



Universidad de Valladolid



Escuela de Ingenierías Industriales



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Implementación de un Juego didáctico para el aprendizaje de distintas herramientas de la Filosofía Lean Manufacturing

Autor:

DIANA PATRICIA PAULINA VEGA SUÁREZ

Tutor:

ÁNGEL MANUEL GENTO MUNICIO

JULIO 2023



*Dedicado a mis padres, por su apoyo incondicional y confianza en mí en todas las
decisiones que he tomado a lo largo de mi vida.*

Gracias por estar en todo momento, así sea a un continente de distancia.



Resumen

El *Lean Manufacturing*, es una filosofía de origen japonés, que tiene como objetivo principal la eliminación de los despilfarros en cualquier proceso en el que se implemente, por medio de distintas herramientas que facilitan su aplicación. En la actualidad, muchas empresas de distintos campos productivos buscan implementar el *Lean* en sus procesos, con la finalidad de lograr una mejora continua, y la eliminación de procesos que no añaden valor.

Debido a la importancia que tiene dicha filosofía, principalmente en el sector productivo, el presente proyecto propone el desarrollo de un juego didáctico que aborde los conceptos de distintas herramientas del *Lean Manufacturing*. El objetivo de que sea mediante un juego didáctico es el de lograr el aprendizaje de conceptos teóricos de una manera práctica, implementando la metodología de aprender jugando, con una mecánica de juego llamada gamificación, la cual pretende utilizar dinámicas de juego con adaptaciones para los conceptos que pretenden enseñar. Buscando la facilitación del aprendizaje, así como la participación e involucramiento de los participantes en ello.

Palabras claves: *Lean Manufacturing*, juegos didácticos, aprender jugando, gamificación.



Abstract

Lean Manufacturing is a philosophy of Japanese origin, with a main objective for the elimination of waste in any process in which it is implemented, through different tools that facilitate its application. Currently, many companies from different productive fields are looking for implement the Lean philosophy in their processes. In order to achieve continuous improvement, and the elimination of processes that do not add value.

Due to the importance of this philosophy, mainly in the productive sector, this project proposes the development of a didactic game that approaches the concepts of different Lean Manufacturing tools. The objective of using a didactic game is to accomplish the learning of theoretical concepts in a practical way, implementing the methodology of learning by playing, with a game mechanic called gamification, which aims to use different game dynamics with adaptations for the concepts that wants to teach. Searching the facilitation of learning, as well as the participation and involvement of the participants in it.

Keywords: *Lean Manufacturing*, didactic games, learning by playing, gamification



Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia, en especial a mis padres, Patricia y Víctor, así como a mi abuela, Beatriz; por ser un pilar fundamental en esta experiencia que hoy culmina con este Trabajo de Fin de Máster.

A mis amigos en México, Natalia, Elizabeth, Felipe, Elías, por esa constante motivación, que, aún a la distancia, me brindaron un gran apoyo, y estuvieron ahí en todo momento. Sin dejar de lado a todos aquellos amigos que no he mencionado, pero que siempre han estado de igual forma.

Agradecimiento infinito a Luis E., que, ha sido una persona muy importante desde México, y, a lo largo de toda mi travesía por España. Siempre dispuesto a brindar su apoyo, motivación, y, amor incondicional. Has sido un gran maestro y compañero, gracias por todo. He aprendido mucho de ti.

Una especial mención a mi tutor y coordinador de máster, Ángel Gento, por todo el aprendizaje y tiempo dedicado a apoyarme para que este trabajo pudiera estar terminado en tiempo. Gracias por formar parte de la experiencia que ha representado para mí este máster.

Y, por último, pero no menos importante, a todos aquellos amigos que se convirtieron en familia a lo largo de esta travesía por Valladolid: Samantha, Paulina, Belén, Alberto, Sebastián, Iván, Nerea. Infinitas gracias por los constantes consejos, apoyo, motivación, aprendizaje, disposición, amistad y hermandad. Sin ustedes esta experiencia no habría sido la misma.

Gracias a la Universidad de Valladolid, así como a la fundación de becas Santander, por confiar en mí para cursar el máster en Logística. Ha sido un viaje lleno de adaptación, retos y aprendizajes. Me llevo una grata experiencia que no olvidaré jamás.



Índice

Resumen	iii
Abstract	v
Agradecimientos	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xiv
Índice de Tablas	xvi
Abreviaturas	¡Error! Marcador no definido.
1. Introducción	1
1.1. <i>Motivación</i>	1
1.2. <i>Objetivos</i>	3
1.3. <i>Alcance</i>	3
1.4. <i>Estructura</i>	5
2. Lean Manufacturing	7
2.1. <i>Orígenes</i>	7
2.2. <i>Filosofía Lean Manufacturing</i>	9
2.3. <i>Herramientas Lean Manufacturing</i>	11
2.3.1. <i>Estandarización</i>	11
2.3.2. <i>5S</i>	12
2.3.3. <i>SMED</i>	13
2.3.4. <i>Kanban</i>	15
2.3.5. <i>Just-In-Time (JIT)</i>	16

Índice

2.3.5.1. Sistemas <i>Pull</i> y <i>Push</i>	17
2.3.6. Gestión visual	18
2.3.7. Conceptos adicionales	19
2.3.7.1. Cronometraje	19
2.3.7.2. Takt-Time	19
2.3.7.3. Calidad	20
2.3.7.4. Equilibrado de cadena.....	20
3. Juegos didácticos.....	23
3.1. <i>Definición de juego</i>	23
3.2. <i>Definición de didáctica</i>	25
3.3. <i>Definición de Juego Didáctico</i>	26
3.4. <i>Aprender jugando</i>	27
3.5. <i>Gamificación</i>	31
4. Planteamiento del Juego Didáctico.....	37
4.1. <i>Pasos para la definición y desarrollo del Juego Didáctico</i>	37
4.1.1. Definición de objetivos	37
4.1.2. Identificación del público objetivo	38
4.1.3. Diseño de las mecánicas del Juego	38
4.1.4. Integración de elementos lúdicos.....	39
4.1.5. Diseño de las actividades y desafíos del Juego	39
4.1.6. Retroalimentación del Juego.....	41
4.1.7. Evaluación del progreso	41
4.1.8. Iteración y mejora	42
4.2. <i>Primera configuración de La Caja Lean</i>	42



Índice

4.2.1. Reglas generales primera configuración.....	43
4.2.2. Material necesario.....	43
4.2.3. Jugadores	44
4.2.3.1. Operarios generales	44
4.2.3.2. Supervisor.....	44
4.2.4. Instructivos del juego: primera configuración	45
4.2.5. Demostración de armado de La Caja Lean.....	48
4.2.6. Tabla de registro	48
4.2.7. Herramientas Lean implementadas: primera configuración.....	49
4.2.8. Finalización de la configuración inicial.....	50
4.3. <i>Segunda configuración de La Caja Lean.....</i>	<i>50</i>
4.3.1. Modificaciones propuestas: segunda configuración.....	50
4.3.2. Instructivos del juego: segunda configuración	51
4.3.2.1. Instructivo C-1: Corte	51
4.3.2.2. Instructivo C-2: Doble 1	52
4.3.2.3. Instructivo C-3: Doble 2	53
4.3.2.4. Instructivo C-4: Armado.....	54
4.3.3. Estaciones de trabajo La Caja Lean: segunda configuración	55
4.3.3.1. Estación de trabajo 1: Corte.....	55
4.3.3.2. Estación de trabajo 2: Doble 1	56
4.3.3.3. Estación de trabajo 3: Doble 2	56
4.3.3.4. Estación de trabajo 4: Armado final	56
4.3.4. La caja de herramientas	56
4.3.5. Tabla de registro: segunda configuración.....	57

Índice

4.3.6.	Herramientas Lean implementadas: segunda configuración	58
4.3.7.	Finalización de la segunda configuración.....	59
4.4.	<i>Tercera configuración de La Caja Lean</i>	59
4.4.1.	Modificaciones propuestas: tercera configuración	59
4.4.2.	Estandarización en puestos de trabajo	60
4.4.2.1.	Estandarización: Caja de herramientas	60
4.4.2.2.	Estandarización: Estándares visuales en estaciones de trabajo	61
4.4.2.3.	Estandarización: Área de expediciones	63
4.4.3.	Tarjetas de producción.....	64
4.4.4.	Instructivos del juego: tercera configuración	65
4.4.4.1.	Instructivo D-1: Corte y Doblez 1	66
4.4.4.2.	Instructivo D-2: Doblez 2	67
4.4.4.3.	Instructivo D-3: Doblez 3	68
4.4.4.4.	Instructivo D-4: Armado.....	69
4.4.5.	Estaciones de trabajo La Caja Lean: tercera configuración.....	70
4.4.5.1.	Estación de trabajo 1: Corte y doblez 1	70
4.4.5.2.	Estación de trabajo 2: Doblez 2	70
4.4.5.3.	Estación de trabajo 3: Doblez 3	71
4.4.5.4.	Estación de trabajo 4: Armado	71
4.4.6.	Tabla de registro: tercera configuración	71
4.4.7.	Herramientas Lean implementadas: tercera configuración	72
4.4.8.	Finalización de la tercera configuración.....	73
5.	Puesta en marcha del Juego Didáctico	75
5.1.	<i>Resultados: Primera configuración</i>	75



5.1.1. Resultados análisis estadístico: primera configuración	77
5.1.2. Comentarios y aportaciones por parte de los jugadores: primera configuración	81
5.2. <i>Resultados: Segunda configuración</i>	82
5.2.1. Resultados análisis estadístico: segunda configuración	83
5.2.2. Comentarios y aportaciones por parte de los jugadores: segunda configuración	87
5.3. <i>Resultados: Tercera configuración</i>	88
5.3.1. Resultados análisis estadístico: tercera configuración.....	89
6. Estudio económico	95
6.1. <i>Consideraciones</i>	95
6.2. <i>Etapas para el desarrollo del proyecto</i>	95
6.3. <i>Estudio económico del proyecto</i>	97
6.3.1. Horas efectivas por etapa del proyecto	98
6.3.2. Cálculo de horas efectivas anuales y tasas de personal	99
6.3.3. Cálculo de amortizaciones equipo informático	100
6.3.4. Cálculo de costes material consumible.....	101
6.3.5. Cálculo de costes indirectos.....	102
6.4. <i>Cálculo del coste total del proyecto</i>	102
7. Conclusiones	103
7.1. <i>Futuros desarrollos</i>	105
8. Bibliografía	107

