiento del horno, aunque este se consume sin que se añada ningún material de entrada, derrochando el combustible. En la Figura 2.7 se observa cómo se transforman los objetos.

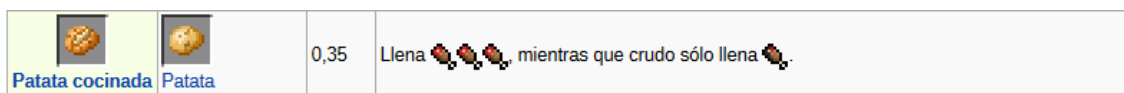


Figura 2.7 Fundición patata (Minecraftwiki, 2015)

Por último, se van a explicar las **pociones**, que son brebajes que tienen determinados efectos sobre el personaje. Para crearlas vamos a necesitar combinar agua con varios ingredientes que son los que darán los atributos a cada poción. En la versión clásica del juego hay 161 posibles combinaciones de pociones.

Para conseguir las pociones vamos a necesitar un soporte, y va a tener la interfaz que vemos en la imagen de la Figura 2.8. Primero entrará el agua necesaria para realizar las pociones, y después cada uno de los elementos que formaran nuestra poción, obteniendo como resultado tres pociones iguales.



Figura 2.8 Soporte para pociones (Minecraft, 2015)

### 2.3.2 CIRCUITOS DE REDSTONE

El redstone se utiliza para controlar o activar mecanismos. Pueden utilizarse para automatizar algún proceso o utilizarlos para desarrollar circuitos. Dependiendo de cómo lo utilizemos toman sentido como puertas lógicas.

Los circuitos de redstone nos van a permitir en *Minecraft* controlar desde mecanismos simples como un interruptor, hasta elementos tan complejos como fabricas automáticas. Por lo que saber manejar este tipo de mecanismo nos va a permitir aumentar de manera considerable que podemos “hacer” en *Minecraft*.

Para entender cómo funcionan estos circuitos (Figura 2.9), en primer lugar vamos a diferenciar en qué componentes se dividen:

- ✓ Componente de alimentación: son los generadores de energía que van proporcionar energía al circuito.
- ✓ Componente de transmisión: trasladan la energía de una parte del circuito a otra.
- ✓ Componente mecánico o actuador: afectan al entorno produciendo sonido, luz, movimiento...

## MineCraft Logic Gates

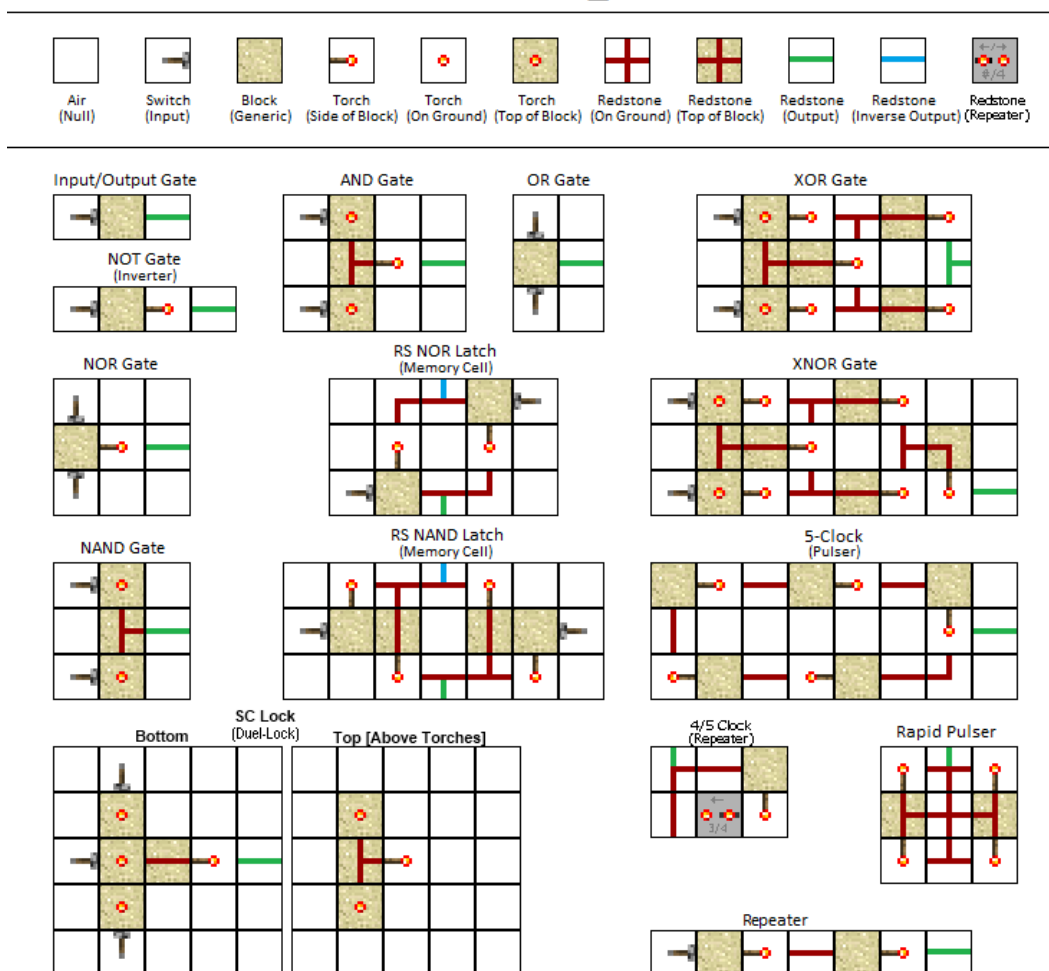


Figura 2.9 Puertas lógicas Minecraft (Minecraftwiki, 2015)

Los componentes de transmisión actuarán como un cableado que dependiendo de cómo lo montemos mostrará diferentes respuestas. A veces es necesario que sólo haya señal de salida si se cumple algún criterio. En la imagen anterior se puede observar cómo montar las puertas lógicas básicas con redstone.

Son muchísimas las opciones que tenemos en los tres tipos de componentes. Por mencionar algunos tipos de circuitos tenemos: los circuitos secuenciales (de tipo reloj, pulsos), circuitos de memoria (la salida no depende de la entrada sino de la historia de estas), relés, aleatorizadores, detectores de actuación,...

## 2.4 COMANDOS DE AYUDA UTILIZADOS

Los comandos son funciones avanzadas que se activan al escribir determinadas cadenas de caracteres. Los comandos no van a estar disponibles en todos los modos de juego, pero sí lo están en modo creador que será el que utilizare en este trabajo. Para introducirlos en Minecraft tenemos que pulsar las teclas T o /.

Estos comandos van a ayudar a que podamos aproximar la simulación en *Minecraft* a las condiciones que nosotros queramos dar. De no ser así, nos surgirían problemas como que los días tardan demasiado en pasar o que se nos congela todo porque es invierno. A continuación se muestran los comandos que se han utilizado en este TFG:

Para modificar el tiempo:

```
time set <value> (puede tomar valores en 0-24000, que coinciden con las horas)
```

Para modificar el clima:

```
Weather <clear|rain|thunder> [duration in seconds]
```

Para clonar un área:

```
clone <x1> <y1> <z1> <x2> <y2> <z2> <x> <y> <z> [modo] [modo2]
```

Para cambiar modo de juego:

**gamemode** <mode> [player]

Establece el punto de partida:

**worldborder** center <x> <z>

Para buscar ayuda con los comandos:

**Help** [página|nombre del comando]

## 2.5 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha realizado una breve exposición del videojuego *Minecraft* y de sus elementos principales.

*Minecraft* no ofrece grandes gráficos y es muy sencillo de manejar, pero tiene un gran lado positivo que son las posibilidades; se puede hacer y construir prácticamente todo lo que uno quiera.

En este sentido, como en este trabajo vamos a simular procesos productivos, va a ser una herramienta tremendamente útil ya que nos permite hacerlo de una forma visual. También va a permitir “simular” el movimiento de los elementos y el paso del tiempo.

En los siguientes capítulos se explicarán tres herramientas de la filosofía *Lean*: *Las 5S*, *Kanban* y *Heijunka*. Utilizaremos *Minecraft* para desarrollarlas y mostrar sus elementos y reglas de funcionamiento.

## **Capítulo 3. 5S**







## 3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se explica la implantación y funcionamiento de la teoría de *Las 5S*, sobre un modelo inventado. El objetivo de este TFG es mostrar, de una manera práctica, los distintos pasos que tenemos que seguir para construir modelos *Minecraft* de distintas herramientas de la filosofía *Lean*.

Por ello, se ha diseñado un sencillo sistema productivo, con el propósito de realizar las distintas etapas de *Las 5S* sobre él. En la factoría simulada se va a producir un único elemento final y vamos a contar con la entrada de tres materias primas que tendremos que procesar individualmente. Contamos también con elementos que permitan su fabricación, como transportadores o mesas de trabajo.

Durante los siguientes apartados se irá explicando la implantación de cada uno de los apartados de *Las 5S*, a excepción del último, *Shitsuke*, ya que este paso se puede considerar teórico, por lo que únicamente se explicará en qué consiste.

## 3.2 MODELADO MINECRAFT DE UN SISTEMA 5S

En este apartado se describirá, en primer lugar, el funcionamiento de esta fábrica y se mostrará, de una manera sencilla y visual, en qué consisten cada una de las etapas que constituyen *Las 5S*.

### 3.2.1 SITUACIÓN INICIAL

Para realizar la representación visual de la aplicación de *Las 5S* se ha utilizado una fábrica donde se fabricarán tartas de calabaza. Para realizar las tartas en el videojuego vamos a necesitar tres materias primas: azúcar, huevos y calabazas.

El esquema productivo que va a seguir esta fábrica es el que se muestra en la Figura 3.1; en la imagen también se observan las materias involucradas en el proceso.

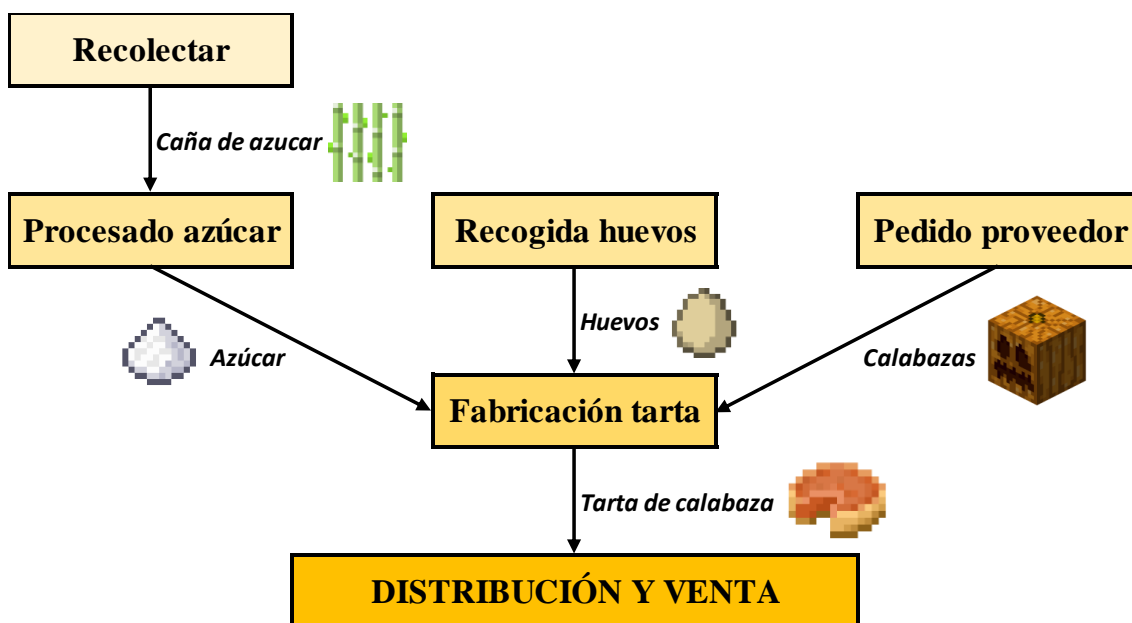


Figura 3.1 Flujograma productivo 5s (Elaboración propia)

Como se percibe en el esquema, en primer lugar vamos a tener que recolectar las cañas de azúcar para después procesarlas y transformarlas en azúcar. Para ayudar en esta tarea se cuenta con una máquina que corta los tallos de las plantas de caña. La máquina funciona automáticamente cada vez que pulsamos el botón que se encuentra a la izquierda de ésta.

Una vez recogidas las piezas de caña tenemos que transformarlas en azúcar. Para ello, utilizamos la mesa de trabajo que se encuentra al lado de la máquina recolectora. Una vez hayamos acabado y tengamos el azúcar refinado, disponemos también junto a la máquina de una carretilla que nos ayudara a transportar las piezas hasta el siguiente centro de trabajo.

Como se puede observar en la Figura 3.2, en la situación inicial no disponemos de recipientes que guarden los productos por separado. Además, se puede ver que no se mantiene ningún tipo de limpieza sobre la máquina.



**Figura 3.2** Situación inicial azúcar (Minecraft, 2015)

El siguiente paso va a ser recoger los huevos de un pequeño corral que no está automatizado, únicamente lo separa una pequeña valla. Y justo al lado se encuentra el “almacén” donde se apilan las calabazas que recibiremos de los proveedores (Figura 3.3). Ambos materiales se trasladarán hasta el último centro de trabajo.



**Figura 3.3** Situación inicial huevos y calabazas (Minecraft, 2015)

Por último, nos encontramos con la mesa de trabajo donde se realizarán las tartas. Las carretillas cargadas con los materiales que se utilizaran en el proceso, llegarán a la pequeña plataforma que se observa en la imagen (Figura 3.4). También se encuentra la salida de la carretilla que marchará con los productos terminados.



**Figura 3.4** Situación inicial tarta de calabaza (Minecraft, 2015)

Aunque se pueda realizar el proceso productivo, se puede observar que la planta no es perfecta y que no cumple unos mínimos de limpieza, orden o estandarización. Por todo ello, se va a aplicar la teoría de *Las 5S* sobre este sistema.

Por último, se muestra una imagen global del proceso para poder ver el cambio de manera general (Figura 3.5). Se puede observar que la situación es caótica y no es sencillo encontrar de una manera visual qué fallos puede haber en el sistema, ni qué orden sigue éste.



Figura 3.5 Situación inicial global (Minecraft, 2015)

### 3.2.2 SEIRI

La primera S es *Seiri* que, como vimos en el primer capítulo, consiste en separar lo que es necesario de lo que no lo es, pero también clasificar lo necesario por su naturaleza. De esta manera vamos a conseguir tener una planta donde únicamente encontremos los artículos y herramientas necesarias.

En primer lugar, vamos a separar los objetos que tenemos dudas de si son necesarios o no (Figura 3.6). De este conjunto observamos que hay objetos inútiles, como la cama o el TNT, pero también que hay objetos como las herramientas que pueden tener cierto uso en nuestra nave.

Se van a eliminar todos los objetos que consideramos innecesarios, que sólo nos estorbaban en los puestos de trabajo. Realizando esta tarea conseguiremos una mayor amplitud en nuestros puestos, mejorando el control visual sobre nuestra planta.



Figura 3.6 Seiri separar objetos necesarios (Minecraft, 2015)

Por otro lado, a las herramientas y bloques (por ejemplo, repuestos) que consideramos que son útiles aunque tengan una baja frecuencia de uso, vamos a colocarlos en un lugar apartado de nuestra planta (Figura 3.7).



Figura 3.7 Seiri objetos uso poco frecuente (Minecraft, 2015)

Como se observa en la imagen final (Figura 3.8), después de aplicar *Seiri* se detecta mejor de qué herramientas disponemos y con qué materiales contamos para realizar nuestras



tareas. Este mejor control visual también nos asegura reducir el número de material extraviado.



Figura 3.8 Seiri global (Minecraft, 2015)

También se reducen las situaciones inseguras provocadas por los elementos que nos puedan estorbar, en caso de que ocurra una salida de emergencia. Por último, conseguiremos reducir el stock, aunque no demasiado, ya que ahora podemos controlar mejor cuántas piezas nos quedan.

### 3.2.3 SEITON

Como vimos anteriormente, la frase que mejor define esta segunda idea es: “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Consiste en ordenar lo que anteriormente habíamos considerado como útil, facilitando así el acceso a los objetos más utilizados.

En primer lugar, lo que se ha hecho ha sido colocar cada objeto en un lugar concreto y fijo. Concentrando en el mismo lugar, todas las cañas, todos los huevos y todas las

calabazas. Facilitando de este modo, tanto la recogida de objetos, como su posterior devolución al mismo lugar.

Como se puede observar en la siguiente imagen del recolector de cañas de azúcar (Figura 3.9), todas las zonas están diferenciadas y los objetos juntos por especie. También se ha limitado el número de unidades, ya que así se puede mantener todo el tiempo el mismo stock de seguridad (se han dejado 5 unidades de cada objeto).



**Figura 3.9** Seiton máquina recolectora (Minecraft, 2015)

En el siguiente paso de la planta, la recogida de huevos se ha cambiado de sitio ya que estorbaba al paso de las carretillas (Figura 3.10). Ahora se ha colocado en una zona más alta que tiene acceso a través de unas escaleras traseras.

Y de la misma manera que antes, se ha ordenado y limitado el almacenamiento de los huevos. Se ha colocado un baúl que nos va a permitir guardarlos hasta que sean necesarios.





**Figura 3.10** Seiton recogida huevos (Minecraft, 2015)

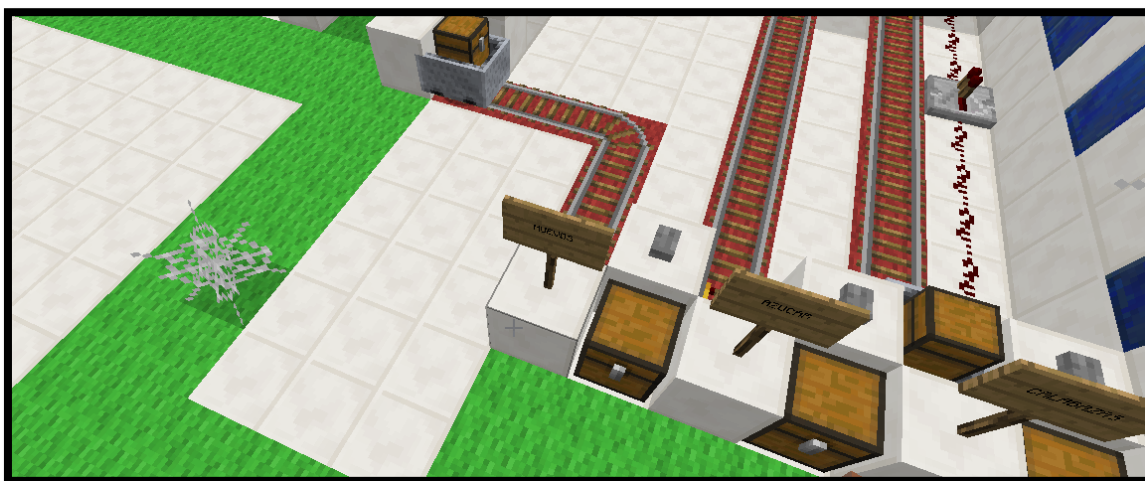
En la última parte donde conformaremos las tartas, será desde donde realicemos los pedidos cuando baje el nivel de los stocks de seguridad (Figura 3.11). El pedido de las calabazas, como se supone que es desde un proveedor, se ha programado para que nos las manden de 5 en 5 cuando se hayan agotado.



**Figura 3.11** Seiton mesa tartas (Minecraft, 2015)

El stock del resto de objetos, como en los casos anteriores, será de 5 piezas, que se almacenarán en sus respectivos baúles. También será desde aquí, desde donde enviemos los pedidos.

Voy a usar la siguiente imagen (Figura 3.12) tomada desde arriba, para remarcar dos aspectos del cambio que supone *Seiton*. La primera es que además de señalar e identificar cada zona y cada lugar de almacenamiento de piezas, también he utilizado un código de colores en el suelo para marcar las zonas sobre las que es seguro que anden las personas (verde) y la zona para carretillas (roja).



**Figura 3.12** Seiton vista aérea (Minecraft, 2015)

La segunda es que se he intentado automatizar los movimiento de piezas, de manera que vuelvan a su lugar original, una vez hayan realizado su cometido. Éste es uno de los puntos más importantes de *Seiton*, ya que nos va a ayudar a mantener siempre el orden.

Por último, se va a mostrar una imagen general (Figura 3.13), para que se vea la evolución que ha sufrido la planta en solo dos pasos. Provocando una mejor visualización de los puestos de trabajo, separando cada cosa en un lugar concreto y facilitando tanto la recogida como la devolución de objetos.



**Figura 3.13** Seiton global (Minecraft, 2015)

En definitiva, tras acabar *Seiton* podemos afirmar que se ha optimizado el acceso a los elementos de trabajo por parte de los operarios. También ha mejorado la información con la que cuentan, ya que ahora conocen el número de piezas que tienen para realizar su tarea.

Pero también, se continúa mejorando a un nivel visual lo que ya empezamos con *Seiri*. Ya que únicamente tendremos lo necesario al lado de cada puesto. Esto provoca una reducción en los accidentes y una mejora en la evacuación de la nave, aunque también se mejora la productividad (se reducen las equivocaciones, se optimizan los tiempos de traslado,...).

### 3.2.4 SEISO

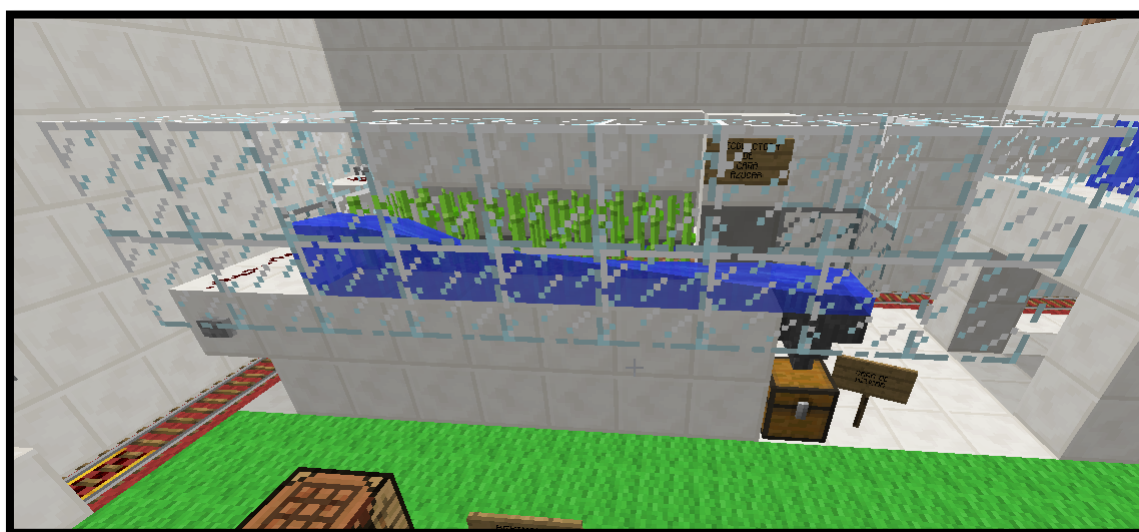
Su significado refleja lo que vamos a hacer, “limpieza”. Pero no sólo limpiar lo que ya está sucio, sino evitar que se ensucie de nuevo tomando medidas de higiene. Para ello, tenemos que descubrir las fuentes de suciedad de nuestra planta, y solucionar el problema desde el origen; así evitaremos la aparición de suciedad y desorden.

El primer paso que se ha llevado a cabo ha sido eliminar toda la suciedad de la planta, como se puede observar en la Figura 3.14.



**Figura 3.14** Seiso limpieza (Minecraft, 2015)

Después, hay que modificar los puntos que generaban esa suciedad, en la máquina recolectora se ha utilizado el agua (una pequeña cascada). Para evitar que se repartan los residuos producidas por las cañas de azúcar (Figura 3.15). Además, esta fuente reúne los pedazos de caña de azúcar en su recipiente correspondiente, facilitando su recolección.

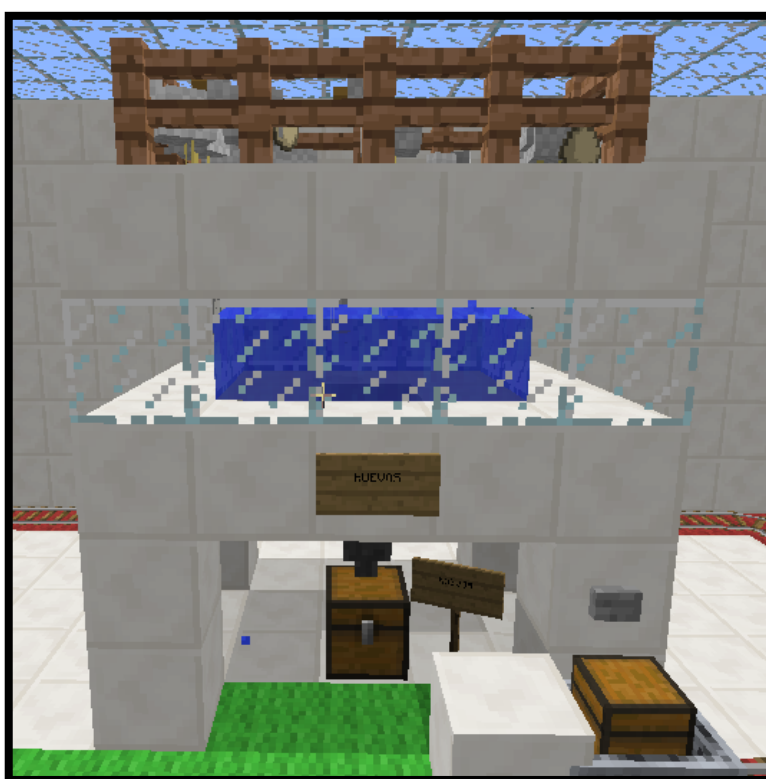


**Figura 3.15** Seiso recolector (Minecraft, 2015)



En la anterior máquina, también se ha instalado un acristalamiento. Estos paneles, van a impedir que las cañas de azúcar se diseminen por la factoría. Además, como es transparente, va a dejar ver cuál es la situación de la máquina, permitiendo ver posibles fallos en esta.

En segundo lugar, en la granja de pollos he realizado un diseño parecido para reunir los huevos en un solo punto y evitar que se ensucie la nave, tal y como se puede observar en la siguiente captura (Figura 3.16).



**Figura 3.16** Seiso recogedor huevos (Minecraft, 2015)

Como en las “S” anteriores, se va a mostrar una captura de la vista global (véase la Figura 3.17) para que se pueda observar la mejora, en este caso, de la aplicación de *Seiso*.

Tras la aplicación de *Seiso*, parte de las tareas las va a llevar el operario. Éste va a tener un mayor conocimiento del equipo que manipula, al tener que limpiarlo e inspeccionarlo. El equipo, por su parte, también mejorará su rentabilidad ya que aumentará su vida útil y

se obtendrá un mayor aprovechamiento. Por último, señalar que se mejorará la calidad del producto final.



**Figura 3.17** Seiso global (Minecraft, 2015)

### 3.2.5 SEIKETSU

Su significado es estandarización, y eso es lo que básicamente hay que realizar en este paso. Nos va a permitir mantener y conservar lo que ya hemos realizado en las 3S anteriores. Para ello, hay que implantar una serie de estándares o procedimientos, de forma que se elimine la posibilidad de volver a la situación inicial.

En este apartado, se va a facilitar que todo se mantenga igual que antes de utilizarse. Para ello, se van a tomar medidas como: estandarizar todos los procesos, crear métodos para que los objetos vuelva al lugar en el que se encontraban antes de utilizarse o definir el mismo lugar siempre para los mismos objetos.