Índice de Figuras

Figura 2.1 Adaptación actualizada de la Casa Toyota (Hernández y Vizán, 2013).....	10
Figura 2.2 Herramientas de análisis de datos.....	15
Figura 2.3 Esquema del sistema Kanban (Fuente: Hernández & Vizán, 2013).....	16
Figura 2.4 Flujo <i>Pull</i> y <i>Push</i>	18
Figura 3.1 Ejemplo de Juego lúdico (Fuente: (Laura, 2022))	28
Figura 3.2 Definición de competencia – ejemplo (Fuente: Arellano Garrido y Gent Franch, 2017)	29
Figura 3.3 Lo que las personas recordamos (Fuente: Arellano Garrido y Gent Franch, 2017)	31
Figura 3.4 Diferencias entre Aprender Jugando y Gamificación (Fuente: Arellano Garrido	33
Figura 4.1 Diseño final de La Caja Lean	41
Figura 4.2 Instructivo B	47
Figura 4.3 Instructivo C-1: Corte	52
Figura 4.4 Instructivo C-2: Doble 1	53
Figura 4.5 Instructivo C-3: Doble 2	53
Figura 4.6 Instructivo C-4: Armado.....	54
Figura 4.7 Plantilla para caja de herramientas	61
Figura 4.8 Plantilla visual - Estación 1	62
Figura 4.9 Plantilla visual - Estación 2	62
Figura 4.10 Plantilla visual - Estación 4	63
Figura 4.11 Plantilla área de expediciones.....	64
Figura 4.12 Instructivo D-1: Corte y Doble 1	66



Índice de Figuras

Figura 4.13 Instructivo D-2: Doble 2	67
Figura 4.14 Instructivo D-3: Doble 3	68
Figura 4.15 Instructivo D-4: Armado	69
Figura 5.1 Informe de resumen diferencia desviaciones estándar (Fuente: Minitab) ..	77
Figura 5.2 Distribución y orden de los datos (Fuente: Minitab)	78
Figura 5.3 Estadísticas de las muestras (Fuente: Minitab).....	78
Figura 5.4 Tarjeta de informe resultados primera configuración (Fuente: Minitab) ...	79
Figura 5.5 Gráfica de Intervalos de tiempo vs. Tipo de instructivo (Fuente: Minitab)	79
Figura 5.6 Gráfico comparativo Tipo de instructivo vs. Tiempo vs. Calidad.....	80
Figura 5.7 Diferencia en desviaciones estándar: segunda configuración (Fuente: Minitab).....	84
Figura 5.8 Distribución y orden de los datos segunda configuración (Fuente: Minitab)	85
Figura 5.9 Estadísticas segunda configuración (Fuente: Minitab).....	85
Figura 5.10 Tarjeta de informe segunda configuración (Fuente: Minitab)	85
Figura 5.11 Gráfica de intervalos de tiempo vs. estación (Fuente: Minitab).....	86
Figura 5.12 Gráfico tiempo de armado por caja y calidad	87
Figura 5.13 Diferencia en desviaciones estándar, tercera configuración (Fuente: Minitab).....	89
Figura 5.14 Distribución y orden de los datos: tercera configuración (Fuente: Minitab)	90
Figura 5.15 Informe de estadísticos descriptivos: tercera configuración (Fuente: Minitab).....	90
Figura 5.16 Tarjeta de informe: tercera configuración (Fuente: Minitab)	90
Figura 5.17 Gráfica de caja Tiempo vs. Estación de trabajo (Fuente: Minitab)	91
Figura 6.1 Diagrama de Gantt de actividades proyecto La Caja Lean.....	97

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Significado e implementación de herramienta 5S.....	13
Tabla 3.1 Elementos de la definición de juego según autores (Fuente: Campos Arenas, 2017).....	24
Tabla 3.2 Elementos presentes en las definiciones de Didáctica (Fuente: Mallart, 2001).....	26
Tabla 3.3 Interrelación entre las dinámicas y mecánicas de la gamificación	34
Tabla 4.1 Tabla de registro.....	49
Tabla 4.2 Tabla de registro – segunda configuración	58
Tabla 4.3 Tarjeta de producción – La Caja Lean	65
Tabla 4.4 Tabla de registro tercera configuración La Caja Lean.....	72
Tabla 5.1 Tabla de registro con resultados, primera configuración.....	76
Tabla 5.2 Tipo de instructivo	77
Tabla 5.3 Llenado de Tabla de registro con información de armado.....	82
Tabla 5.4 Resultados tiempos armado segunda configuración	83
Tabla 5.5 Tiempos cronometrados tercera configuración.....	88
Tabla 6.1 Cálculo de horas efectivas por etapa del proyecto.....	98
Tabla 6.2 Total de horas por persona involucrada en proyecto	98
Tabla 6.3 Cálculo de horas efectivas trabajadas anuales	99
Tabla 6.4 Cálculo de tasas de personal	99
Tabla 6.5 Cálculo costes de personal	100
Tabla 6.6 Costes totales equipo informático	100
Tabla 6.7 Amortización de equipos informáticos	101



Índice de Tablas

Tabla 6.8 Coste total utilización de equipos informáticos	101
Tabla 6.9 Cálculo costes de consumibles.....	101
Tabla 6.10 Cálculo de costes indirectos.....	102
Tabla 6.11 Costes totales realización de proyecto	102



1. Introducción

1.1. Motivación

En la actualidad, las empresas, principalmente las del sector industrial, buscan optimizar procesos, esto con la finalidad de ser competitivas ante el mercado global, buscando utilizar los menores recursos posibles, y, obteniendo un alto beneficio (Hernández & Vizán, 2013). Existen distintas filosofías en las cuales se emplean herramientas que permiten medir, analizar y posteriormente implementar mejoras en los procesos con los que se cuentan actualmente. Dichas herramientas logran visibilizar los puntos de mejora en los procesos, así como otorgar una trazabilidad que sea medible en el tiempo.

Una de las filosofías más utilizadas en la industria actualmente es el *Lean Manufacturing*, filosofía que busca principalmente añadir valor a las operaciones, así como identificar y eliminar los desperdicios, que, son actividades realizadas por humanos que conlleva la utilización de recursos, pero que no añaden valor; más adelante se profundizará sobre este segundo término, ya que la filosofía habla sobre siete principales desperdicios, y, que según el criterio de quien lo esté implementando, incluso pueden considerarse más. Por tanto, se puede denominar a *Lean Manufacturing* como una filosofía que está basada en las personas. (Womack & Jones, 2012). Algunas de las principales herramientas utilizadas son la estandarización, reducción de tiempos de entrega, eliminación de stocks intermedios, de movimientos innecesarios y de defectos. Siempre buscando tener una mejora continua.

En el pasado tuve la oportunidad de laborar en una empresa en el departamento de *Lean Manufacturing*, dicha empresa recién estaba buscando implementar la filosofía en todos procesos productivos; entre las principales cosas que pude llegar a concluir estando en el departamento, es que al comienzo hay mucha resistencia al cambio por parte del personal, tanto del lado administrativo, como del operativo; principalmente cuando se trataba de procesos que venían haciéndose desde varios años atrás, y, el simple hecho de plantear hacerlo diferente suponía un reto grande por cumplir e implementar. Como mencionan (Womack & Jones, 2012) el pensamiento “*lean*” va contra la intuición y por tanto es muy común que exista una fuerte resistencia a asumir a la primera la filosofía.

Retomando el punto sobre la fase previa a la implementación de la filosofía *lean*, es de suma importancia que antes de comenzar con cualquier cambio, se analice en donde se encuentra actualmente la empresa u organización, ya que, partiendo de ahí, se pueden encontrar

posibles cuestiones por resolver, que van de la mano con la mencionada antes resistencia al cambio. El cuestionarse qué clase de principios, creencias, metodologías de trabajo se tienen, y, una vez que es visible esto, determinar cuáles no empatan con lo que se pretende implementar. La preparación para el cambio no tiene por qué ser algo difícil de llevar en la organización, siempre que se tengan claros los cuestionamientos anteriores. (Sayer y Williams, 2007).

Como en cualquier implementación y acercamiento a un enfoque nuevo en general, es muy importante el considerar la fase de entrenamiento y conocimiento de lo que se aplicará, para posteriormente seguir con la puesta en marcha o también se le puede llamar parte “práctica”, en donde, finalmente se podrá observar la aplicación, en este caso de la filosofía *lean*, además que esto termina por facilitar el entendimiento y familiarización de los términos antes vistos para todo el personal, donde, comienzan a hacerse visibles y evidentes las actividades que no añaden valor en los procesos.

Por lo expuesto anteriormente, es que me incliné por un tema en el que se pueda desarrollar e implementar mediante un Juego Didáctico las principales herramientas que componen la filosofía *Lean Manufacturing*. La idea de que sea mediante un Juego Didáctico es con el objetivo de que se obtenga un aprendizaje tanto teórico, como práctico; en este caso se pretende partir de la metodología Aprender Jugando, que significa el aprender de las experiencias que se tienen directamente de las propias acciones, es el tener un contacto sensorial con la propia experiencia que conlleva el realizar algo por cuenta propia (Reese, 2011). Cabe resaltar que en este caso en particular será una pequeña variación donde se contemple aprender haciendo por medio del juego, en un entorno no específicamente lúdico, por lo cual, se considerará Gamificación.

Otro concepto que también valida la importancia de aprender haciendo es el cono del aprendizaje, en el cual, (Dale, 1932) explica por medio de una pirámide los porcentajes de retención de información por distintas actividades, las cuales se dividen en dos: Activas y Pasivas. En donde podemos encontrar que un 90% del aprendizaje se obtiene diciendo y haciendo, refiriéndose a la transmisión de información y puesta en práctica (poniendo el ejemplo de cómo debe de hacerse) a otras personas; enseguida se encuentra que el 75% es haciendo, es decir, practicando o realizando la actividad con simulaciones de experiencias reales.

Considero que el objetivo del Juego Didáctico facilitará el aprendizaje de los conceptos básicos de la filosofía *Lean*. El presente Juego Didáctico supone el aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del Máster en Logística impartido en la Universidad de Valladolid, España, así como la experiencia laboral con la que previamente cuento en la rama de aprovisionamiento y *Lean Manufacturing*, buscando obtener resultados favorables al momento de ponerlo en práctica, logrando transmitir al usuario los conceptos que supone el Juego y se abordarán detalladamente en el próximo capítulo. Existen Juegos Didácticos de índole similar,



pero más adaptados a temas de producción, por lo cual, la variante que tiene el presente Juego con el tema logístico lo hace un tanto distinto a ellos.

1.2. Objetivos

Desarrollar e implementar un Juego Didáctico en el que se puedan enseñar algunas de las principales herramientas de la filosofía *Lean Manufacturing*, adentrando al usuario, que, en este caso en particular, se implementará el juego con alumnos y profesores de la Universidad de Valladolid, a la comprensión y aplicación de los conceptos de dicha filosofía, mediante una interacción dinámica y didáctica que facilite la teoría. A la par se pretende abordar temas de la cadena de suministro, calidad y producción, esto porque el Juego consistirá en una línea de producción que será explicada a detalle más adelante.

El presente juego permitirá al usuario ponerse en distintos papeles que comprende la cadena de suministro, y darse cuenta de la importancia que tiene cada uno, con el objetivo de que se logren transmitir los conocimientos básicos necesarios para la toma de decisiones a lo largo del juego.