En primer lugar, se ha creado un baúl junto al lugar donde se guardan las herramientas de uso poco frecuente (Figura 3.18), en el que se encuentra un libro que lleva el registro de

quien utiliza esa herramienta. Con el objetivo de que después de utilizarse las herramientas, vuelvan al lugar que les corresponde.



Figura 3.18 Seiketsu herramientas uso poco frecuente (Minecraft, 2015)

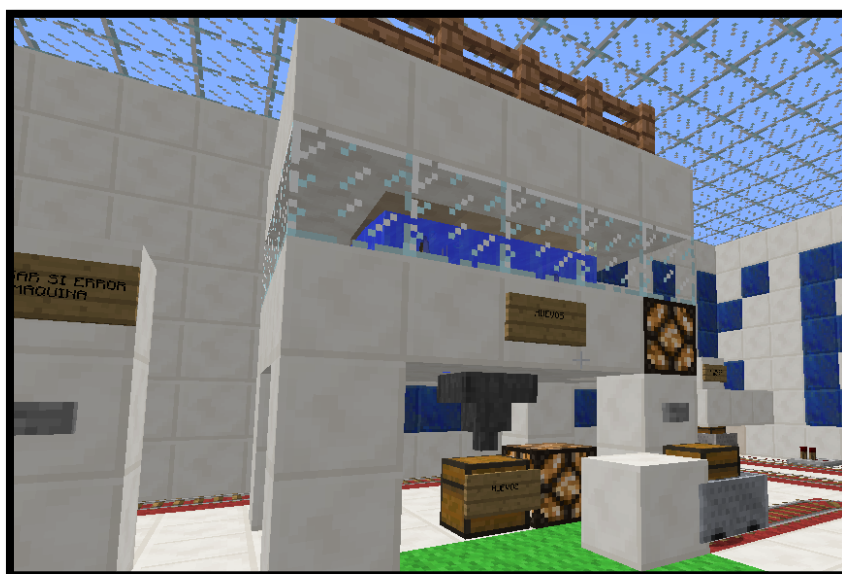
En cuanto a la máquina de producción (Figura 3.19), se han tomado medidas como señalar en carteles cómo tiene que ser el proceso para generar azúcar.



Figura 3.19 Seiketsu máquina producción cañas de azúcar (Minecraft, 2015)

También se ha incluido un pulsador por si se detecta algún fallo en la máquina (se apagará la luz superior derecha). Por último, se han instalado lámparas luminosas junto a cada baúl que guarde materia que se utiliza en el proceso, apagándose la luz en caso de que estén vacíos.

En la máquina recolectora de huevos (Figura 3.20), se han instalado prácticamente las mismas medidas que en el caso anterior. Se ha instalado un botón por si se detecta algún fallo en el funcionamiento y lámparas luminosas al lado del baúl que contiene huevos.



**Figura 3.20** Seiketsu máquina recolectora de huevos (Minecraft, 2015)

Por otro lado, en el caso de la mesa de trabajo donde se producen las tartas (Figura 3.21) se han instalado luces para detectar qué baúles están vacíos y carteles mostrando cómo debe seguir el proceso.

Como novedad, se ha automatizado la vuelta de los carritos a su posición original una vez se haya descargado su contenido por parte de los operarios. De esta manera, se volverán a llenar los baúles que estaban marcados como vacíos.





Figura 3.21 Seiketsu fabricación tartas (Minecraft, 2015)

Por último, la Figura 3.22 muestra una vista general final de cómo ha afectado la aplicación de las primeras 4S sobre nuestra factoría.



Figura 3.22 Seiketsu vista general (Minecraft, 2015)

Una vez este implantado *Seiketsu*, se observa cómo queda nuestra factoría tras aplicar *Las 5S*. Todavía falta por aplicar *Shitsuke*, pero este paso está relacionado con la mejora continua de nuestra factoría. Aunque ésta sea nuestra situación final, sin duda alguna podrá cambiar posteriormente, ya que siempre se podrá seguir mejorando la nave y los procesos.

### 3.2.6 SHITSUKE

Como se ha explicado en la introducción de este capítulo, este paso no es posible mostrarlo en *Minecraft*, ya que es básicamente teórico. Este apartado refuerza lo que ya hemos realizado anteriormente, al predicar la autodisciplina para mantener lo que ya hemos logrado.

Si no mantenemos esta disciplina no nos habrá servido de nada todo el esfuerzo realizado en las 4S anteriores, por lo que todas las personas que forman parte de la plantilla tienen que estar mentalizadas de esto.

*Shitsuke* está estrechamente relacionado con el término japonés Kaizen, que significa mejora en castellano. Esta filosofía no nos va a permitir retroceder en lo que ya hemos conseguido, y nos forzará a mantener una mejora continua. Así concluye la implantación de *Las 5S* en esta factoría.

## 3.3 CONCLUSIONES

Durante este capítulo se ha mostrado los pasos que hay que seguir para implantar con éxito *Las 5S*, en un modelo creado mediante *Minecraft*. Si bien este modelo no nos proporciona datos reales de los resultados de su implantación, sí que nos permite hacernos una idea clara y visual de los resultados que podemos obtener.

En los dos siguientes capítulos se crearán modelos similares para la implantación de otras herramientas *Lean*, aprovechando el gran abanico que nos ofrece *Minecraft*.

## **Capítulo 4. KANBAN**





## 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica el funcionamiento la herramienta *Kanban* y cómo implantarla, sobre un modelo desarrollado en *Minecraft* para la ocasión. Para ello, se ha creado un sistema productivo sobre el que se mostrará cómo se mueven los materiales dentro de nuestra factoría al aplicar este *Kanban*.

El modelo creado tendrá tres salidas diferentes y dos entradas, aunque nos vamos a encontrar varios pasos intermedios. Para mover el material entre los distintos centros de trabajo vamos a contar con la ayuda de transportadores. También vamos a disponer de dispensadores que simulan los pedidos a empresas externas.

En este capítulo, también se va mostrar qué información tienen que contener *las tarjetas Kanban*, ya que son una parte importantísima de este. Para desarrollar este punto, señalar que existe la limitación de caracteres con la que cuenta *Minecraft*, aunque se ha podido realizar de una forma resumida sin problemas.

## 4.2 FUNCIONAMIENTO FÁBRICA DE MUEBLES

Para explicar el funcionamiento del sistema *Kanban* directamente sobre una planta industrial, se ha elegido una fábrica de muebles. La idea es que al aplicarlo se cumplan algunos de los objetivos principales como: la disminución de stocks, facilitar el control sobre el proceso, incrementar el nivel de servicio, simplificar las tareas o conseguir un flujo continuo de producción.

En esta fábrica vamos a tener tres productos diferentes (camas, carteles y cuadros), y como entrada dos tipos de materias primas (troncos de madera e hilo). El esquema que van a seguir las diferentes piezas en nuestra nave es el siguiente (Figura 4.1):

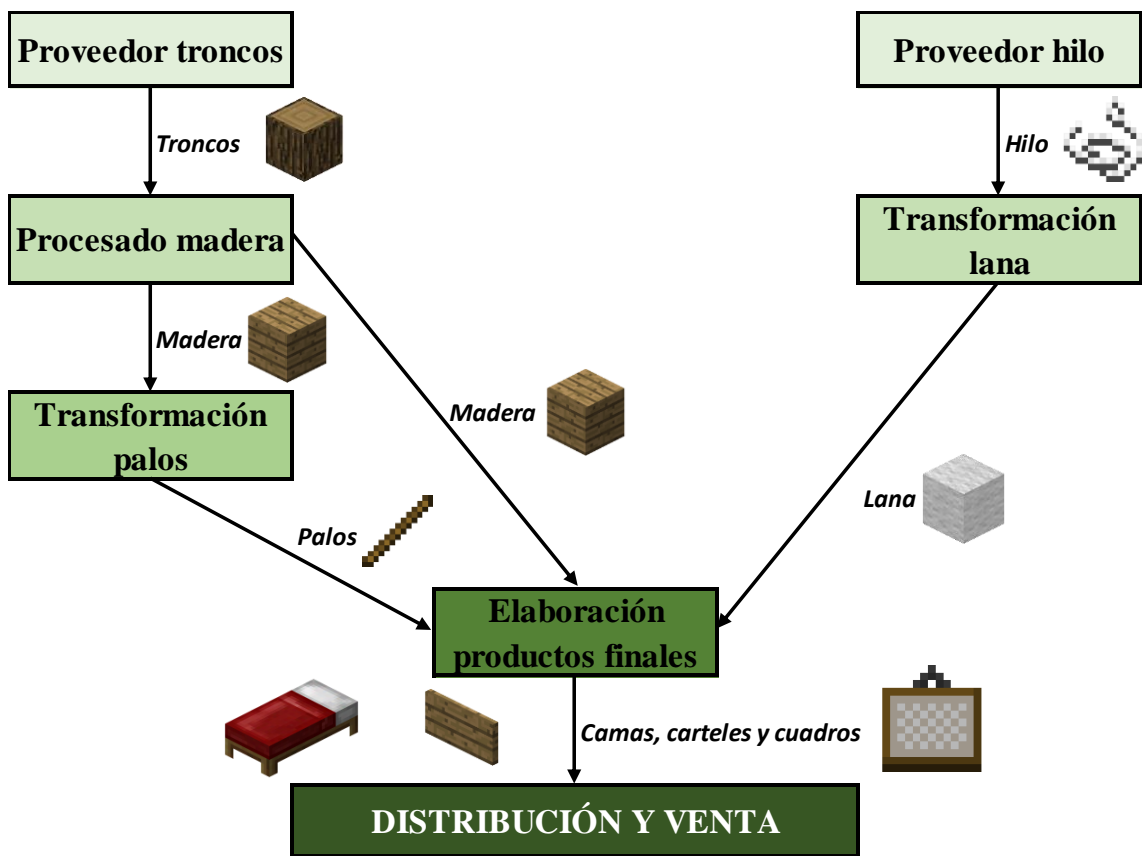


Figura 4.1 Flujograma productivo Kanban (Excel, 2015)

En nuestra planta, en primer lugar vamos a recibir de dos proveedores externos hilo y troncos, éstas serán las dos materias primas del proceso materias. Llegarán a la nave de manera independiente y podremos realizar pedidos por separado (Figura 4.2).



Figura 4.2 Recepción pedidos Kanban (Minecraft, 2015)

Cada pedido está programado para que sea de diez unidades, y se realizará pulsando un botón que simula la llegada de estos materiales a nuestra fábrica. Para realizar este trabajo, disponemos de un dispensador en el que podemos variar el número de unidades.

El siguiente punto por el que van a pasar los productos es por las mesas de trabajo (Figura 4.3), que transformarán nuestras materias primas (hilos y troncos) en madera y lana, respectivamente, hasta que finalmente tengamos los materiales necesarios para realizar nuestros productos elaborados (camas, carteles y cuadros). También vamos a tener un paso intermedio en el que transformaremos la madera en palos.



**Figura 4.3** Mesas trabajo Kanban (Minecraft, 2015)

Por otro lado tenemos las carretillas (Figura 4.4) que se van a encargar de unir los distintos centros de trabajo. Se van a ocupar de trasladar el material y las necesidades, dentro de nuestro sistema productivo. Su funcionamiento es de ida y vuelta, y se activan mediante un botón que hemos situado junto a su llegada a cada centro de trabajo.





Figura 4.4 Carretillas Kanban (Minecraft, 2015)

Por último, se va a mostrar una vista general (Figura 4.5), para enseñar de una forma visual, cómo están distribuidos nuestros centros de trabajo dentro de la planta.



Figura 4.5 Vista general Kanban (Minecraft, 2015)



Para explicar la distribución, lo primero decir que al fondo a la derecha se encuentra la transformación de troncos en madera, y al fondo a la izquierda la de madera en palos. En la parte delantera, tenemos, a la derecha, la elaboración de lana y, a la izquierda, la elaboración de los productos finales. Saliendo de este último centro de trabajo, existe una carretilla que surte de productos fuera de la fábrica (simulando el inicio de la distribución).

### 4.3 TIPOS DE TARJETAS KANBAN

Para explicar los tipos de *tarjetas Kanban* con las que vamos a trabajar, lo haremos desde el punto de vista funcional y también desde el diseño que hemos elegido para realizarlo. Desde el punto de vista funcional, vamos a diferenciar dos tipos: por un lado, tendremos tarjetas de producción y, por otro, las de transporte.

Las *tarjetas de producción* (Figura 4.6) dan la señal para empezar a producir, y los centros de trabajo no tienen permitido fabricar hasta que éstas llegan; si se produce sin estas tarjetas va a suponer que hay que almacenar estas piezas y, por lo tanto, un despilfarro. Esta tarjeta como mínimo tiene que tener la siguiente información: centro de trabajo, número de piezas que tiene que ser producidas y su ubicación.



Figura 4.6 Tarjeta Producción Kanban (Minecraft, 2015)

En primer lugar, en nuestros contenedores mostramos para qué producto final son nuestras piezas. Después, el tipo de tarjeta con la que estamos trabajando, seguido del número de piezas que tiene que haber dentro de nuestro contenedor. Por último, se muestra el centro de trabajo al cual pertenece este contenedor.

Las *tarjetas de transporte* (Figura 4.7) son utilizadas para permitir el transporte de contenedores y piezas entre centros de trabajo. De la misma forma que con el otro tipo de tarjetas, no estará permitido el transporte sin esta tarjeta. Esta tarjeta tiene que tener la información sobre el origen y el destino entre los que se mueve el *Kanban*, además de la información descrita anteriormente.



**Figura 4.7** Tarjeta Transporte Kanban (Minecraft, 2015)

En el caso de las tarjetas de transporte la primera fila nos muestra para qué producto final son estas piezas, seguido del tipo de tarjeta. Las dos últimas filas nos sirven para saber entre qué centros de trabajo se va a mover este contenedor.

También se podía haber introducido sistema *Kanban* para proveedores, pero esta tarjeta es más útil cuando estos se encuentran lejos de la fábrica y, en este caso, como es una simulación las piezas va a aparecer directamente dentro de nuestra nave.