1.3. Alcance

En el presente Trabajo de Fin de Máster se pretende desarrollar e implementar un Juego Didáctico, en el cual, los jugadores tendrán distintos puestos de trabajo en una línea de armado, con la finalidad de transmitir de manera práctica, conceptos teóricos correspondientes a algunas de las herramientas que comprende la filosofía *Lean Manufacturing*, así como conceptos de calidad y línea de producción. Dichas herramientas se detallarán a continuación.

Entre las herramientas que se pretenden abarcar en el Juego Didáctico, se encuentra la estandarización, dicho concepto tiene como objetivo que todos los procesos cuenten con procedimientos establecidos, para que puedan seguirse siempre de la misma forma y se cumpla, como su nombre lo indica, un estándar.

Otro concepto por abordar son las 5S, que es el acrónimo de 5 palabras japonesas referidas a la clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

La medición y reducción de tiempos tiene la finalidad de registrar cuánto tiempo tarda en realizarse determinada actividad, para posteriormente analizarse, llegar a posibles soluciones, implementarlas, y, comparar los cambios propuestos con las condiciones anteriores o iniciales. En este caso se registrarán, analizarán y compararán distintas rondas del Juego Didáctico.

Una herramienta que va de la mano con las mencionadas en el párrafo anterior es el Takt-time, el cual es una métrica para establecer el ritmo de trabajo, buscando sincronizarlo con la demanda del cliente.

El concepto de equilibrado de cadena se abarcará en el Juego Didáctico. Este busca distribuir de manera equilibrada los procesos en una línea de producción, esto con el objetivo de disminuir o eliminar cuellos de botella por tener procesos con tiempos de ciclo más largos que otros, que a su vez lleven a tiempos de espera, y, por ende, se produzca algún cuello de botella.

También se incluirá la herramienta Mapa de Flujo de Valor o VSM, por sus siglas en inglés (*Value Stream Mapping*) que tiene como objetivo la eliminación de despilfarros, identificando actividades que no añaden valor en un proceso productivo.

Se pretende abarcar los flujos *Pull* y *Push*, así como el JIT (*Just-In-Time*), herramienta que busca la eliminación de stocks intermedios, buscando tener un sistema de producción bajo demanda (sistema *Pull*), así como la herramienta *One Piece Flow*, buscando la reducción de tamaño de lotes en producción con un flujo continuo.

Otra de las herramientas contempladas es el SMED (*Single-Minute Exchange of Die*), el cual se interpreta como un cambio rápido de herramientas, que busca convertir las tareas internas en externas, para así poder reducir el tiempo de una tarea en específico.

La gestión visual es una herramienta que, como su nombre lo indica, pretende comunicar de manera visual procesos, resultados, datos, etc., facilita el entendimiento e interpretación de estos.

Línea de producción, se pretende transmitir la idea general de lo que comprende una línea de producción, ya que, en el Juego Didáctico se tendrán distintos puestos y estaciones de trabajo, con la finalidad de entender la importancia que tiene cada uno para el correcto funcionamiento y objetivos de producción establecidos.

Por último, se hablará sobre el concepto de calidad, la cual establece el grado de cumplimiento de cualquier producto, servicio, proceso con los estándares y especificaciones requeridos. En este caso se realizará un juego que simule el armado de un producto, por lo cual será aplicable dicho concepto.

El Juego pretende abarcar únicamente lo descrito anteriormente, ya que la filosofía *Lean* cuenta con muchas más herramientas, y no todas son capaces de aplicarse en el presente Juego Didáctico. Se buscó abordar las que mejor se adaptaran en este tipo de juego, pensando en que sean de fácil entendimiento al momento de implementarse en el juego.



1.4. Estructura

La estructura que tendrá el presente Trabajo de Fin de Máster tiene prevista la siguiente estructura:

Capítulo II. *Lean Manufacturing*, en este capítulo se pretenden explicar los principales conceptos y herramientas correspondientes a la filosofía *Lean Manufacturing*, con el objetivo de sentar las bases teóricas sobre esta filosofía, que posteriormente se implementarán de forma práctica en el Juego Didáctico.

Capítulo III. Juegos Didácticos, al igual que en el capítulo II, será un capítulo teórico en donde se hablará sobre que son los Juegos Didácticos, sus características, los distintos tipos que existen, y en específico el Juego que se pretende desarrollar, de manera genérica, ya que en el capítulo IV se hablará de la propuesta del Juego.

Capítulo IV. Propuesta y puesta en marcha de Juego Didáctico, en este capítulo se desarrollará el Juego Didáctico, con una explicación detallada de este, en que consiste, instrucciones, reglas, restricciones y parámetros a utilizar, así como la puesta en marcha de este, para posteriormente mostrar los resultados obtenidos con las condiciones iniciales.

Capítulo V. Cambios y mejoras en el planteamiento inicial del Juego Didáctico, una vez que se ha realizado el juego previamente en el capítulo IV, se analizarán los resultados obtenidos y en el presente capítulo se propondrán ideas de mejora basándose en las herramientas *Lean*, con el objetivo de optimizar el juego y buscar la obtención de mejores resultados que en la ronda principal.

Capítulo VI. Estudio económico, en este capítulo se pretende describir el coste del trabajo realizado con el objetivo de tener una estimación sobre lo que costaría la implementación de algo similar.

Capítulo VII. Conclusiones, por último, se tendrá el capítulo de Conclusiones, en donde se expondrán los resultados obtenidos de la implementación del Juego Didáctico, así como de los cambios y mejoras propuestas en el capítulo V, buscando exponer de forma concisa el proyecto realizado y las mejoras que podrían tenerse, así como futuras líneas de trabajo, en caso de que existan.



2. Lean Manufacturing

2.1. Orígenes

La palabra *Lean* tiene varias traducciones literarias al español, tales como magro, ágil, ajustado, sin grasa, esbelto, entre otras. Por lo que usualmente se encuentra dicho término en inglés, con la finalidad de no confundirlo al momento de hablar de la filosofía. Antes de hablar más sobre esta, se explicarán brevemente sus orígenes.

Los orígenes de la filosofía se remontan a finales del siglo XIX en Japón, por medio del inventor y empresario textil Sakichi Toyoda (1867-1930). Sakichi fue creador de distintas patentes, entre ellas, una máquina de tejer automática, ya que, en ese tiempo todo el tejido se realizaba de manera muy artesanal mediante un telar. Con este invento patentado logró que la máquina de tejer no solo fuera automática, si no que fuera capaz de detenerse cuando algún hilo se rompiera, por lo tanto, se evitaba que saliera un producto defectuoso. Este fue el primer acercamiento con un término conocido como Jidoka, el cual hace referencia a la automatización, pero considerando aún el factor humano. Esta herramienta se compone principalmente de la detección de problemas para inmediatamente corregirlo y posteriormente investigar la raíz del problema y corregirla. (Pérez Herrera, 2020). Es importante entender que el término considera tanto el factor humano, como la utilización de maquinaria, y que en ambos casos es posible determinar cuando hay algún fallo o problema.

Sakichi en su búsqueda por estudiar y mejorar su máquina de tejido, visitó distintos países para ver el funcionamiento de distintas máquinas, ahí fue cuando se dio cuenta de que los automóviles estaban cobrando popularidad y muchas empresas comenzaban con la fabricación de ellos, por lo que Sakichi encontró parecidos entre su máquina de tejer y los automóviles, que, supusieron un acercamiento a dicha industria en Japón.

Posteriormente aparece el japonés Kiichiro Toyoda (1894-1952), ingeniero mecánico e hijo de Sakichi Toyoda, que continuó con el desarrollo de las máquinas de tejido automáticas junto con su padre. Kiichiro viajó a Estados Unidos en donde se dedicó un año entero al estudio del funcionamiento de las máquinas de tejido automáticas, y, posteriormente trabajó en Inglaterra en la empresa Platt Brothers. Este empleo fue clave para Kiichiro, ya que gran parte de su trabajo fue observar los procesos que se seguían para la elaboración de telares; dibujaba la ruta que seguían los trabajadores, la distribución de la planta, retrabajos, movimientos

innecesarios, entre otros desperdicios. Así es como fue el comienzo del *Toyota Production System* (TPS), término que en el momento no fue utilizado hasta más adelante.

Kiichiro tenía una creencia en el poder de aprender haciendo, término que venía directamente de su padre, que incorporó el término *gemba*, que significa lugar donde se realiza el trabajo (Liker, 2021).

Posterior a la industria textil y las máquinas de tejido automáticas, Kiichiro y Sakichi deciden sumergirse en la industria de la automoción, por lo que en 1937 se funda la empresa Toyota. Ya que estaba la empresa en marcha, ocurre la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), suceso que marca a Japón, ya que perdió. Pero pese a todo pronóstico, la empresa Toyota comenzó su expansión y apertura de una nueva planta, en este punto Kiichiro decide hablar de tres principios que venían desde la empresa de telares, los cuales son actualmente la base del TPS; Just-In-Time, Jidoka, estandarización de procesos y armonía laboral.

El término *Just-In-Time* (JIT), hace referencia a una herramienta que busca eliminar los inventarios y almacenes. La idea surgió debido a que las condiciones que se tenían posguerra eran de bajos recursos, una demanda variable de vehículos, maquinaria escasa y pequeña, por lo cual requerían tener bajos niveles de inventario, teniendo así un mayor control sobre este, buscando que se fabricara en las mejores condiciones y con la menor cantidad de defectos (Arruz, 2023).

Con lo expuesto anteriormente, uno de los ingenieros de la planta de mecanizado de piezas de motor de Toyota, llamado Taiichi Ohno, buscó la manera de tener un sistema de producción similar al de la empresa americana Ford; dicha empresa tenía líneas de producción con volúmenes mensuales muy grandes, haciéndola nueve veces más productiva que Toyota. (Liker, 2021) por lo que Taiichi tomó como referencia los principios planteados por Kiichiro, adaptados a las posibilidades de Toyota, que, en aquel momento implicaba el producir volúmenes bajos de distintos modelos de vehículos, todo en una misma línea de ensamblaje, ya que, dichos volúmenes no permitían que solo se trabajara un vehículo por línea.

En la década de los 50's Taiichi Ohno desarrolló un sistema, el cual en principio se llamaba *The Ohno Production System*, que posteriormente terminó convirtiéndose en *Toyota Production System* (TPS). Otra de las herramientas desarrolladas a partir del TPS es *Kanban*, la cual surge al momento de buscar implementar la herramienta JIT. La palabra *Kanban* es una palabra japonesa que está compuesta por Kan, que significa visual, y Ban, que significa Tarjeta, por lo cual, su significado sería una tarjeta o señalización visual. (Redacción APD, 2021). Taiichi decidió implementar un proceso por Kanban, en el que un proceso no debe hacerse hasta el siguiente utilice su suministro original. Con esto se busca la eliminación de *stock* intermedio, y lograr tener procesos JIT.



2.2. Filosofía Lean Manufacturing

Existe una palabra japonesa llamada *muda*, la cual significa despilfarro, la filosofía Lean busca la eliminación de despilfarros en cualquier proceso, mediante la aplicación de herramientas que facilitan la identificación de estos. Se le llama desperdicio o despilfarro a aquella actividad o proceso que consume recursos pero que no añade valor.

Taiichi Ohno identificó siete despilfarros, los cuales se mencionarán a continuación; cabe resaltar que, en la actualidad, distintos autores han añadido a la lista despilfarros identificados, y que, dependiendo del proceso pueden incluso encontrarse más, pero en este caso se relatarán únicamente los siete principales despilfarros (Madariaga Neto, 2019).

1. Sobreproducción: Refiriéndose a producir más de lo que el cliente o el proceso siguiente demandan.
2. Tiempo de espera: Son las esperas por parte de operadores para recibir algún material, finalización del proceso de alguna máquina, a recibir instrucciones para siguiente tarea; en general, tiempo útil desperdiciado.
3. Transporte innecesario: Es originado cuando no se cuenta con una buena distribución de áreas en la planta, lo que puede llevar a utilizar medios de transporte que no añaden valor al proceso productivo.
4. Exceso de procesos/tareas: Como su nombre lo dice, es un proceso que tiene más pasos por hacer de los que debería, por lo cual se convierten en procesos que no añaden valor y consumen recursos.
5. Inventarios: Es el producto terminado inmovilizado, lo cual ocupa espacio, que a su vez ocupa recursos, y por lo tanto es un despilfarro.
6. Desplazamientos innecesarios: Similar al transporte innecesario, pero con movimientos por parte del operador que no añaden valor a la operación.
7. Productos con defectos: Productos terminados que no cumplen con las especificaciones, calidad, normas, etc. Aptas para la entrega al cliente, por lo cual se pueden producir retrabajos y/o chatarra.

Como se puede observar en los siete despilfarros, la filosofía *Lean* toma en cuenta a las personas, los recursos y maquinaria, buscando un trabajo conjunto basado en comunicación y trabajar en equipo, con la finalidad de obtener una mejora continua en el proceso productivo. La filosofía no es rígida, al contrario, es muy flexible, ya que se debe de adaptar a las necesidades de cada empresa. No solo se trata de aplicar las herramientas, se busca la adaptación de la cultura del cambio en todos los puestos de trabajo y procesos productivos.

Otros autores afirman lo siguiente:

El secreto no está en el nombre de la filosofía sino en la actitud, persistente en el tiempo, de perseguir e implementar acciones de mejora y eliminación de actividades de valor

añadido, con pleno apoyo de la dirección y de empleados, adaptadas a las circunstancias específicas de cada empresa, para el incremento de la productividad, la reducción de plazos de entrega, el aumento de la calidad y la reducción de costes. (Hernández y Vizán, 2013)

Como se mencionó anteriormente, existen distintas técnicas o herramientas que conforman la filosofía Lean, algunas han ido evolucionando conforme la filosofía va implementándose y estudiándose. No todas las herramientas son necesariamente aplicables a cada caso particular, y las definiciones pueden variar dependiendo la fuente consultada.

Existe una representación gráfica llamada “Casa del Sistema de Producción Toyota (TPS)” creada por la empresa Toyota en la década de 1960, en donde se puede observar su modelo productivo, esto se realizó con el objetivo de mostrárselo a sus proveedores y clientes de manera rápida y sencilla. Como su nombre lo indica, se representa por medio de una casa porque cada herramienta cumple una función para que la estructura sea sólida, sin alguna de las herramientas expuestas, todo el sistema queda debilitado.

En la Figura 2.1 se observa la Casa del Sistema de Producción Toyota con una adaptación actualizada.

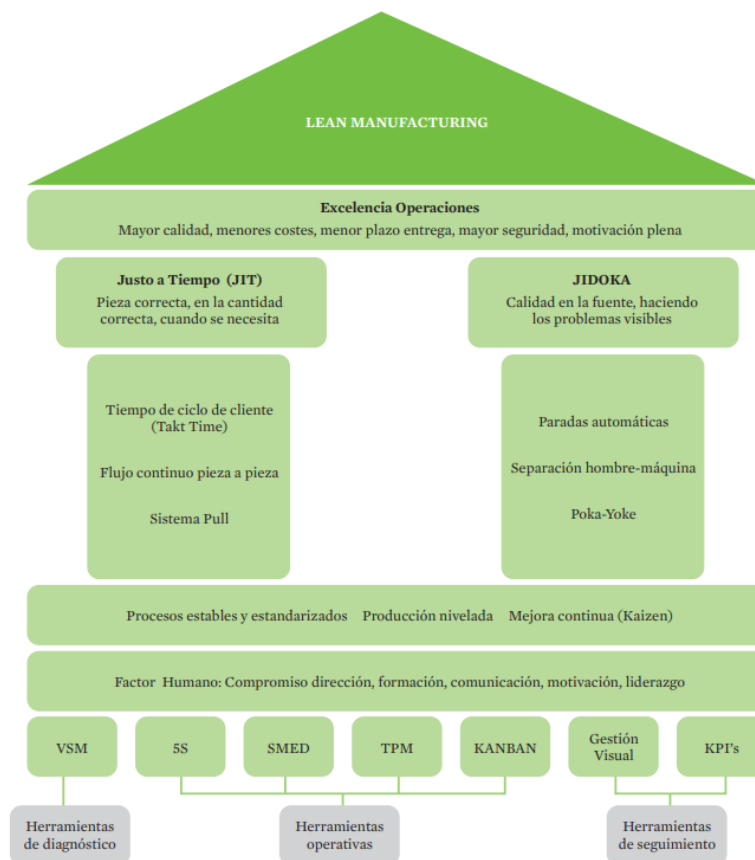


Figura 2.1 Adaptación actualizada de la Casa Toyota (Hernández y Vizán, 2013)



Como se puede observar en la Figura 2.1, en la cúspide de la casa se encuentra el objetivo principal, la excelencia en las operaciones; dicha excelencia se busca para lograr cumplir la satisfacción del cliente.

Existen dos pilares fundamentales marcados en negritas, que son el JIT y el Jidoka, conceptos mencionados anteriormente, que fueron principios al momento de implementar el TPS. Justo debajo de cada uno de los pilares, se enlistan herramientas que ayudan a que se cumplan tanto el JIT como el Jidoka.

A continuación, en el capítulo 2.3 se explicarán cada uno de estos. Y, por último, se encuentran los cimientos o base que sustentan todo el sistema. Como se puede observar, en la base se considera el factor humano, lo cual confirma que la filosofía considera la parte humana, productiva y de maquinaria para su correcta implementación.

2.3. Herramientas Lean Manufacturing

Existen distintas herramientas que en conjunto comprenden la filosofía *Lean Manufacturing*. No todas pueden ser aplicables a cada proceso, pero como se explicó en el capítulo 2.2, se toman de referencia las bases fundamentales para que el sistema productivo sea estable y cumpla con los objetivos de la filosofía. En este capítulo se explicarán únicamente las herramientas que se pretenden utilizar en la implementación del Juego Didáctico.

2.3.1. Estandarización

La estandarización, es una de las herramientas pertenecientes a la filosofía *Lean Manufacturing*, como se puede visualizar en la Figura 2.1, esta constituye parte de los cimientos de la Casa Toyota. Esta se refiere a establecer procedimientos, métodos y prácticas en todos los procesos y puestos de trabajo, con la finalidad de tener una forma establecida de realizarlas.

Estandarización en la filosofía *Lean* no significa únicamente establecer los procedimientos correspondientes a las tareas y procesos, también se busca por medio de esta herramienta la mejora continua de estos; es decir, una vez que se establecen estándares y se implementan, se busca la mejora de dicho estándar sobre la marcha, y así consecutivamente. Es muy importante que los estándares se mantengan, para que se puedan tener las bases sobre las cuales realizar la mejora (Hernández y Vizán, 2013).

A continuación, se describirán algunos de los principales estándares implementados en la actualidad:

- Estándares de trabajo

Se crean procedimientos para las distintas tareas, operaciones y procesos que se tengan en los puestos de trabajo, cabe recalcar que estos estándares no se limitan solo a procesos productivos, también se incluyen trabajos administrativos.

Por ejemplo, en el departamento de compras de una empresa se puede establecer un manual que indique los pasos a seguir para la generación de una orden de compra.

- Estándares visuales

Comprende todas las señaléticas, etiquetas, guías e indicativos visuales. Estas se establecen para indicar y/o delimitar espacios de trabajo, flujos o secuencias de operaciones, posición de herramientas de trabajo, procedimientos, etc. Dichos estándares facilitan el entendimiento de los procesos y operaciones, así como el flujo en sitio y puesto de trabajo.

- Estándares de calidad

Conforman todos los requisitos, especificaciones técnicas, pruebas, tolerancias, número de defectos, etc. para que se pueda considerar como aceptado un producto o servicio. Se pueden tomar como base distintas normativas oficiales (ejemplo: ISO: 9001:2015).

- Estándares de seguridad

Al igual que los estándares de trabajo, en este punto se establecen procedimientos para la seguridad laboral en los empleados, y a su vez prevenir accidentes. No solo se contemplan procedimientos escritos, también se incluyen prácticas, establecer el uso de determinado Equipo de Protección Personal (EPP), acceso y/o restricción a ciertas zonas, etc.

Los estándares de seguridad son de vital importancia en cualquier lugar, no solo laboral, si no en cualquier lugar, ya que la seguridad es primero.

2.3.2. 5S

Esta herramienta es el acrónimo de cinco palabras japonesas: *Seiri* (Clasificación), *Seiton* (Orden), *Seiso* (Limpieza), *Seiketsu* (Estandarización) y *Shitsuke* (Disciplina). Se utiliza para mejorar las condiciones del puesto de trabajo buscando tener todo organizado, con orden y limpieza (Devi, 2023).

Es una herramienta sencilla, pero muy útil, ya que al implementarla se pueden observar resultados en el corto plazo. Genera un nivel de compromiso con los trabajadores, ya que logra hacer que se den cuenta de la importancia de como con pequeñas acciones de mejora pueden notarse y representar grandes cambios.



En la Tabla 2.1 se expone a manera de resumen el significado de las 5S, así como formas de implementarse.

Tabla 2.1 Significado e implementación de herramienta 5S

Palabra 5S	Objetivo	Implementación
<i>Seiri</i> (Clasificación)	Busca identificar, separar y eliminar los artículos innecesarios.	Analizar los artículos, generar una lista de prioridades.
<i>Seiton</i> (Orden)	Organizar el puesto de trabajo considerando un espacio para cada artículo.	Con la lista de prioridades, buscar organizar los artículos para que sean fáciles de encontrar, utilizar y acomodar.
<i>Seiso</i> (Limpieza)	Mantener el puesto de trabajo limpio.	Asignación de tareas periódicas de limpieza y mantenimiento.
<i>Seiketsu</i> (Estandarización)	Seguir procesos que se logren mantener en el tiempo.	Definir procedimientos generales que se sigan de la misma manera siempre.
<i>Shitsuke</i> (Disciplina)	Crear hábitos para que se sigan a lo largo del procedimiento.	Una vez que se tengan implementadas las 4 primeras S, buscar mantenerlas, auditando constantemente, capacitando al trabajador.