Por último, explicar que se trabaja con *Kanban* de tipo contenedor, ya que es más sencillo de utilizar y es más complicado que se extravié la información que si trabajamos con tarjetas. Funcionará como una tarjeta *Kanban* en el momento que quede vacío el contenedor. La información relativa a la tarjeta se mostrará sobre el mismo contenedor.

## 4.4 KANBAN, SISTEMA PULL

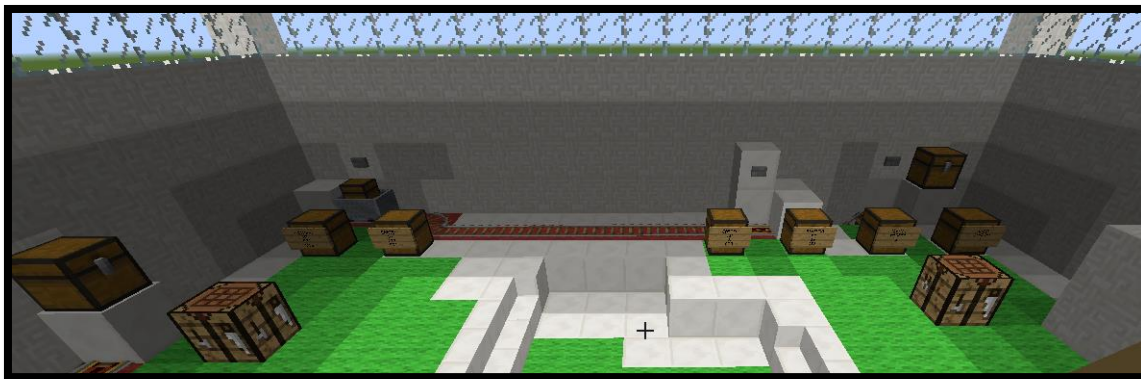
Antes de empezar a mostrar un ejemplo de cómo funciona un sistema *Kanban*, hay que recordar su operativa es de tipo Pull; es decir, va a ser el número de pedidos el que marque a qué ritmo producimos nuevas piezas. En nuestro caso, sólo vamos a producir cuando quede vacío un contenedor *Kanban*.

Los contenedores nos van a ayudar a que se transmita la información entre los centros de trabajo. Al quedar un contenedor vacío se llenará y este proceso provocará un fenómeno de arrastre (es la traducción de Pull), que se transmitirá por todos los centros de trabajo. Así produciremos sólo lo estrictamente necesario, y de esta manera vamos a eliminar prácticamente todos los stocks intermedios.

## 4.5 FUNCIONAMIENTO KANBAN

Para mostrar el funcionamiento de *Kanban*, primero se mostrará cómo funcionará entre dos centros de trabajos adyacentes y posteriormente, se enseñará un ejemplo completo de la creación de una nueva pieza. No se van a utilizar buzones *Kanban*, ya que la idea es que sean los propios contenedores los que marque las necesidades.

Para mostrar el funcionamiento de un ciclo se va a partir de la situación inicial en la que todas las piezas están en su lugar. Se va a realizar el proceso entre dos centros de trabajo adyacentes. Para ello, se han elegido el de fabricación de madera (CT2) y el de troncos (CT3).



**Figura 4.8** Situación Inicial cartel Kanban (Minecraft, 2015)

Supongamos que en el centro de trabajo de troncos (CT3) se utiliza el contenedor de madera destinado a la fabricación de carteles (Figura 4.9).



**Figura 4.9** Consumo madera cartel Kanban (Minecraft, 2015)

En ese momento el contenedor quedará vacío y habrá que trasladarlo hasta el CT2 (madera) para traer un contenedor lleno de madera. Para ello, utilizaremos la carretilla que se encuentra detrás de los contenedores (Figura 4.10).



**Figura 4.10** Carga contenedor cartel Kanban (Minecraft, 2015)

Ahora se va a trasladar el contenedor al siguiente centro de trabajo (Figura 4.11).



**Figura 4.11** Traslado contenedor cartel Kanban (Minecraft, 2015)

Una vez hayamos trasladado el contenedor vacío (Figura 4.12) al CT2, vamos a cambiar las placas identificativas entre los contenedores., para así poder trasladar el que está cargado con madera y poder dejar el vacío para que pueda volver a llenarse.



Figura 4.12 Cambio placas cartel Kanban (Minecraft, 2015)

El siguiente paso es devolver el contenedor cargado, dejando únicamente el contenedor vacío para volver a llenarlo (Figura 4.13).



Figura 4.13 Contenedor vacío cartel Kanban (Minecraft, 2015)

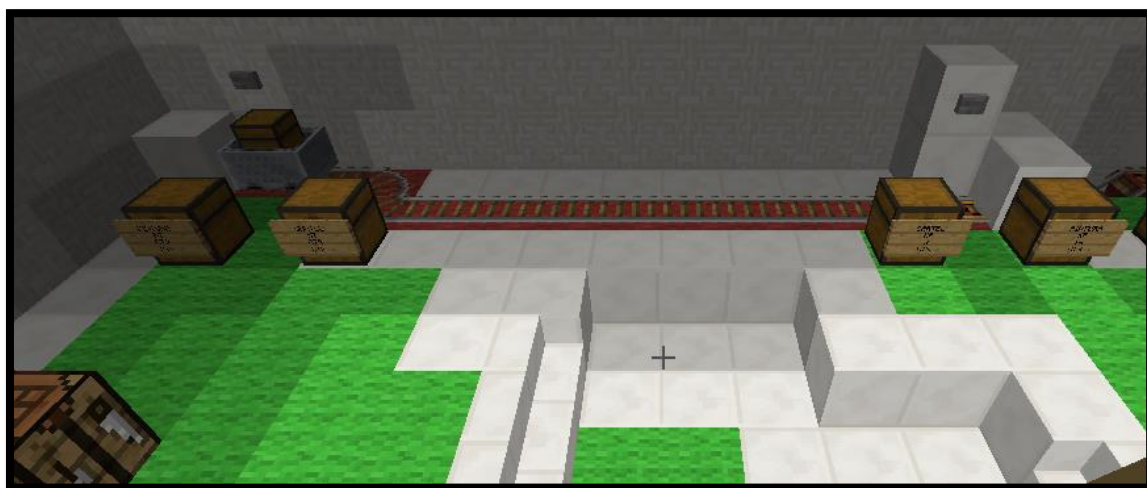


Ahora nos tocará llenar el contenedor vacío que hemos dejado, fabricando de nuevo el número de piezas que marca la tarjeta, que en este caso era de dos piezas, dejando todo como estaba al principio (Figura 4.14).



**Figura 4.14** Contenedor llenado cartel Kanban (Minecraft, 2015)

Una vez que hemos vuelto a la situación inicial, en el CT2 únicamente queda descargar las piezas que hemos trasladado al CT3 (Figura 4.15).



**Figura 4.15** Vuelta situación inicial cartel Kanban (Minecraft, 2015)

Como se puede observar, hemos vuelto a la situación inicial, manteniendo el número de piezas en cada centro de trabajo y, de esta forma, controlando los stocks de seguridad. Como se puede ver el sistema Kanban es tremendamente sencillo, aunque aporta enormes ventajas como su facilidad de control y visualización.

Con el paso del tiempo, hay que intentar conseguir que el número de tarjetas vaya disminuyendo. Y que, por lo tanto, también lo hagan los stocks de seguridad, logrando un aumento de la productividad.

#### 4.5.1 EJEMPLO COMPLETO KANBAN

Ahora se va a mostrar qué proceso completo seguirá en nuestra fábrica un nuevo pedido. Se va a simular el pedido de una cama, pero introduciendo un cambio, para que se pueda mostrar el proceso más visualmente. En este caso, va a ser un sistema de luces el que nos va a ir marcando en qué lugar hacen falta piezas o no.

Al lado de cada contenedor Kanban, se va a situar una lámpara; en caso de estar encendida va a significar que no es necesario realizar ninguna tarea, pero en el caso contrario tendremos que seguir la orden que marque nuestro contenedor (Figura 4.16). Para realizar esta tarea nos valemos del cableado que permite Minecraft mediante *redstone*.



Figura 4.16 Muestra lámpara Kanban (Minecraft, 2015)



Esto nos va a permitir saber si los contenedores están llenos o vacíos de una forma más rápida y visual, ya que Minecraft nos limita al no poder observar el contenido de los baúles. En la realidad, se podrán utilizar otros métodos como utilizar contenedores transparentes. También utilizaré las lámparas para la llegada de nuevos Kanban de transporte.

Para facilitar la comprensión del modelo, a continuación se presenta un esquema del proceso que va a seguir la producción de una cama en nuestra nave (Figura 4.17).

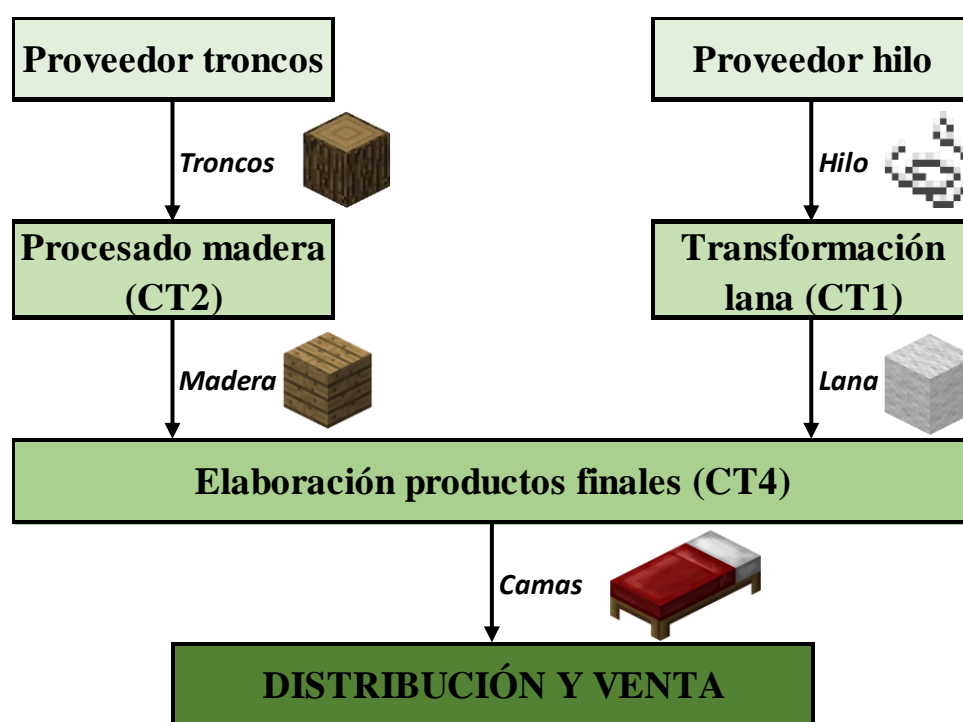


Figura 4.17 Cama esquema Kanban (Minecraft, 2015)

El primer movimiento dentro de nuestro sistema siempre será un nuevo pedido (Figura 4.18). Para realizar este proceso se ha creado fuera de la fábrica una pequeña cabina que simula los nuevos pedidos. En este caso, el pedido será una cama nueva, que originará todo el proceso de arrastre (*Pull*) en nuestra nave.



Figura 4.18 Cama pedido Kanban (Minecraft, 2015)

Una vez llegue nuestro pedido de una cama a nuestro centro de trabajo de productos finales, se encenderá la lámpara que nos indica que existe un pedido (Figura 4.19). Lo enviaremos directamente, quedando vacío nuestro contenedor de camas del CT4.



Figura 4.19 Cama transporte CT5 Kanban (Minecraft, 2015)

Ahora hay que volver a llenar el contenedor que nos ha quedado vacío, para realizar una cama se van a utilizar 3 piezas de lana y 3 de madera (Figura 4.20).



**Figura 4.20** Cama fabricación CT4 Kanban (Minecraft, 2015)

Ahora que ya se ha mandado la cama a la oficina de pedidos, y hemos creado una nueva, nos quedamos en parte en la situación inicial, ya que tenemos una cama preparada en la salida (Figura 4.21).



**Figura 4.21** Cama producción CT4 Kanban (Minecraft, 2015)

Por otro lado, hemos utilizado lana y madera, por lo que hay hacer pedidos internos a otros centros de trabajo; en este caso, al de madera (CT2) y al de lana (CT1). Primero veremos el caso del CT2 (Figura 4.22).



**Figura 4.22** Cama transporte CT4 Kanban (Minecraft, 2015)

Ahora nos trasladamos al centro de trabajo de la madera (CT2), donde nos marcará la lámpara de llegada pedidos que hay una necesidad interna, por lo que tenemos que enviar 3 piezas de madera al centro de trabajo anterior (Figura 4.23).



**Figura 4.23** Cama producción CT2 Kanban (Minecraft, 2015)

Producimos las piezas necesarias para volver a llenar el contenedor de la cama; el proceso de fabricación de madera es el siguiente (Figura 4.24).





**Figura 4.24** Cama fabricación CT2 Kanban (Minecraft, 2015)

Obtenemos cuatro piezas para devolver el pedido de tres piezas al CT4. Como el pedido de troncos se realiza a través de un proveedor, no vamos a necesitar realizar ningún pedido (de momento tenemos stock), por lo que al devolver la carretilla volvemos a la situación inicial en este centro de trabajo (Figura 4.25).



**Figura 4.25** Cama final CT2 Kanban (Minecraft, 2015)

Ahora nos trasladamos al centro de trabajo de la lana (CT1), donde vamos a repetir el proceso seguido en el CT2. De nuevo, tenemos que enviar tres piezas de lana al CT4 para poder restaurar ese centro de trabajo. La lámpara de llegada pedidos muestra que hay necesidad interna (Figura 4.26).



Figura 4.26 Cama producción CT1 Kanban (Minecraft, 2015)

Producimos las piezas necesarias para volver a llenar el contenedor de la cama, el proceso de fabricación de lana es el siguiente (Figura 4.27).