Al igual que la filosofía *Lean*, esta herramienta es muy flexible y no quiere decir que se debe de implementar de la misma manera para todos los puestos de trabajo, se debe adaptar según la necesidad y la índole del puesto, pero de manera general se tienen los conceptos que ayudan a implementarla de una manera sencilla.

2.3.3. SMED

SMED es el acrónimo de la frase en inglés *Single-Minute Exchange of Die*, que se traduce al cambio rápido de herramientas en menos de un minuto, qué, como su nombre lo indica, esta herramienta busca reducir el tiempo al cambiar de una herramienta de trabajo a otra.

El término fue creado por el japonés Shigeo Shingo en los años 1950, Shingo se dedicaba a ser consultor y trabajó con la empresa Toyota por más de 25 años, en dicha empresa es donde su herramienta fue desarrollada, ya que buscaba encontrar la manera de mejorar la disponibilidad operativa en las prensas, ya que había piezas que no estaban a tiempo en el proceso siguiente. A continuación, se describirá de manera general los pasos a seguir que conlleva la herramienta SMED.

Paso 1: Descomponer el cambio (de la herramienta) en operaciones, es decir, identificar todos los pasos y operaciones por seguir para conseguir el cambio de la herramienta.

Paso 2: Separar las operaciones en externas e internas, tomando como externas aquellas operaciones que se pueden realizar al mismo tiempo que la máquina esté en operación, e internas como aquellas que solo se pueden realizar cuando la máquina está parada.

Paso 3: Hacer externas las operaciones internas, con el objetivo de reducir al máximo las operaciones que solo se puedan hacer con la máquina parada.

Paso 4: Reducción de operaciones internas, en este paso se trabaja en los ajustes de la herramienta, los movimientos del operador, por separado y al mismo tiempo.

Paso 5: Reducción de operaciones externas, en este paso se busca eliminar desplazamientos y esperas por parte del operador.

Paso 6: Estandarización del cambio, realizar manuales de trabajo, capacitaciones a los operadores, seguimiento del nuevo procedimiento a seguir.

Con esta herramienta se disminuyen tiempos de preparación de la máquina, se reduce el tamaño de inventario y lotes de producción, así como la fabricación de distintas referencias en una misma máquina. Todo esto a su vez se traduce en mejoras de productividad, disminución de costes de producción y mayor flexibilidad en el proceso (Shingo, 1993).

A su vez, existen distintas herramientas que son de utilidad al momento de la implementación del SMED. Dichas herramientas ayudan a analizar y evaluar resultados de manera tangible, permitiendo registrarlos y visualizarlos, para así poder obtener conclusiones de lo que se ha modificado e implementado, y, posteriormente comparar si se han obtenido mejoras respecto a lo que se tenía anteriormente.

En la Figura 2.2 se muestra a manera de resumen algunas de las herramientas que se pueden utilizar para la implementación de la herramienta SMED en un proceso.



Figura 2.2 Herramientas de análisis de datos

2.3.4. Kanban

La palabra Kanban significa letrero o tarjeta en japonés, es una herramienta que permite sincronizar el flujo de producción mediante señalizaciones, usualmente son utilizadas tarjetas, como su nombre lo indica. Con esta herramienta el sistema tira de la producción, sistema *pull*, con la característica de un flujo continuo, con pequeños lotes y sincronizado.

El sistema *pull*, como se mencionó anteriormente, consiste en que el sistema tire de la producción, es decir, el cliente es quien marca la producción ya que este es quien marca la necesidad, y comienza el flujo desde el final de la cadena productiva hasta el inicio de esta (Womack y Jones, 2012).

La herramienta Kanban ayuda a que todo el flujo pueda estar sincronizado ya que todos los procesos se comunican por medio de tarjetas que indican una necesidad por cubrir en cada proceso, hasta el final de la cadena productiva. No se pueden elaborar más o menos piezas ya que las tarjetas indican la cantidad por elaborar, asegurando un aprovisionamiento muy controlado, buscando eliminar los stocks intermedios.

Las tarjetas pueden contener más información como código de la pieza, denominación, lugar donde se almacenará, etc. En la Figura 2.3 se muestra un esquema del sistema Kanban.

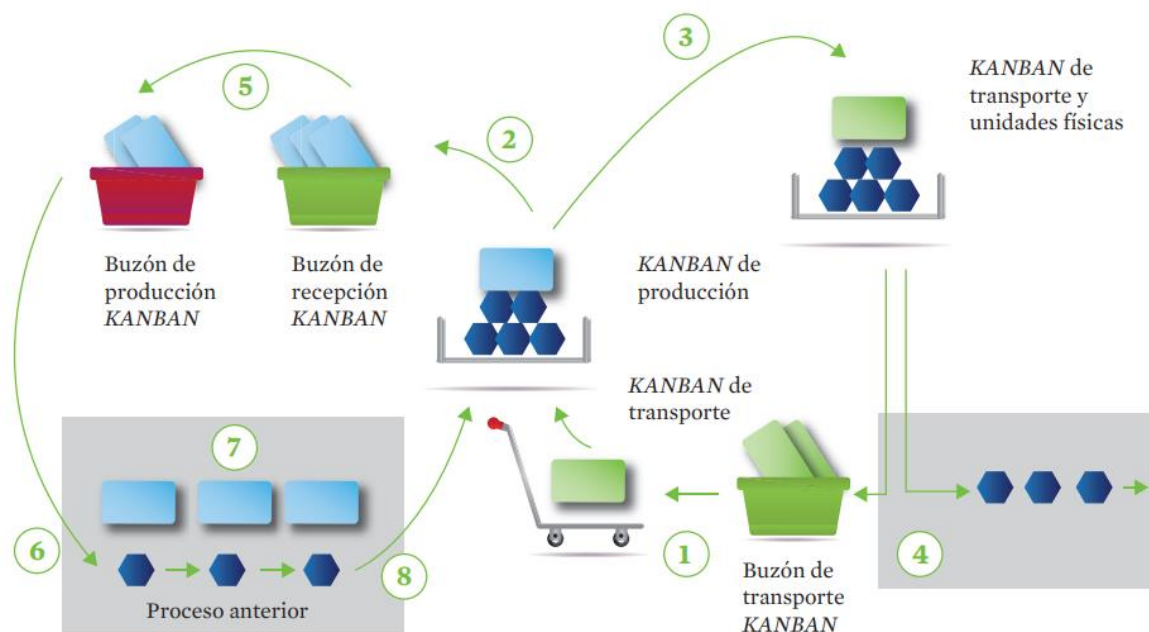


Figura 2.3 Esquema del sistema Kanban (Fuente: Hernández & Vizán, 2013)

2.3.5. Just-In-Time (JIT)

Just-In-Time (JIT), que traducido es Justo a Tiempo, es una herramienta que mediante la gestión y producción estratégica busca la eliminación de stocks intermedios, teniendo un sistema de producción bajo demanda (sistema *Pull*), se tira de la producción con base en la respuesta de la demanda real.

Se puede interpretar como un sistema que produce lo que se requiere, en el momento que se necesite, con una excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema (Marín y Delgado, 2000). Así se evita el almacenamiento innecesario y los costes que estos conllevan.

Al igual que la filosofía *Lean*, esta herramienta debe tener flexibilidad, ya que permite adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda y a las necesidades de los clientes.

Esta herramienta se complementa con Kanban, ya que esta facilita el flujo sincronizado del sistema, lo cual a su vez permite que se tenga una cadena productiva ajustada.

Cada proceso en la cadena de suministro va al ritmo de la necesidad demandada por el cliente, por lo cual es necesario tener una coordinación y cercanía entre todos lo que compone la cadena de suministro: proveedores, procesos productivos y clientes.



2.3.5.1. Sistemas *Pull* y *Push*

En el apartado anterior se describió brevemente el término Sistema *Pull*, donde se explicó que es un método de producción bajo demanda, es decir, se produce solo lo demandado por el cliente final.

En la actualidad, muchas fábricas optan por dicho sistema, ya que tiene una producción basada en una demanda real, con flujos de trabajo sincronizados, buscando eliminar inventarios por producción excesiva y, a su vez, tener un mayor control sobre los procesos al tenerlos sincronizados para poder cumplir con lo requerido.

Por otro lado, está el Sistema *Push*, que es un sistema que se basa en una producción previamente pronosticada con base en la demanda que se ha tenido anteriormente. Por lo cual, como su nombre lo indica, este sistema empuja la producción.

Es un sistema utilizado tradicionalmente en las fábricas, el cual tiene el objetivo de cumplir con todos los pedidos en tiempo, considerando a su vez un margen de seguridad ante cualquier imprevisto que pueda ocasionar un retraso en la entrega, por lo tanto, este sistema considera altos niveles de inventario, lotes, que se reflejan en una sobreproducción (Madariaga Neto, 2019).

Con la implementación de filosofías como el *Lean Manufacturing*, muchas fábricas han optado por cambiar sus procesos a un sistema que tire de la demanda del cliente, es decir, flujo *Pull*, y no que la fábrica sea la que empuje la producción.

A pesar de las ventajas que tiene la implementación del flujo *Pull* en la producción de una fábrica, no es posible la utilización de este en todas las fábricas, ya que, hay tipos de producción que por el tipo de procesos con los que cuentan, no lo permiten. Por lo tanto, se siguen utilizando y estudiando ambos tipos de flujos en la actualidad.

Como resumen de lo descrito en el presente apartado, en la Figura 2.4 se visualiza a manera de ejemplo, la principal diferencia entre los sistemas *Pull* y *Push* en una cadena productiva.

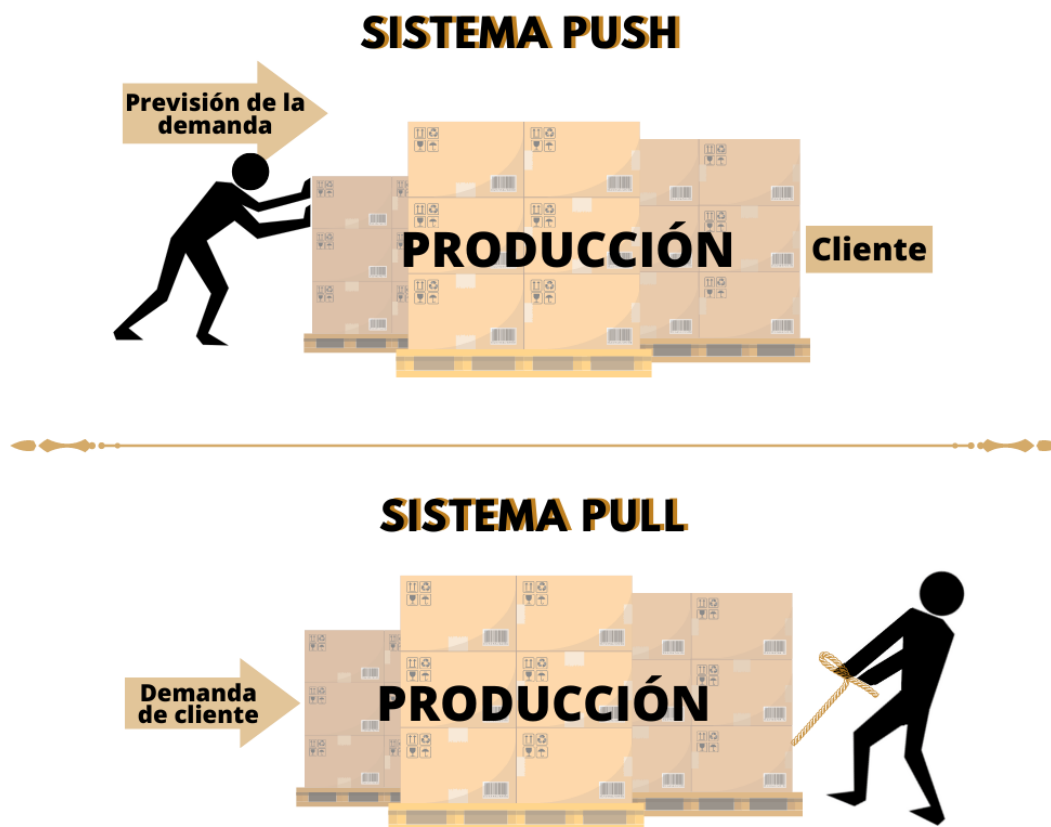


Figura 2.4 Flujo *Pull* y *Push*

2.3.6. Gestión visual

La gestión visual es una herramienta de seguimiento en la filosofía Lean, esta tiene como objetivo comunicar información de manera rápida mediante señales visuales claras, por lo tanto, esto permite tener una mejor coordinación, comunicación y toma de decisiones en el sistema productivo y de gestión.

Se puede implementar en todas las actividades del sistema productivo y de gestión administrativa, tales como:

- **Tableros de control de indicadores:** Estos tableros son de utilidad para brindar información acerca del estado de los procesos productivos, porcentaje de objetivos, gráficos, problemas suscitados, ideas de mejora y/o soluciones, etc.
- **Señales visuales:** Se refiere a aquellas señalizaciones que resaltan características en el entorno laboral, esto se puede encontrar desde el puesto de trabajo hasta el *layout* general de toda la fábrica, un ejemplo es la delimitación de pasillos peatonales.
- **Etiquetas y códigos:** Sirven para clasificar e identificar los distintos productos, herramientas existentes, con el objetivo de localizarlos de manera más rápida y a su vez poder clasificarlos en distintas áreas.



- Estándares visuales: Son guías que están representadas de forma gráfica o visual, en donde se describen los pasos a seguir de determinados procesos, la idea de que sea gráficamente es para un mejor entendimiento del procedimiento.
- Visualización de datos: Muestra de manera gráfica información a manera de resumen para poder tener una idea clara y analizar de manera rápida los datos mostrados en dichos gráficos (Ejemplo: diagrama de Pareto, gráficos de barras, etc.) (Hernández y Vizán, 2013)

2.3.7. Conceptos adicionales

A continuación, se describirán conceptos adicionales a las herramientas mencionadas anteriormente, que, de igual manera se implementarán en el Juego Didáctico. Dichos conceptos forman parte de varias herramientas de la filosofía *Lean Manufacturing*, por lo tanto, son de utilidad para la correcta implementación de ellas.

2.3.7.1. Cronometraje

Como se describió previamente en la Figura 2.2, el cronometraje consiste en la medición y análisis de los tiempos que conlleva el realizar determinada tarea, proceso o actividad.

La finalidad del cronometraje no es solo el de medir y registrar dicha información, sino también el poder identificar y separar las actividades que añaden valor al proceso de las que no añaden. Con dicha información se puede proceder a la búsqueda de reducción de tiempos tales como esperas entre proceso y proceso, la disminución y/o eliminación de cuellos de botella, en resumen, eliminar los desperdicios. Por ende, se busca la mejora y optimización de los procesos (Madariaga Neto, 2019).

2.3.7.2. Takt-Time

Otro de los conceptos es llamado *Takt-Time*, está compuesto por dos palabras, *Takt*, que viene del idioma alemán y se traduce al español como compás, y *Time*, palabra del inglés que en español significa tiempo.

En conjunto se refiere a la sincronización del ritmo de producción con la demanda del cliente. Se entiende como el ritmo al que hay que producir para cumplir con la demanda requerida. Con la Ecuación 2.1 se puede obtener el cálculo del Takt-Time (Sayer y Williams, 2007).

$$Takt - Time = \frac{\text{Tiempo disponible de producción (seg)}}{\text{Cantidad demanda por el cliente (unidades)}} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

2.3.7.3. Calidad

El concepto de calidad no se puede definir en una sola herramienta en específico de la filosofía *Lean*, ya que esta abarca en general toda la filosofía.

La calidad vista desde el enfoque productivo se puede definir como la medida o grado en que un producto, proceso o servicio cumplen con determinadas especificaciones, requisitos y/o estándares para ser aceptados (Cantú Delgado, 2006). Estos requisitos son establecidos dependiendo la organización, empresa que los evalúe, pueden ser con base en lo que el cliente defina, en normativas oficiales, estándares internos, etc.

La calidad en *Lean Manufacturing* es esencial para cumplir con los estándares y la mejora continua. Buscando eliminar los desperdicios, que, en este caso pueden traducirse a defectos. La calidad debe de estar presente en todos los procedimientos, estándares, procesos productivos, maquinaria, materia prima; en resumen, en todo lo que rodea directa e indirectamente al producto o servicio, con la finalidad de garantizar la satisfacción del cliente final.

2.3.7.4. Equilibrado de cadena

El concepto de equilibrado de cadena es un método que se basa en la subdivisión del flujo de trabajo de manera uniforme, buscando equilibrar todos los puestos o estaciones de trabajo (operador y máquina) en una línea de producción (Madariaga Neto, 2019).

Dicho método va de la mano con otras herramientas del *Lean Manufacturing*, principalmente las herramientas de análisis, tales como el cronometraje, análisis de tiempos y movimientos, análisis de eficiencia de la maquinaria, tiempo útil trabajado, entre otras.

Por lo expuesto anteriormente, es de vital importancia contar con dichos análisis, para poder saber la situación actual de la línea de producción, y, con base en la información, proceder a la aplicación del método.

Un ejemplo de equilibrado de cadenas para una distribución en planta por producto lleva los siguientes pasos (comunicación personal, 10 de junio 2023):

1. Definición de tareas e identificación de precedencias

En este punto se identifican y separan en tareas a todas aquellas actividades que en conjunto componen la línea de producción que se quiere equilibrar, separando por tiempos cada una, y, al mismo tiempo identificando cuales son precedentes de otras.

2. Cálculo de los valores de forma teórica



En este paso, mediante la utilización de fórmulas se obtienen los tiempos de ciclo, el número mínimo teórico de operaciones que se tendrá, el tiempo ocioso (tiempo que no añade valor a la operación), eficacia y retraso, estos últimos dos, en porcentaje. Cabe recalcar que todos los valores obtenidos en este paso son teóricos.

3. Asignación de las tareas a las estaciones de trabajo

En este punto se comienzan a asignar conjuntos de tareas a las diferentes estaciones de trabajo, con base en los tiempos y lista de precedentes que se definieron en el punto 1. Es importante tomar en cuenta que el conjunto de tareas que conforman una estación de trabajo debe de cumplir las siguientes condiciones:

- No deben haber sido asignadas previamente a otra estación
- Sus tareas precedentes deben ser asignadas a la presente estación o a alguna estación previa
- Los tiempos de las tareas no pueden pasar el tiempo aún no asignado de la estación (tiempo ocioso provisional).

Si hay alguna tarea que aún no se asigne y no puede entrar en ninguna de las estaciones existentes, se debe de considerar una estación adicional.

4. Por último, se evalúa la eficacia y eficiencia de la solución propuesta con el equilibrado previamente calculado. Donde se entiende como eficacia la consecución de la capacidad de producción deseada y eficiencia como la disminución del tiempo ocioso.

Si al momento de comparar los resultados teóricos con los reales, los valores del mínimo de estaciones por considerar coinciden, se tiene una situación ideal, en donde no hay ineficiencias. Pero si, por el contrario, el valor real es mayor al teórico, se considera que existen ineficiencias en el equilibrado.

El equilibrado de cadenas es de gran utilidad para optimizar los procesos actuales, y lograr una mejor distribución de operaciones en las estaciones de trabajo.



3. Juegos didácticos

El presente capítulo describirá el concepto de Juego didáctico, ya que se pretende desarrollar e implementar un Juego que logre transmitir los conceptos que engloba filosofía *Lean Manufacturing* (véase capítulo 2). Por lo tanto, se hablará sobre la definición del Juego Didáctico, las aplicaciones, características y ventajas que tiene este concepto, principalmente en el área de la enseñanza.

3.1. Definición de juego

Para poder definir el concepto de juego didáctico, primero se entenderá el concepto de juego; el juego tiene una importancia culturalmente hablando, ya que no solo se reduce a una actividad humana, en los animales se pueden percibir conductas que simulan juegos, algunos más desarrollados que otros, (Huizinga, 2007) define al juego como:

El juego es una acción u ocupación libre, que se desarrolla dentro de unos límites temporales y espaciales determinados, según reglas absolutamente obligatorias, aunque libremente aceptadas, acción que tiene su fin en sí misma y va acompañada de un sentimiento de tensión y alegría y de la conciencia de «ser de otro modo» que en la vida corriente.

Huizinga además describe que el ser humano no solo se define por su capacidad de pensar, sino por su capacidad para el juego, elementos fundamentales de la vida.

El juego lleva a la exploración y descubrimiento, en donde se busca la resolución de problemáticas planteadas, jugando se pueden simular distintos escenarios en donde con base en las decisiones y acciones tomadas, se puede llegar de una manera u otra a posibles resoluciones. Un factor importante en el juego en equipo es que logra estructurar relaciones humanas, ya que involucra a los participantes de manera efectiva, estimulando su interés, motivación, creatividad, con un aprendizaje sensorial, motriz, de coordinación y mental (Bernabeu y Goldstein, 2016).

A continuación, en la Tabla 3.1, (Campos Arenas, 2017) presenta una comparativa entre los elementos que consideran necesarios para la definición de juego distintos autores.