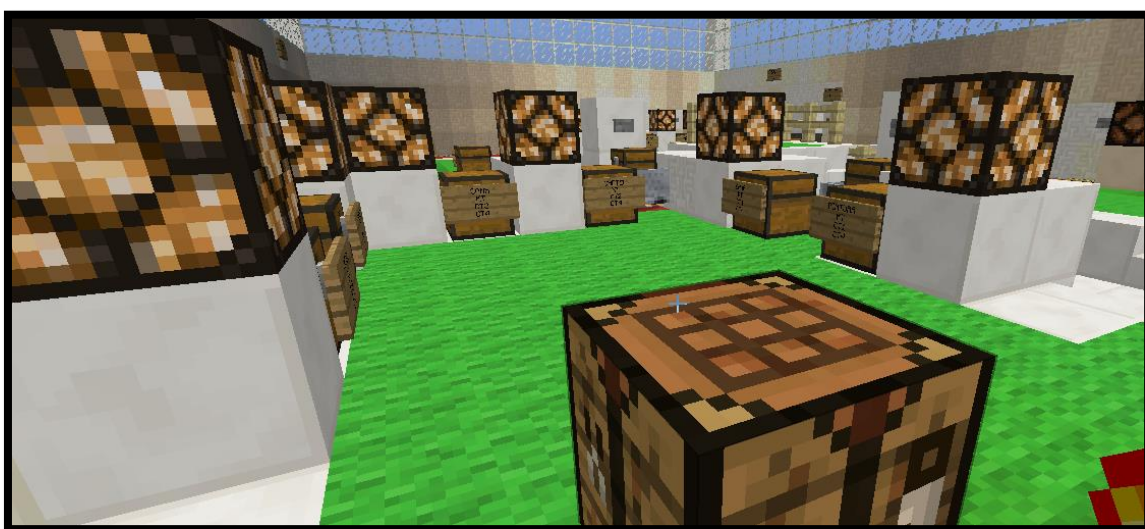
Figura 4.27 Cama fabricación CT1 Kanban (Minecraft, 2015)

Obtenemos una pieza de lana por cada cuatro de hilo utilizado, para devolver el pedido al CT4 necesitaremos repetir el proceso tres veces. En este caso ha sido necesario realizar un pedido al proveedor externo, así que su llegada no es inmediata. Cuando devolvamos la carretilla volveremos a la situación inicial también en este punto (Figura 4.28).



**Figura 4.28** Cama final CT1 Kanban (Minecraft, 2015)

Ya hemos vuelto a la posición inicial en todos los centros de trabajo aunque únicamente falta por mostrar, como en el CT4 han vuelto a llenarse los contenedores de Kanban de transporte (Figura 4.29). Como se puede observar, todas las lámparas están encendidas y el pedido ha sido realizado. Volvemos a encontrarnos en la situación inicial.



**Figura 4.29** Cama final CT4 Kanban (Minecraft, 2015)

Aunque pueda ser algo complicado de explicar, Kanban es una herramienta muy sencilla. Únicamente consiste en ir ocupando los huecos que vamos dejando libres, según se vayan utilizando las piezas. En este ejemplo, se ha utilizado stocks de seguridad mínimos, lo habitual es que sean mayores e ir reduciéndolos con el paso del tiempo.

## 4.6 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha presentado el sistema *Kanban*, su funcionamiento interno y sus reglas. Este sistema proporciona muy buenos resultados si se aplica con efectividad, pero si por el contrario se hace un mal uso del mismo sus efectos son perjudiciales.

Para llevarlo a cabo, existen varias vías en cuanto a la elección del número de tarjetas o diseño de estas. En el presente TFG, se ha optado por simplificar estas elecciones ya que el objetivo es mostrar el proceso de una forma visual.

En el siguiente capítulo se mostrará la herramienta *Heijunka*, la última de las herramientas que se explicarán en este TFG. Esta herramienta se combina de manera muy efectiva con el *Kanban*.



## **Capítulo 5. HEIJUNKA**





## 5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se explica el funcionamiento de *Heijunka*, sobre un modelo inventado. El objetivo de este capítulo es mostrar, de una manera práctica y visual, su proceso de implantación.

Por ello, se ha creado un proceso productivo sobre el que mostraremos los cambios que supone *Heijunka* sobre la planta de una factoría. En esta fábrica, vamos a tener la entrada de hasta 8 materias primas, para componer 3 productos finales. En el proceso se van a crear diferentes productos intermedios, en cada uno de los 6 centros de trabajo. También contaremos con elementos de fabricación (mesas y soportes de pociones) y elementos de enlace (carretillas).

Durante los siguientes apartados se irán explicando el funcionamiento y la implantación de cada uno de los puntos en los que se ha dividido *Heijunka*, a excepción del Takt time, ya que este paso se puede considerar un cálculo teórico, por lo que únicamente se explicará en que consiste, y cómo influye en el resto de técnicas.

## 5.2 FUNCIONAMIENTO FÁBRICA POCIONES

Para mostrar cómo implantar en una fábrica *Heijunka* se ha elegido una fábrica de pociones. Vamos a tener 3 tipos de pociones finales: de velocidad +, de velocidad +2 y de resistencia al fuego+.

El esquema productivo es algo más complicado que en las simulaciones de los anteriores capítulos. En este caso, vamos a contar con la entrada de 8 materias primas y se van a formar 7 productos intermedios. Estos se van a transformar en los 6 centros de trabajo de los que consta la fábrica. Por ello, vamos a mostrar todos los centros de trabajo y materiales que se ven involucrados en el siguiente esquema (Figura 5.1):

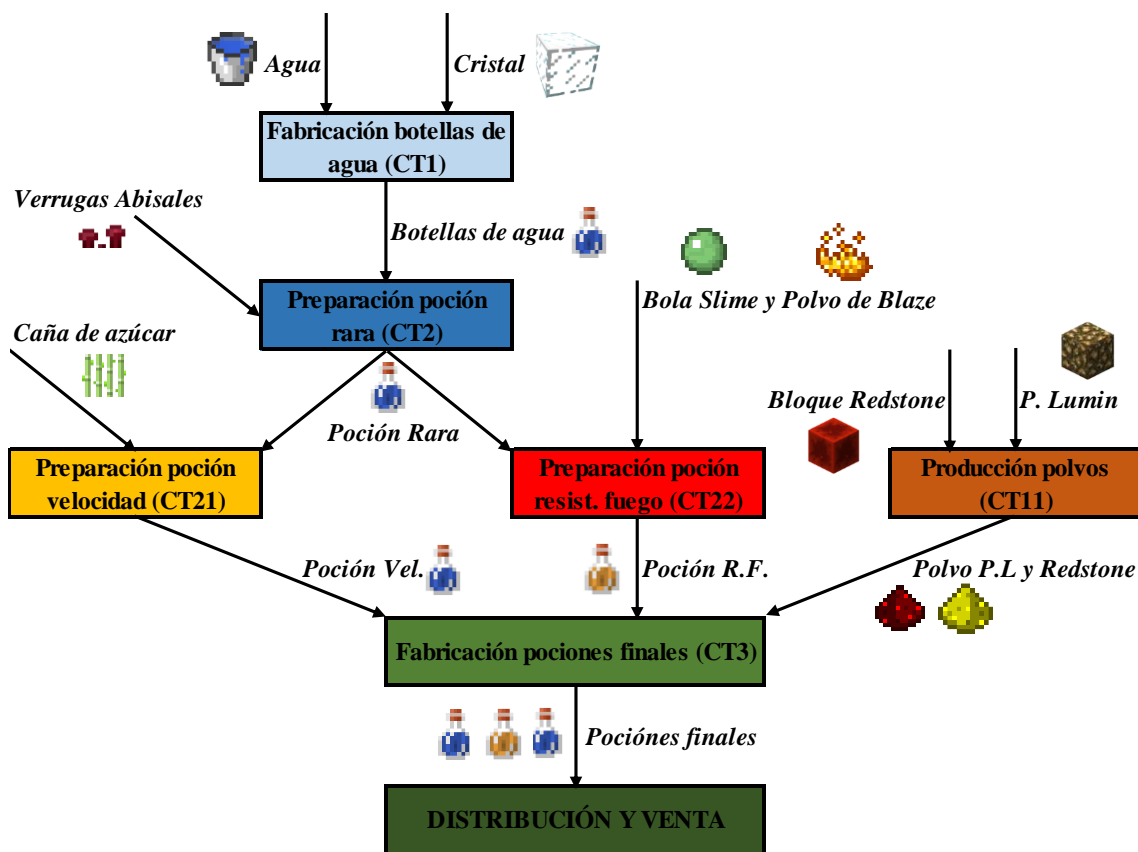


Figura 5.1 Flujograma productivo Heijunka (Elaboración propia)

La vista aérea de esta factoría (Figura 5.2) nos permite diferenciar los distintos centros de trabajo y su conexión mediante los transportadores. Aunque es más sencillo seguir el proceso por el esquema anterior.



Figura 5.2 Situación inicial global Pociones (Minecraft, 2015)

Como es un proceso productivo más largo que los anteriores, se va ir explicando por orden cada centro de trabajo. Vamos a empezar por el CT1, centro de trabajo en el que vamos a recibir cristal y con el crearemos botellas de agua. Las botellas van a ser la base del resto de procesos de nuestra factoría.

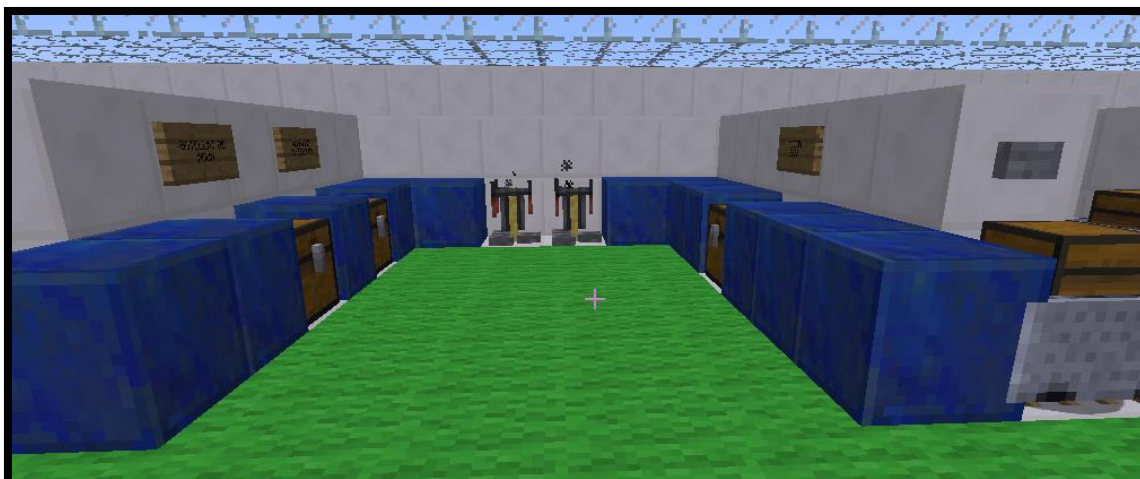
En el CT1 (Figura 5.3) vamos a contar con una mesa de trabajo que nos va ayudar a fabricar las botellas, que posteriormente llenaremos de agua en la fuente que se encuentra a continuación. Además, contaremos con los baúles en los que vamos a guardar los productos iniciales, finales e intermedio. Por último, contamos con las carretillas que nos ayudarán a trasladar las botellas de agua al siguiente centro de trabajo.



**Figura 5.3** Situación inicial CT1 Pociones (Minecraft, 2015)

El siguiente centro de trabajo es el CT2 (Figura 5.4); aquí modificaremos la composición de las botellas de agua añadiendo arrugas abisales. Para realizar esta transformación se cuenta con un soporte para pociones. Como en el caso anterior, también contamos con baúles intermedios y dos transportadores; un transportador para cada uno de los procesos en los que se divide.

A partir de este centro de trabajo (CT2) el sistema productivo se divide en dos, el CT21 y el CT22. La diferencia va a ser los componentes que vamos a añadir a cada una de nuestras pociones raras.



**Figura 5.4** Situación inicial CT2 Pociones (Minecraft, 2015)

Vamos a empezar por el CT21 (Figura 5.5), en este centro de trabajo vamos a transformar la poción rara que ya teníamos, en una poción de velocidad. Para ello, se va a añadir azúcar a nuestra poción. Como recibimos como materia prima caña de azúcar, primero hay que transformarla en azúcar; por eso contamos con una mesa de trabajo. Además, contamos con un soporte para pociones desde donde poder añadir este componente.



**Figura 5.5** Situación inicial CT21 Pociones (Minecraft, 2015)

En el CT22 (Figura 5.6) se va a transformar la poción rara en una poción de resistencia al fuego. Para ello, tenemos que añadir dos componentes: polvo de Blaze y bolas de Slime.



Estos componentes se combinan para producir crema de magma (lo hacemos con una mesa de trabajo), que es el componente que añadiremos a nuestra poción en el soporte para pociones.



**Figura 5.6** Situación inicial CT22 Pociones (Minecraft, 2015)

Antes de explicar el CT3, donde produciremos las pociones que después venderemos, se va a explicar el CT11. Este centro de trabajo funciona en paralelo a la línea productiva principal. En él se va a producir los polvos que añadiremos en el último centro de trabajo, en el CT3.

El CT11 no está colocado como los demás centros de trabajo siguiendo la línea productiva, sino que está al lado del CT3. Esto se debe a que es el único centro de trabajo con el que está relacionado.

En el CT11 (Figura 5.7) se van a transformar los bloques en bruto que nos llegan como materias primas: bloque de redstone y piedra luminosa. Los bloques los vamos a moler sobre la mesa de trabajo de este centro de trabajo, produciendo redstone y polvo de piedra luminosa.



**Figura 5.7** Situación inicial CT11 Pociones (Minecraft, 2015)

Por último, se va explicar el CT3 (Figura 5.8), que será donde terminemos nuestras pociones y de donde saldrán nuestros productos terminados. A este centro de trabajo llegarán pociones de velocidad del CT21, pociones de resistencia al fuego del CT22 y redstone y polvo de piedra luminosa del CT11.