Implementación de un Juego didáctico para el aprendizaje de distintas herramientas de la Filosofía Lean Manufacturing

Tabla 3.1 Elementos de la definición de juego según autores (Fuente: Campos Arenas, 2017)

Elemento del juego	Parlet-t	Abt	Huizinga	Caillo-is	Suits	Crawford	Costikyan	Avendon/Sutton-Smith
Se desarrolla de acuerdo con reglas que limitan al jugador	•	•	•	•	•	•		•
Conflicto o competencia	•					•		•
Orientado a resultados o metas	•	•			•		•	•
Actividad, proceso o evento		•			•			•
Requiere toma de decisiones		•				•	•	
No serio y absorbente			•					
Nunca asociado con ganancias materiales			•	•				
Artificial, seguro, fuera de la vida ordinaria			•	•		•		
Crea grupos sociales especiales			•					
Voluntario				•	•			•
Incierto				•				
Ilusión/Representación				•		•		
Ineficiente					•			
Sistema de partes, recursos y símbolos						•	•	
Una forma de arte							•	

Como se puede observar en la Tabla 3.1, dependiendo del autor consultado, varía la definición de elementos necesarios para definir el concepto de juego. La mayoría de los autores comparados coinciden en que un juego debe de considerar desarrollarse con reglas que limiten al jugador, así como que esté orientado a resultados o metas.



3.2. Definición de didáctica

Una vez que se tiene definido el concepto de juego, se hablará acerca del concepto didáctica. Término que viene del griego *didaktiké*, que se refiere a la disciplina que se ocupa de la enseñanza y el proceso de aprendizaje, es decir, que se encarga de estudiar teórica y prácticamente el cómo lograr la enseñanza de la mejor manera. También se puede definir como adecuado o con buenas condiciones para enseñar o instruir. O, por último, definido como el arte de enseñar (Real Academia Española, 2023).

Existe una clasificación interna de la didáctica, que abarca distintos enfoques en la enseñanza, se presentan a continuación

- Didáctica general
- Didáctica diferencial
- Didáctica especial o didácticas específicas

La didáctica general, como su nombre lo indica, abarca los principios y normas generales para poder llevar la gestión del proceso de enseñanza/aprendizaje de manera adecuada, dirigido a objetivos educativos. Este concepto se encarga de analizar todas las corrientes existentes del pensamiento didáctico, así como las tendencias a las que se ha ido orientando según la época de estudio analizada, para así poder determinar que tendencia didáctica se tendrá en la actualidad (Alves de Mattos, 1956).

En cuanto a la didáctica diferencial, se refiere a la selección y adaptación del tipo de herramientas didácticas a utilizar en función de las necesidades de los individuos, donde la edad suele ser uno de los factores principales para la determinación de este caso. A continuación, se enlistan distintas herramientas que son de utilidad al momento de la búsqueda de implementación y adaptación del tipo de enseñanza adecuado.

- Actividades: Las actividades didácticas comprenden los juegos, excursiones, exposiciones, debates, etc. En donde los involucrados participan activamente.
- Materiales y recursos: Libros, aplicaciones y/o softwares, tutoriales, juegos de mesa, revistas, páginas web; que faciliten información y herramientas para el aprendizaje.
- Metodologías: Pueden definirse distintas metodologías didácticas a utilizar para la búsqueda de la enseñanza, en este caso, se está hablando del Juego Didáctico, en el cual se tiene como objetivo la enseñanza mediante el entretenimiento.

Dependiendo de cada caso, puede utilizarse una herramienta u otra, o incluso, la combinación de ellas.

Por último, la didáctica especial o específica, es el concepto que se encarga de aplicar las normas de la didáctica general a un campo en específico, ya que, no se utilizarán las mismas herramientas didácticas en el proceso de enseñanza del inglés que en el proceso de enseñanza de las matemáticas. Por ello es de suma importancia el estudiar la didáctica general, para posteriormente poder llevar la aplicación a un campo específico (Mallart, 2001).

A continuación, en la Tabla 3.2 se describen los aspectos presentes en las definiciones de didáctica.

Tabla 3.2 Elementos presentes en las definiciones de Didáctica (Fuente: Mallart, 2001)

Aspectos	Descriptorios en la definición de Didáctica
Carácter	Disciplina subordinada a la Pedagogía Teoría Práctica Ciencia Arte Tecnología
Objeto	Proceso de enseñanza-aprendizaje Enseñanza Aprendizaje Introducción Formación
Contenido	Normativa Comunicación Alumnado Profesorado Metodología
Finalidad	Formación intelectual Optimización del aprendizaje Integración de la cultura Desarrollo personal

3.3. Definición de Juego Didáctico

Una vez que se tienen definidos los conceptos por separado, se puede proceder a la definición de lo que significa Juego Didáctico.

Los Juegos Didácticos se pueden definir como actividades lúdicas que están diseñadas con un propósito de formación, facilitando el aprendizaje por medio de actividades participativas y dinámicas. Es la combinación de entretenimiento con educación. La participación es un factor clave en la definición del Juego Didáctico, donde, además del



aprendizaje, se estimulan la disciplina, dirección y la autodeterminación; son características secundarias que se logran adquirir al momento de ponerse en práctica esta metodología (Montero Herrera, 2017).

De acuerdo con (Lunardi Campos et al., 2003), los juegos didácticos además de considerarse herramientas facilitadoras para la transmisión de conocimiento; logran el acercamiento a la resolución de problemas, que se pretende sean lo más parecidos a la realidad. Esto con el objetivo de tener un pensamiento analítico y crítico, capaz de llegar a la solución de distintos problemas. Cabe recalcar que el papel de la persona que dirige los juegos didácticos (en el ámbito educativo suele ser el docente) es de gran relevancia, ya que dicha persona toma la posición de líder, estimulador y evaluador del aprendizaje obtenido.

Los juegos didácticos no son utilizados únicamente en entornos lúdicos, hay ocasiones en donde se busca la implementación de un juego didáctico con la finalidad de enseñar algo, pero no necesariamente en un aula de clases. Cuando se tienen estos casos, entra el concepto de gamificación, el cual se detallará más adelante.

Una de las características que se diferencian entre Aprender Jugando, que, como se mencionó anteriormente, es en un entorno lúdico, y Gamificación, es que este segundo término se puede utilizar en procesos de mejora de aprendizaje, donde se utilice un juego convencional existente, modificando y adaptando las mecánicas de éste dependiendo lo que se quiera enseñar (Blasco et al., 2017).

A continuación, se hablará más a detalle de esta definición.

3.4. Aprender jugando

En este apartado se describirá el concepto Aprender jugando.

Dicho concepto nace de una metodología educativa que busca el aprendizaje por medio de juegos que resulten divertidos, entretenidos y motivadores. Se tiene en cuenta un aprendizaje activo.

Este término generalmente va estrechamente relacionado con la enseñanza infantil en el aula de clases, ya que, se han buscado maneras de facilitar el aprendizaje a los niños de manera activa y dinámica, como alternativas a los modelos tradicionales de enseñanza en donde se utiliza de manera repetida la memorización y repetición de información.

Otra de las características de la metodología aprender jugando es que los juegos son utilizados como una herramienta de apoyo para el aprendizaje. Se busca crear y adaptar el contenido a enseñar en un juego, para posteriormente ser aplicado en un ambiente educativo, este concepto va más enfocado a un entorno lúdico (Blasco et al., 2017).

En el párrafo anterior se utilizó el concepto lúdico, palabra que deriva del latín *ludus*, que significa juego. Por lo tanto, la palabra lúdico se define como todo aquello que pertenece o es relativo al juego, diversión y entretenimiento (Real Academia Española, 2023). En la metodología Jugar Aprendiendo es de suma importancia dicho concepto, ya que, como se mencionó anteriormente, se utilizan juegos como medio de aprendizaje, que permitan una participación activa, ejemplo de actividades lúdicas pueden ser rompecabezas, juegos que involucren construcción o armado de objetos, simulaciones, entre otros.

Una de las características de esta metodología, es que se logra la retención de información y conceptos, de una manera en la que en un principio los estudiantes no lo ven de una manera consciente, buscando que las situaciones se parezcan lo más posible a como se darían naturalmente, en un entorno de juego. Como los niños, que no juegan para aprender, pero aprenden jugando, es decir, el aprendizaje viene inconscientemente. El juego es una herramienta innata de aprendizaje (Brains Nursery Schools Madrid, 2021).

Con la metodología de Jugar Aprendiendo, además se logra un desarrollo de procesos cognitivos, tales como, el análisis, reflexión, deducción, etc. Estos desarrollos se logran debido a que, en el juego existe una interacción entre la persona y su entorno. Dependiendo de la edad y la etapa de desarrollo de la persona, se pueden adaptar los juegos, buscando adecuarlos de una manera óptima, para lograr obtener el mayor aprendizaje de las personas a las que esté dirigido. En la Figura 3.1 se puede observar un ejemplo de juego lúdico en niños.



Figura 3.1 Ejemplo de Juego lúdico (Fuente: (Laura, 2022))



Juegos didácticos

Los juegos y actividades lúdicas que se utilizan para poner en marcha la metodología de Jugar Aprendiendo, no solo se limitan a la utilización de recursos físicos, ya que, con las herramientas tecnológicas que se tienen hoy en día, se pueden simular muchos juegos, e incluso adaptarlos a los conceptos que se quieren enseñar. La digitalización de los medios físicos ha supuesto la adaptación y conversión de este tipo de metodologías, por lo cual, se pueden encontrar muchas herramientas de apoyo para la implementación y desarrollo de juegos con fines lúdicos (García Ruiz et al., 2018).

Al momento de utilizar técnicas y metodologías de aprendizaje, como lo son el Aprender Jugando, se adquieren competencias específicas, entendiéndose por competencia la capacidad de realizar alguna o algunas tareas en específico de una manera notable, con desempeño.

En la Figura se muestra un ejemplo de competencia, según (Arellano Garrido y Gent Franch, 2017).



Figura 3.2 Definición de competencia – ejemplo (Fuente: Arellano Garrido y Gent Franch, 2017)

Como se puede observar en la Figura 3.2, el concepto de competencia es el resultado la suma de las habilidades, conocimientos y actitudes en una persona. La metodología de

Aprender Jugando busca desarrollar el conjunto de estas, para la obtención de competencias de manera didáctica y activa en la persona. Entre las competencias que se suelen formar con la implementación de aprendizaje por medio de juegos, se pueden encontrar las siguientes:

- Pensamiento crítico
- Comunicación
- Creatividad
- Resolución de problemas
- Participación
- Colaboración

Además de las competencias descritas anteriormente, al momento de utilizar el aprendizaje por medio del juego, se logra por medio de estos, entrenar la tolerancia al fracaso, utilizarse en cualquier contexto, provocar emociones, atraer y entretener a las personas que participan en ellos.