**Figura 5.8** Situación inicial CT3 Pociones (Minecraft, 2015)

De este último centro de trabajo van a salir tres pociones, que serán las que después se distribuirán por los puntos de venta: poción de velocidad +, poción de velocidad 2+ y



poción de resistencia al fuego +. La primera sale de combinar la poción de velocidad con redstone, mientras que las otras dos son la combinación de las pociones de origen con polvo de piedra luminosa.

La conexión entre los centros de trabajo está automatizada mediante carretillas, que ayudarán a transportar los materiales. En el siguiente punto se va a proceder a explicar de manera detallada la implantación de Heijunka sobre esta factoría.

### **5.3 PRINCIPIOS HEIJUNKA**

Como vimos en la descripción inicial del capítulo 1, *Heijunka* es una herramienta que nos va a ayudar a nivelar y planificar nuestra demanda. Para implantar esta técnica necesitamos saber la demanda de los clientes; en este caso va a ser inventada ya que no es posible programarlo con Minecraft.

Lo interesante de esta herramienta es que la producción no va a variar según la demanda de los clientes sino que nos vamos a basar en ésta para ajustar nuestros planes de producción. Esto nos va a permitir trabajar con un ritmo de trabajo constante, ofreciendo una mayor flexibilidad a nuestro proceso productivo.

Otra ventaja es que al reducir el tamaño de lote, reduciremos el tiempo de entrega a nuestros clientes y, por tanto, ofrecernos un mejor servicio al cliente. También vamos a lograr alargar la vida útil de nuestros equipos, ya que conocemos de antemano a qué ritmo van a trabajar.

En definitiva, al trabajar una producción nivelada y estabilizada vamos a lograr reducir despilfarros al mínimo. Su implantación se va a dividir en los cuatro puntos que ya vimos: usar células de trabajo, flujo continuo, tiempo de ritmo y nivelar el volumen de producción. Este conjunto de técnicas nos van a permitir mantener un flujo constante y a un ritmo constante en nuestro sistema productivo.

### 5.3.1 CÉLULAS DE TRABAJO

El primer paso en la implantación de las células de trabajo de *Heijunka* es la creación de un flujo de planta, es decir, que la distribución de los centros de trabajo esté orientada con las fases del proceso productivo. De esta forma se permite que el flujo sea constante y continuo.

Este punto se cumple ya que los centros de trabajo siguen el mismo orden que nuestro esquema inicial (Figura 5.1). En la siguiente imagen (Figura 5.9) se muestra el ejemplo de la conexión de los dos primeros centros de trabajo.



**Figura 5.9** Células de trabajo orden CT1-CT2 (Minecraft, 2015)

En cuanto a la forma que mejor cumple los requerimientos de *Heijunka*, ésta es la “célula flexible”, adopta la forma física de “U”. Lo esencial de esta distribución es que la entrada y la salida se encuentran en el mismo lugar. Dentro de esta célula los procesos siguen el orden continuo, con la ventaja de la cercanía en caso de que se necesite ayuda de algún tipo.

En nuestro caso, vemos en el ejemplo del CT1 (Figura 5.10) que la entrada y la salida están en la misma posición. Además, observamos cómo el proceso es continuo: se coge el cristal, se transforma en botella, se llena de agua...



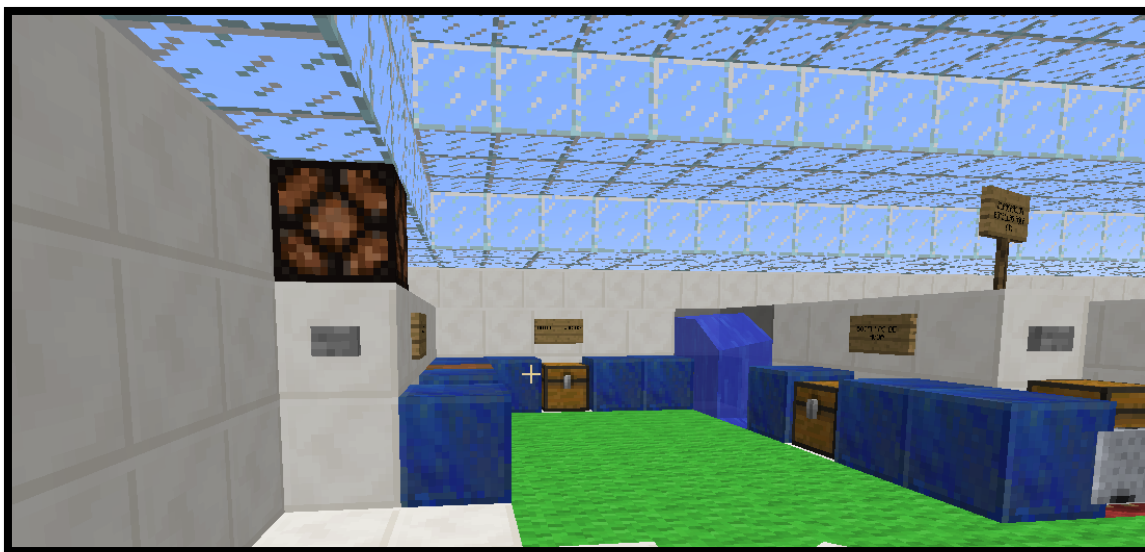
**Figura 5.10** Células de trabajo U CT1 (Minecraft, 2015)

Cada una de las celdas se va encargar de producir una familia de partes del producto final; estas partes tienen que tener alguna similitud entre ellas. Con esta distribución es como si consiguiéramos tener varias fábricas dentro de nuestra fábrica.

Al adoptar esta distribución en planta, vamos a experimentar mejoras en calidad y plazos, un menor inventario, reducción del espacio en planta,... Pero también va a suponer un esfuerzo, ya tenemos que contar con personal especializado y flexible, disponer de personal de apoyo o identificar las familias de productos.

Por último, decir que podemos instalar sistemas anti error en cada una de las células para facilitar al personal de apoyo la detección de errores, además, nos permite ver posibles fallos o retrasos en el sistema.

Se han instalado sistemas de detección de fallos en todos los centros de trabajo. En la CT1 se ha instalado un botón (Figura 5.11) que debe pulsar el personal en caso de que ocurriera algún error, este botón encenderá la lámpara a la que está conectado.



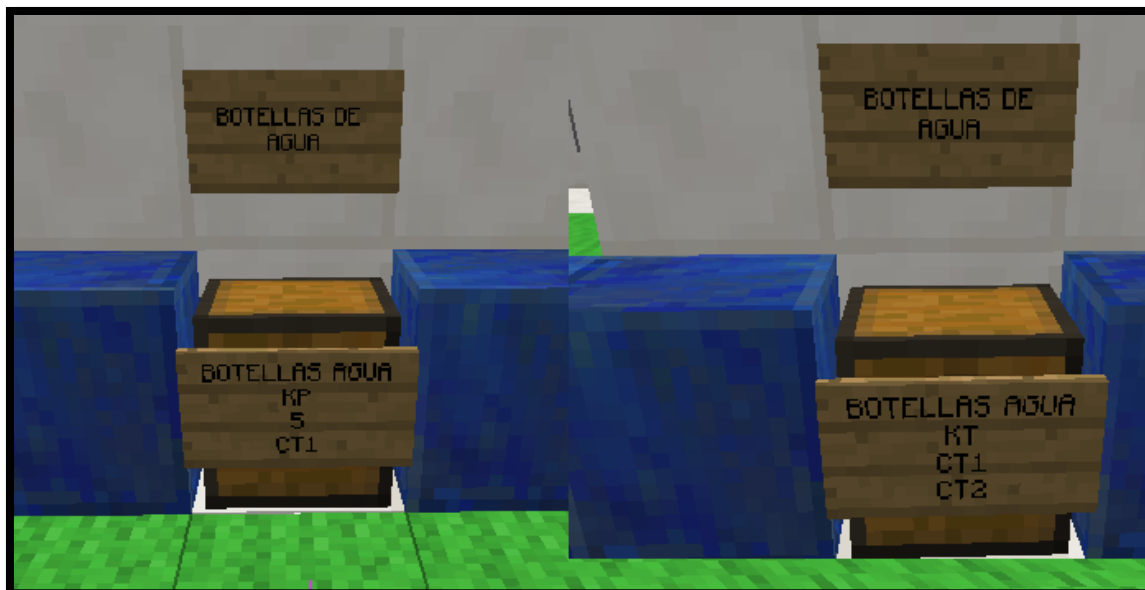
**Figura 5.11** Células de trabajo botón anti error CT1 (Minecraft, 2015)

### 5.3.2 FLUJO CONTINUO

El concepto de mantener un flujo continuo, como vimos en el primer capítulo, se resume en la frase “mover uno, producir uno”. De esta forma nos vamos a asegurar que una operación al final del proceso productivo se traduzca en una operación al principio del mismo. En otras palabras, conseguimos reducir los plazos de producción y el número de despilfarros.

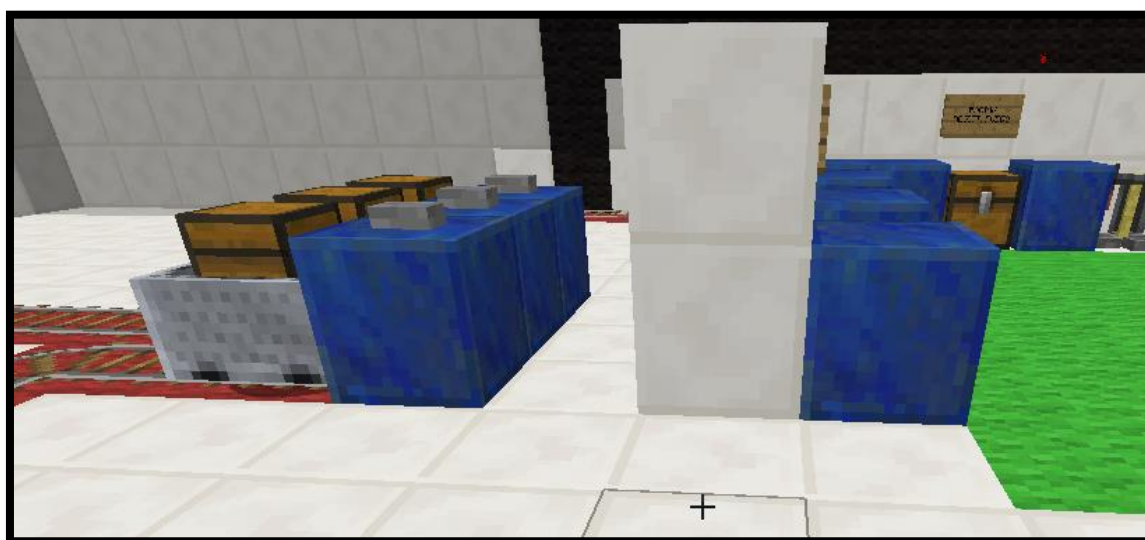
El flujo continuo va a suponer que nunca se interrumpa nuestro proceso para que se pueda trabajar a un ritmo fluido. Para ello, vamos a contemplar tres niveles distintos. El primero es el flujo de información, que debe estar normalizado; nos podemos ayudar de la herramienta descrita en el capítulo anterior, *Kanban*.

Además de nivelar la producción y mantener un seguimiento diario de ésta, *Kanban* nos va a permitir que la información fluya por nuestra factoría. En la siguiente imagen (Figura 5.12), se puede observar cómo se utiliza el sistema de *tarjetas Kanban* que vimos en el capítulo anterior.



**Figura 5.12** Flujo continuo tarjetas Kanban CT1-CT2 (Minecraft, 2015)

Para el flujo de materiales vamos a necesitar equipo necesario para su transporte (Figura 5.13). Además, como hemos instalado el sistema *Kanban* tenemos un sistema Pull, con lo que reducimos también el trabajo en proceso y reducimos los despilfarros.



**Figura 5.13** Flujo continuo transporte CT3 (Minecraft, 2015)

Por último, nos queda normalizar el flujo de operarios. Para ello, tenemos que contar con personal flexible que puedan realizar trabajos en varias líneas, por si encontramos algún

problema en alguna de ellas. Recordar que estamos trabajando con células flexibles cuya configuración puede cambiar.

Para hacer más sencillo el proceso podemos normalizar el trabajo en función de la demanda y sincronizar el proceso con el Takt time. Explicaremos este concepto en el siguiente punto.

### 5.3.3 TAKT TIME

Este concepto no se puede explicar mediante *Minecraft*, ya que se trata de sincronizar el tiempo de producción con el de ventas. La clave es saber a qué ritmo hay que producir se calcula mediante la fórmula que aparece en el primer capítulo. Aunque pueda parecer sencillo requiere de un esfuerzo cumplir con los ritmos, ya que existen complicaciones, como los cambios en el proceso o las deficiencias de nuestro sistema.

### 5.3.4 NIVELACIÓN Y CASILLERO HEIJUNKA

El último paso va a ser nivelar la producción. En el primer capítulo se ha explicado cómo hacerlo mediante el método desarrollado por *Toyota*. Este método nos va a decir en qué orden vamos a producir los distintos productos. Esto, combinado con el tiempo de producción y el Takt time, nos permitirá saber cuándo, que pieza y a qué ritmo, producir en cada intervalo de tiempo.

Una vez conozcamos en qué orden vamos a producir nuestras piezas, vamos a ayudarnos de la herramienta *Heijunka Box* o *Casillero Heijunka*. Este sistema no sólo nos va a decir qué pieza tenemos que realizar en cada momento, sino que también en qué intervalo de tiempo.

Un *Casillero Heijunka* tiene que tener, por lo menos, información del intervalo de tiempo en el que hay que crear cada pieza y el tipo de producto (Figura 5.14).



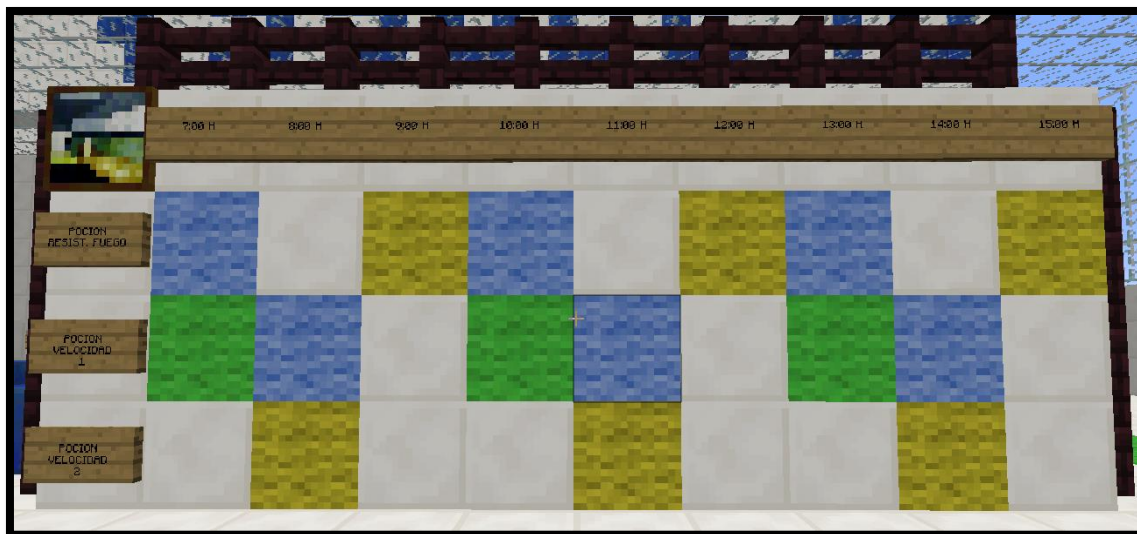


Figura 5.14 Casillero Heijunka pociones (Minecraft, 2015)

Donde cada color representa el número de piezas que hay que realizar (Figura 5.15).

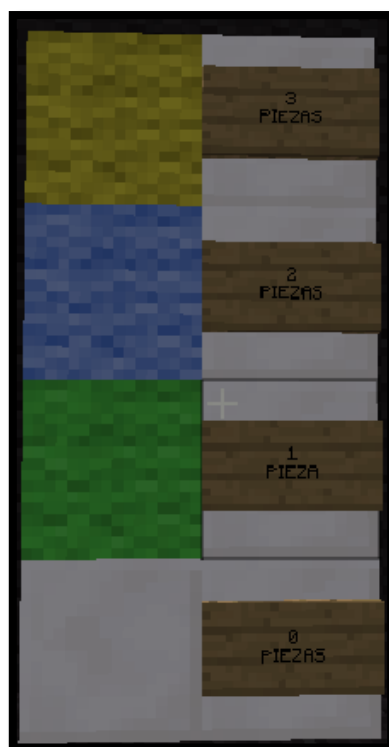
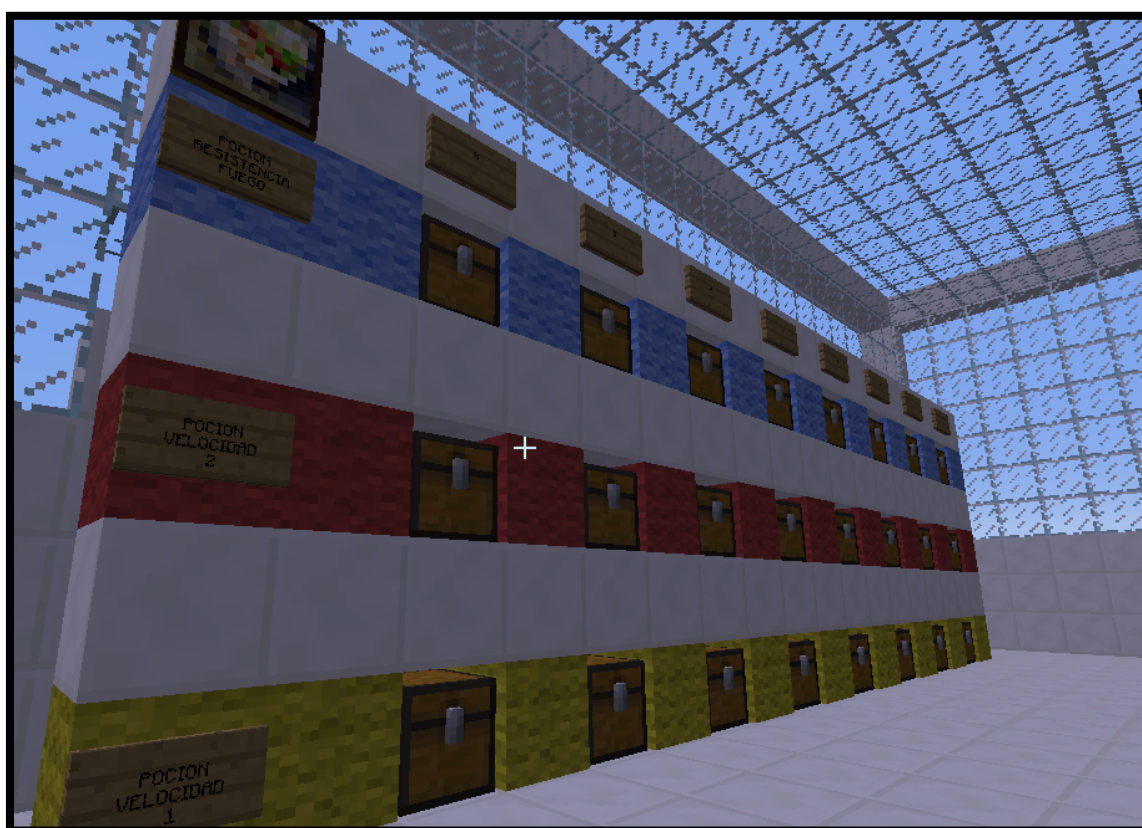


Figura 5.15 Casillero Heijunka código colores pociones (Minecraft, 2015)

En el tablero anterior se muestra la información de cuántas piezas hay que fabricar en cada intervalo. Además, el casillero cuenta con un reloj para saber en qué intervalo nos encontramos.

El anterior *casillero Heijunka* ha servido para mostrar visualmente cómo va a ser su diseño pero, puesto que este casillero va a contener *tarjetas Kanban*, en la simulación no se ha utilizado con esa forma, sino que se han utilizado baúles que contendrán las diferentes órdenes de producción (Figura 5.16).



**Figura 5.16** Casillero Heijunka Kanban pociones (Minecraft, 2015)

El tablero que he elegido para la simulación va a tener este aspecto, porque dentro de cada baúl está la orden *Kanban* que hay que realizar en cada intervalo de tiempo. Estas tarjetas son las que van a arrastrar al resto del proceso productivo, funcionando como un sistema Pull.



## 5.4 CONCLUSIONES

Durante este capítulo se han mostrado algunos de los pasos que hay que seguir para implantar con éxito *Heijunka*, centrándose sobre las medidas físicas que tenemos que tomar. Sería interesante combinar *Minecraft* con otro programa en el caso de *Heijunka*, ya que tanto en la nivelación como en el Takt time se trabaja con valores numéricos. Si bien este modelo no nos permite tomar datos reales, nos permite ver visualmente los cambios que experimenta una factoría al implantar esta herramienta.

Con este capítulo se da por concluido el trabajo realizado sobre las simulaciones en *Minecraft*. Mostraremos, a continuación, el estudio económico de este TFG.



# **Capítulo 6. ESTUDIO ECONÓMICO**





## 6.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo valorar económicamente el conjunto del TFG. En este caso, se va presupuestar las horas de ingeniería, y los recursos empleados en el diseño y elaboración de cada una de las fases del TFG. No se valorará la implantación física de las herramientas utilizadas.

No va a hacer falta considerar el coste de nuevos equipos, ni de nuevos locales. Únicamente, se va a presupuestar el coste de los materiales, y de las horas de diseño, análisis y elaboración, de cada una de las herramientas desarrolladas.

## 6.2 PERSONAL IMPLICADO

Las personas que se van a ver involucradas en este proyecto pueden ser calificadas según sus cometidos. En primer lugar, nos encontramos con el *Director de proyecto*. Será el responsable de la idea y planificación de este TFG. Además, va a ser el encargado de coordinar a las diferentes personas que van intervenir y el responsable de dar el visto bueno final.

Por otro lado, tendremos al *Ingeniero de Organización Industrial*. Será quien se encargue del diseño y elaboración del proyecto. Va a definir sus especificaciones, y también deberá realizar el diseño y construcción de la distribución en planta de cada una de las herramientas. El trabajo desarrollado deberá ser del agrado del *Director del proyecto*.

Por último, contamos con un *Auxiliar administrativo* encargado de la recopilación de la información necesaria y de ayudar al *Ingeniero* a confeccionar la memoria. La organización del proyecto se puede resumir en la siguiente imagen (Figura 6.1):



**Figura 6.1** Organización personal implicado (Elaboración propia)

## 6.3 ESTUDIO ECONÓMICO

A partir de este punto se va a desarrollar el estudio económico, relacionado con los diferentes elementos que conforman este TFG.

Se va a realizar la contabilidad por actividades; cada una de ellas se desglosará en los diferentes costes que las componen. De este modo va a ser posible valorar de manera independiente cada uno de los elementos que intervienen en este TFG.

### 6.3.1 HORAS EFECTIVAS Y TASAS HORARIAS

Antes de obtener los costes de las distintas actividades del proyecto, se van a calcular en este apartado las tasas por hora y por semana de los salarios. Con estas tasas se efectuarán las valoraciones presupuestarias.

En primer lugar, se van a calcular el número de horas efectivas (Tabla 6.1) que va a tener este TFG. También el número de semanas (Tabla 6.2). Para realizarlo se van a contabilizar únicamente los meses en los que se ha realizado el trabajo, es decir: febrero, marzo, abril, mayo y junio.

Concepto	Días/Horas
Cuatrimestre (150 días)	150
Sábados y domingos (35 días)	35
Días festivos vacaciones	8
Días festivos reconocidos	5
Media días perdidos enfermedad	6
Cursos formación	2
<b>Total días estimados</b>	<b>94</b>
<b>Total horas efectivas (8 horas/día)</b>	<b>752</b>

**Tabla 6.1** Horas efectivas (Elaboración propia)

Concepto	Semanas
Año medio	21,4
Vacaciones y festivos	1,9
Enfermedad	0,9
Formación	0,3
<b>Total semanas</b>	<b>18,4</b>

**Tabla 6.2** Semanas efectivas (Elaboración propia)

Para el desarrollo del proyecto, se va a considerar el personal mencionado en el capítulo anterior. Es decir: un director de proyecto, un ingeniero y un auxiliar administrativo. El coste de cada uno de ellos es el siguiente (Tabla 6.3).

Concepto	Director	Ingeniero	Auxiliar
Sueldo (5 meses)	21.536 €	9.641 €	7.763 €
Seguridad Social (35%)	7.538 €	3.374 €	2.717 €
Total	29.074 €	13.016 €	10.481 €
<b>Coste horario</b>	<b>38,66 €</b>	<b>17,31 €</b>	<b>13,94 €</b>
<b>Coste semanal</b>	<b>1.577,66 €</b>	<b>706,28 €</b>	<b>568,71 €</b>

Tabla 6.3 Coste profesionales (Elaboración propia)

### 6.3.2 CÁLCULO DE LAS AMORTIZACIONES DEL EQUIPO

Para todo el equipo informático se va a considerar un periodo de amortización de cuatro años. El equipo está destinado a realizar las tareas de recopilación de la información, y de la elaboración y de diseño del TFG. El coste de este equipo va a quedar reflejado en la Tabla 6.4.

Concepto	Coste	Cantidad	Coste Total
<b>Hardware utilizado:</b>			
Ordenador TOSHIBA Tecra Z40-A-15C	998,34 €	1	998,34 €
Escaner HP Scanjet 5590	483,69 €	1	483,69 €
Impresora HP Officejet 150	399,91 €	1	399,91 €
<b>Software utilizado:</b>			
Licencia Paquete Office Profesional 2013	269,00 €	1	269,00 €
Licencia Minecraft	20,00 €	1	20,00 €
Licencia Windows 7	150,00 €	1	150,00 €
			<b>2.320,94 €</b>

Tipo	Número	Amortización
<b>Diaria</b>	<b>6,17</b>	<b>1,59 €</b>
<b>Semanal</b>	<b>31,49</b>	<b>11,13 €</b>
<b>Horaria</b>	<b>0,77</b>	<b>0,20 €</b>

Tabla 6.4 Costes equipo informático (Elaboración propia)



### 6.3.3 COSTE MATERIAL CONSUMIBLE

Para los consumibles, también se ha calculado su consumo medio, por persona y horas de trabajo, obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 6.5):

Concepto	Coste
Papel de impresora	20,00 €
Suministros impresora	90,00 €
CD's	15,00 €
Otros	150,00 €
<b>Coste total por persona</b>	<b>275,00 €</b>
<b>Coste horario por persona</b>	<b>0,37 €</b>

Tabla 6.5 Costes material consumible (Elaboración propia)

### 6.3.4 COSTES INDIRECTOS

En este punto se van a contabilizar los gastos que hacen referencia a consumos de electricidad, teléfono, alquileres, calefacción,... Se han calculado las tasas de coste de cada uno de estos conceptos, por persona y hora. Los resultados se pueden observar en la Tabla 6.6.

Concepto	Coste
Teléfono e internet	175,00 €
Alquiler	600,00 €
Electricidad, agua y calefacción	500,00 €
Otros	450,00 €
<b>Coste total por persona</b>	<b>1.725,00 €</b>
<b>Coste horario por persona</b>	<b>2,29 €</b>

Tabla 6.6 Costes indirectos (Elaboración propia)

### 6.3.5 TIEMPOS DE CADA FASE DEL PROYECTO

En primer lugar, se va a describir cada una de las fases en las que se ha dividido el proyecto. La primera fase va a ser la planificación general, en ella se van a definir los objetivos y las especificaciones del proyecto. Se van a determinar las actividades que se llevarán a cabo para realizar este TFG.

La segunda fase va a ser la estimación de recursos y costes, se calculan de una manera aproximada los tiempos y costes. En esta fase se mostrarán los “riesgos” de seguir con el proyecto. Le sigue la obtención de información; aquí se reunirá el conjunto de datos de las que precisa este TFG. Va a garantizar que se realice un buen trabajo más adelante.

La cuarta fase va a ser el desarrollo del TFG, va a ser la parte más importante ya que será donde se muestren las herramientas con las que hemos trabajado. Por último, se va a realizar de la edición de la documentación; en esta fase es donde se genera este archivo.

Conociendo la división de las distintas fases, podemos determinar la dedicación temporal por parte del personal. Se puede observar el reparto en la Tabla 6.7.

Personal	Horas dedicadas				
	I	II	III	IV	V
Director del proyecto	10	10	5	10	10
Ingeniero Organización Industrial	10	10	85	100	25
Auxiliar administrativo	0	0	10	10	25
<b>Total horas</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>60</b>

Tabla 6.7 Horas dedicadas por persona (Elaboración propia)

## 6.4 COSTES ASIGNADOS A CADA FASE DEL PROYECTO

Para asignar los costes calculados para cada fase del proyecto se tendrán en cuenta las horas que dedica cada persona a cada etapa. También se prestará atención a las tasas salariales, a la amortización, a los costes indirectos,...

### 6.4.1 PLANIFICACIÓN GENERAL

En esta etapa intervienen el *director del proyecto* y el *ingeniero de organización*. El *director* define las líneas de actuación que se deben cumplir, en colaboración con el *ingeniero*. En base al tiempo empleado los costes se reparten de la siguiente manera (Tabla 6.8).

Concepto		Horas	Coste Hora	Coste
Personal	Director	10	38,66	386,60 €
	Ingeniero	10	17,31	173,10 €
Amortización	Eq. Informático	2	0,2	0,40 €
Material consumible	Varios	22	0,37	8,14 €
Costes indirectos		22	2,29	50,38 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>618,62 €</b>

Tabla 6.8 Costes planificación (Elaboración propia)

### 6.4.2 ESTIMACIÓN DE RECURSOS TIEMPOS Y COSTES

En esta fase todavía no interviene el *auxiliar administrativo*. Tendrá los siguientes costes asociados (Tabla 6.9):

Concepto		Horas	Coste Hora	Coste
Personal	Director	10	38,66	386,60 €
	Ingeniero	10	17,31	173,10 €
Amortización	Eq. Informático	5	0,2	1,00 €
Material consumible	Varios	25	0,37	9,25 €
Costes indirectos		25	2,29	57,25 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>627,20 €</b>

**Tabla 6.9** Costes estimación (Elaboración propia)

### 6.4.3 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

En esta fase el *ingeniero* será el que más tiempo dedique, ya que es donde se sientan las bases del que se hará después. Para realizar la tarea se ayudará del *auxiliar administrativo*. Se pueden observar los costes en la Tabla 6.10:

Concepto		Horas	Coste Hora	Coste
Personal	Director	5	38,66	193,30 €
	Ingeniero	85	17,31	1.471,35 €
	Auxiliar	10	13,94	139,40 €
Amortización	Eq. Informático	75	0,2	15,00 €
Material consumible	Varios	160	0,37	59,20 €
Costes indirectos		160	2,29	366,40 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>2.244,65 €</b>

**Tabla 6.10** Costes obtención información (Elaboración propia)

### 6.4.4 DESARROLLO DEL TFG

Como se observa en la imagen (Tabla 6.11), no sólo es la fase más larga del proyecto, sino la que más recursos necesitará.

Concepto		Horas	Coste Hora	Coste
Personal	Director	10	38,66	386,60 €
	Ingeniero	100	17,31	1.731,00 €
	Auxiliar	10	13,94	139,40 €
Amortización	Eq. Informático	100	0,2	20,00 €
Material consumible	Varios	200	0,37	74,00 €
Costes indirectos		200	2,29	458,00 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>2.809,00 €</b>

**Tabla 6.11** Costes desarrollo TFG (Elaboración propia)

### 6.4.5 EDICIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN

Por último, veremos los costes de generar el archivo final (Tabla 6.12):

Concepto		Horas	Coste Hora	Coste
Personal	Director	10	38,66	386,60 €
	Ingeniero	25	17,31	432,75 €
	Auxiliar	25	13,94	348,50 €
Amortización	Eq. Informático	40	0,2	8,00 €
Material consumible	Varios	65	0,37	24,05 €
Costes indirectos		65	2,29	148,85 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.348,75 €</b>

**Tabla 6.12** Costes obtención información (Elaboración propia)

## 6.5 RESULTADOS FINALES

En este punto se analizarán los resultados obtenidos en los apartados anteriores. Se va a utilizar la siguiente tabla resumen (Tabla 6.13).

Fases	Horas	Coste
Planificación general	22	618,62 €
Estimación de recursos, tiempo y costes	25	627,20 €
Obtención de información	160	2.244,65 €
Desarrollo TFG	200	2.809,00 €
Edición de la documentación	65	1.348,75 €
<b>TOTAL</b>	<b>472</b>	<b>7.648,22 €</b>

**Tabla 6.13** Costes resumen (Elaboración propia)

### 6.5.1 CÁLCULO TIEMPOS TOTALES

Los tiempos los calculamos como la suma de los tiempos de cada fase. La duración total de este TFG va a ser de **472 horas**. A continuación se ve desglosado (Figura 6.2).

**Tiempo empleado en cada fase**



**Figura 6.2** Desglose tiempos (Elaboración propia)

En la anterior representación gráfica se observa como las fases de *obtención de información* y la del *desarrollo del TFG* ocupan prácticamente el 75% del tiempo total del proyecto.

## 6.5.2 CÁLCULO COSTES FINALES

El coste se obtiene como la suma de las cinco fases anteriores. El coste total del TFG es de **7.648,22€**. En la siguiente imagen (Figura 6.3) se pueden ver desglosados; se observa, está algo más repartido que la división de tiempos.



**Figura 6.3** Desglose costes (Elaboración propia)

Aun así, se puede ver que las fases de edición de la documentación, desarrollo TFG y obtención de la información son las que más recursos han gastado en este TFG. Gastan más del 80 % de nuestro presupuesto.





# CONCLUSIONES





## INTRODUCCIÓN

En este capítulo se resumen los resultados obtenidos gracias al trabajo desarrollado en este TFG. Además, se pretende analizar el grado de consecución de los objetivos iniciales y destacar lo más relevante del TFG. Para finalizar, se van a plantear las posibles líneas de mejora en el futuro.

## CONCLUSIONES

En primer lugar, hay que recordar el principal objetivo de este TFG, era conseguir de una forma muy visual y didáctica mostrar en *Minecraft* el funcionamiento de algunas herramientas de *Lean Manufacturing*. La utilización de un videojuego como *Minecraft* para realizar esta tarea ha sido un éxito, ya que permite en todo momento la libertad que se necesita para implantar distintas herramientas de esta filosofía.

Como en cualquier videojuego, se necesita un tiempo de aprendizaje hasta que se obtiene cierta destreza en su manejo. Al principio, es una tarea lenta y compleja construir escenarios como los que se muestran en este TFG. Pero una vez se domina *Minecraft*, las opciones que ofrece son ilimitadas, y se consigue automatizar procesos que no se podrían haber mostrado de otra forma.

En cuanto al aspecto visual, el objetivo se ha cumplido. Las capturas tomadas sobre los entornos que se han construido permiten seguir los procesos de implantación y funcionamiento de las herramientas de las que consta este TFG. No obstante, ha habido alguna limitación, sobre todo en lo relativo, al número de caracteres que permite el videojuego en algunos de sus objetos.

Para desarrollar este trabajo, se han elegido tres de las herramientas de la filosofía *Lean*, como son *Las 5S*, *Kanban* y *Heijunka*. Se han seleccionado no sólo porque son tres de las herramientas más representativas de esta filosofía, sino porque también son herramientas que se pueden seguir de una forma visual. Las herramientas se han trabajado por separado

para no confundir pasos entre ellas. Además, se han elegido procesos hechos a medida para resaltar las características de cada una.

Únicamente no ha podido realizarse, algún pequeño paso concreto, como *Shitsuke* en *Las 5S* o el *Takt time* en *Heijunka*. De todas formas, estos puntos han quedado explicados en esta memoria, por lo que se pueden seguir los procesos con total normalidad.

En cuanto a las herramientas por separado, vamos a empezar por *Las 5S*. Es una teoría muy sencilla, pero se ha elegido porque es una de las bases de la filosofía *Lean*. Sobre esta herramienta se han cumplido totalmente los objetivos, ya que se puede ver como la factoría simulada cambia radicalmente. Se empieza con una nave caótica, en la que se puede observar una mejora según se van aplicando cada uno de los pasos de *Las 5S*.

La siguiente herramienta que se ha aplicado es *Kanban*. En este caso, aunque también es una teoría sencilla ha sido más complicado estructurar los pasos para que el lector pueda seguir su funcionamiento. Aun así, la aplicación se ha podido realizar, funcionando en el videojuego a la perfección. Se puede observar cómo fluyen los materiales y la información por la fábrica al aplicar esta teoría.

Por último, queda explicar *Heijunka*. Esta herramienta se ha elegido porque está relacionada, en parte, con *Kanban*. Aunque sea en parte teórica (nivelación, *Takt time*), hay partes de esta herramienta que se pueden mostrar de un manera visual. Además, como era la última herramienta, se pueden observar los efectos de las que ya se han aplicado en este TFG.

Al trabajar en todas las partes del proceso de implantación, y también en el funcionamiento de estas herramientas, se consigue otro de los objetivos de este TFG, que es desarrollar el aprendizaje de estas teorías. Se logra un aprendizaje desde el inicio de la construcción de la nave hasta el final, en el que cada factoría ya está funcionando de una forma semiautomática.

En definitiva, los objetivos que teníamos antes de empezar este proyecto se han cumplido. Y considero que la aplicación de videojuegos como *Minecraft* puede utilizarse de una manera educativa para entender e implantar este tipo de filosofías.

## LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Como ampliación a este TFG existen algunas posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que dentro de *Lean*, hay que seguir la filosofía de la mejora continua, por lo que siempre se podrá mejorar cualquier situación. La primera mejora entonces, va a ser seguir perfeccionando las filosofías que ya hemos implantado, detectando posibles fallos que hayan pasado desapercibidos en un principio.

En la misma línea de seguir mejorando los procesos productivos de los que consta este TFG, podemos aplicar nuevas teorías como *SMED* o *Jidoka*. Estas dos herramientas, por ejemplo, también tienen partes que se pueden mostrar visualmente. De esta manera, podremos seguir optimizando las factorías, que ya tienen implantadas algunas de las filosofías *Lean*.

Otra posible línea futura de mejora es combinar *Minecraft* con otros programas que nos permitan realizar tareas de aprendizaje en paralelo. Por ejemplo, se podría utilizar *Witness* para calcular el número de *tarjetas* o *contenedores Kanban*, que vamos a necesitar en nuestras factorías simuladas. Otro ejemplo, puede ser la aplicación de algún programa matemático para optimizar la nivelación de *Heijunka*.

En cuanto a la utilización de *Minecraft*, en todo momento en esta simulación se ha utilizado el modo creador. Aunque sea más lento sería positivo poder utilizar otro modo, para así al disponer de menos recursos, lograr que la experiencia sea más real.

También podría utilizarse algún modo en el que se coincidiera con otros jugadores, ya que así se pueden ocupar diferentes puestos dentro de los distintos procesos productivos. O que cada participante desarrolle un sistema productivo, y que luego estos estén

conectados. Así se podría también simular aspectos como la distribución o el transporte entre centros.

En la misma línea, se podría utilizar *Minecraft* para la toma de tiempos si se crea un modelo absolutamente automatizado donde se intenten imitar los tiempos que tardarían en la realidad los distintos procesos. Aunque esto sería positivo, se dejaría de cumplir uno de los principales objetivos de este TFG, como es el aspecto visual.

Por último, indicar que, aunque se considera positiva la utilización de *Minecraft*, para la realización de trabajos como este, se podrían utilizar otros videojuegos similares, como *The Sandbox* o *BlockStory*, o incluso motores de desarrollo, como *Unity* o *Real Ungine*.

# **BIBLIOGRAFÍA**







## LIBROS Y DOCUMENTACIÓN

Domínguez, J. A. (1994). *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: MacGraw-Hill.

Hernández, J.C. & Vizán, A. (2010). *Lean Manufacturing: concepto, técnicas e implantación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Ohno, T. (1991). *El Sistema de Producción Toyota. Más allá de la producción a gran escala*. Barcelona: Gestión 2000.

Rajadell, M. & Sanchez, J.L. (2012). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Universidad de Cataluña. Díaz de Santos.

Ruiz, P. (2007). *La gestión de costes en Lean Manufacturing: cómo evaluar las mejoras en costes en un sistema Lean*. A Coruña: Netbiblo.

Sanz, P. (2014). *Dirección De Operaciones*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Sanz, P. (2012). *Sistemas de Producción y Fabricación*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

## **DIRECCIONES DE INTERNET**

Gamepedia. (2015). [http://minecraft-es.gamepedia.com/Minecraft\\_Wiki](http://minecraft-es.gamepedia.com/Minecraft_Wiki). (Último acceso junio 2015)

Minecraft. (2015). <https://minecraft.net/>. (Último acceso junio 2015)

Real Academia Española. (2015). [www.http://lema.rae.es/](http://lema.rae.es/). (Último acceso junio 2015)

Renault. (2015). <http://www.renault-consulting.es/>. (Último acceso junio 2015)

Roots. (2015). <http://www.leanroots.com/kanban.html>. (Último acceso junio 2015)

Sosa, R. A. (2015). <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/cincos.htm>. (Último acceso junio 2015)

Wikiminecraft. (2015). <http://wikiminecraft.es/>. (Último acceso junio 2015)