Es importante considerar ciertos aspectos al momento de considerar un juego didáctico como herramienta de aprendizaje, plantearse qué se busca enseñar, qué competencias se pretenden desarrollar, que aspectos se abordarán por medio de el juego, etc. Ya que, al ser un juego lúdico, se tiene una intención, por lo tanto, hay que plantearla correctamente.

Esta metodología, al igual que otras metodologías denominadas “Activas de aprendizaje” (aprendizaje basado en proyectos, reflexivo, basado en problemas, cooperativo, etc.) como su nombre lo indica, buscan el aprendizaje por medio de la participación activa de las personas a las que está enfocada.

Mientras mayor interacción e integración tiene la persona en este tipo de metodologías, aumenta el intercambio y experimento de emociones, sentimientos, vínculos de forma directa e indirecta con el conocimiento, y, termina generándose un aprendizaje.

Las metodologías basadas en aprendizaje activo se basan en la siguiente pirámide invertida (Ver Figura 3.3), la cual habla sobre lo que las personas recordamos más con base en distintas actividades (Arellano Garrido y Gent Franch, 2017).



Figura 3.3 Lo que las personas recordamos (Fuente: Arellano Garrido y Gent Franch, 2017)

Como se puede observar en la Figura 3.3, lo que más recuerdan las personas es lo que hacen, por lo tanto, con actividades como simulaciones y juegos, se puede lograr una interiorización del trasfondo de lo que se pretende enseñar, de igual manera, hay un aumento en la emocionalidad, en comparación con el punto más bajo de esta pirámide, como lo son las cosas que leemos.

En el siguiente apartado se hablará acerca del concepto de Gamificación.

3.5. Gamificación

La gamificación o ludificación, como se había comentado en los apartados anteriores, es un término que corresponde a mecánicas de juego en ambientes no lúdicos, en donde se utilizan dinámicas de juego, con adaptaciones según la necesidad que se quiere cubrir. Al igual que la metodología de Aprender Jugando, busca lograr el aprendizaje por medio de estas herramientas, las cuales motiven, logren transmitir conocimientos específicos y conviertan actividades cotidianas en algo divertido.

En el apartado anterior, se comenta que la gamificación no necesariamente es utilizada en ambientes lúdicos, esto se refiere a que puede ser utilizada fuera del aula, como en ambientes

laborales, industriales, en donde se busca involucrar a la gente para la resolución de problemas (Werbach y Hunter, 2012).

Otra de las diferencias que tiene la Gamificación con la metodología de Aprender Jugando, es que, en este primer término, se tienen incorporadas en las dinámicas de juego puntos, división de procesos en etapas para otorgar premios, reconocimientos y/o recompensas, que ayuden a los usuarios a motivarse y buscar una mayor participación e integración en las dinámicas.

Por lo tanto, dentro de los principales objetivos en la Gamificación, se encuentra la motivación. La motivación a su vez puede ir de la mano con el concepto de diversión, que es algo inherente al ser humano, por medio de la diversión se experimentan distintas emociones. De nueva cuenta entra en contacto el tema de emocionalidad, buscando que, por medio del aumento de dicha emocionalidad, se logren aprender cosas específicas (Blasco et al., 2017)

Según los autores (Werbach y Hunter, 2012), se encuentran tres principales tipos de gamificación, los cuales se describen a continuación:

- Gamificación interna: Esta se refiere a la parte humana dentro de la empresa o instituto. Busca la motivación del personal para obtener mejoras en las actividades que se realizan diariamente.
- Gamificación externa: En este tipo de gamificación se contempla la aplicación a las personas externas a la institución o empresa, específicamente a las personas que se les brinda el bien o servicio (clientes), con el objetivo de mejorar relaciones entre ambas partes.
- Cambio de comportamiento: Esta última se implementa cuando se pretende cambiar la orientación y/u objetivos que se tienen actualmente en la empresa o instituto.

Una de las definiciones de Gamificación, según las palabras de (Marín y Hierro, 2013), se refiere a continuación,

La gamificación es una técnica, un método y una estrategia a la vez. Parte del conocimiento de los elementos que hacen atractivos a los juegos e identifica, dentro de una actividad, tarea o mensaje determinado, en un entono de NO-juego, aquellos aspectos susceptibles de ser convertidos en juego o dinámicas lúdicas. Todo ello para conseguir una vinculación especial con los usuarios, incentivar un cambio de comportamiento o transmitir un mensaje o contenido. Es decir, crear una experiencia significativa y motivadora.

En la Figura 3.4, se muestra un cuadro comparativo con las principales diferencias entre la metodología Aprender Jugando y la Gamificación (Arellano Garrido y Gent Franch, 2017).

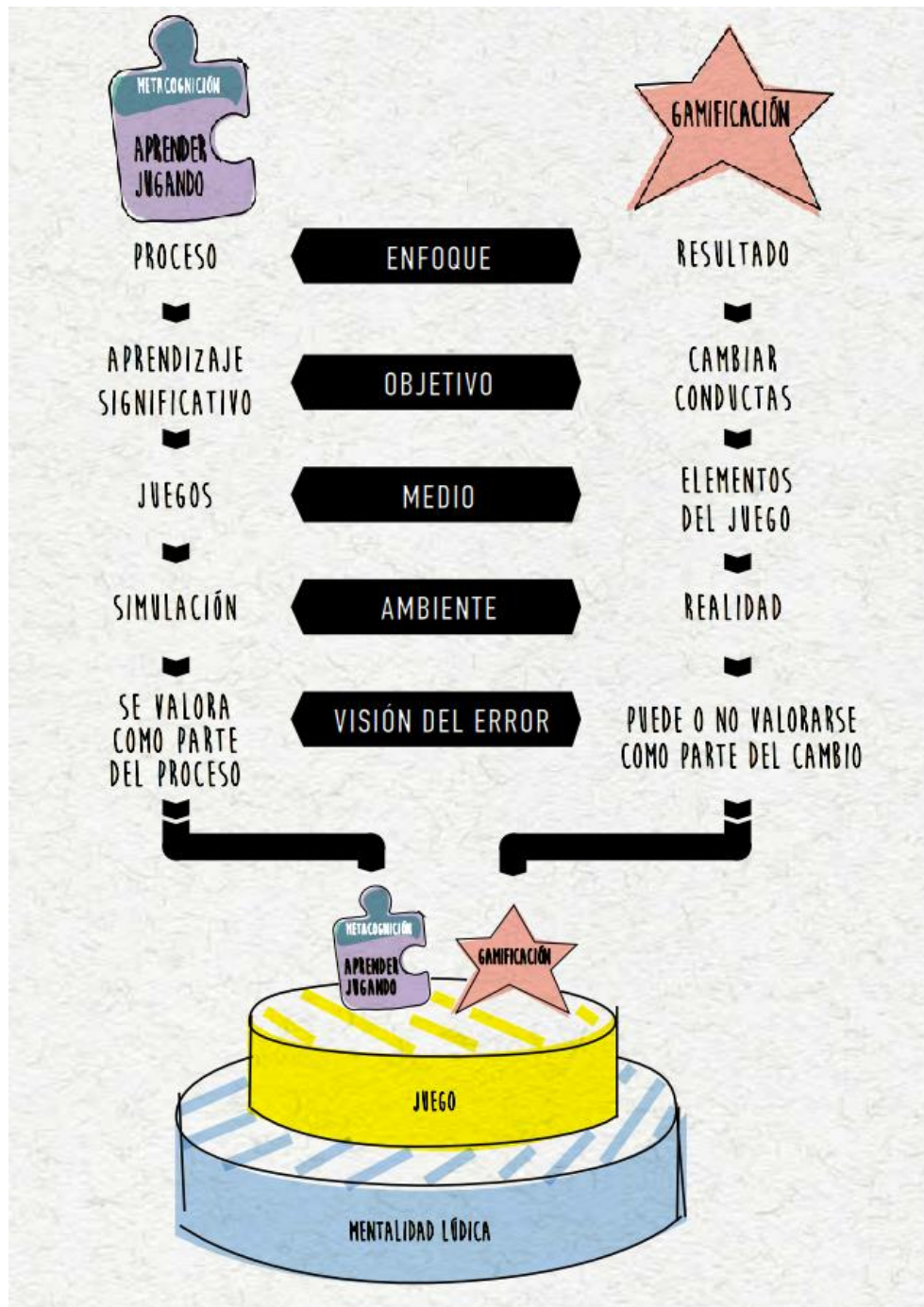


Figura 3.4 Diferencias entre Aprender Jugando y Gamificación (Fuente: Arellano Garrido y Gent Franch, 2017)

Tanto en la Gamificación, como en la metodología de Aprender Jugando, es de suma ayuda la implementación de Juegos y/o Materiales Didácticos, ya que, como se comentó anteriormente, estos son recursos que facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por medio de estos se pueden estimular sentidos, por ejemplo, con material didáctico en físico, se

puede estimular el sentido del tacto, mientras que, con elementos digitales, se puede estimular el sentido de la vista.

No debe de confundirse el término de Gamificación con un diseño de juego, porque lo que se busca es utilizar las dinámicas de juegos que existen, para por medio de ellas transmitir conocimientos específicos, que mantengan el interés de los usuarios (Romero Rodríguez et al., 2017).

A continuación, en la Tabla, se muestra la interrelación entre las dinámicas y mecánicas de la gamificación, según los autores (García Ruiz et al., 2018).

Tabla 3.3 Interrelación entre las dinámicas y mecánicas de la gamificación
(Fuente: García Ruiz, Pérez Rodríguez y Torres, 2018)

		Dinámicas					
		Premios	Estatus	Logros	Auto-expresión	Competencia	Altruismo
Mecánicas	Puntos	x	x	x		x	x
	Niveles		x	x		x	
	Retos	x	x	x	x	x	x
	Bienes virtuales	x	x	x	x	x	
	Tabla de posición		x	x		x	x
	Regalos		x	x		x	x

Dependiendo la mecánica por utilizar, se pueden implementar distintas dinámicas para llevar a cabo la gamificación, por lo cual, es importante plantear que es lo que se pretende enseñar por medio de esta herramienta.

Es importante hacerse las preguntas sobre para qué sirve, qué se pretende enseñar, con que recursos se cuentan, a quienes va dirigido, cuando se planea ponerlo en marcha, etc. Contestando a estas preguntas será más fácil el poder destacar el tipo de mecánicas y dinámicas a utilizar en la gamificación.

A continuación, se enumeran una lista de pasos por seguir para el desarrollo de un tema por medio de la gamificación.

1. Definición de objetivos: El primer paso es establecer los objetivos educativos o empresariales que se pretenden lograr a través de la gamificación. Es decir, identificar las habilidades, conocimientos o comportamientos que se desean fomentar en los participantes.

2. Identificación del público objetivo: Este punto se refiere a buscar a qué clase de personas/audiencia va dirigido. Buscar comprender las características y necesidades de los participantes para adaptar la gamificación a sus intereses y motivaciones.



3. Diseñar las mecánicas de juego: En este apartado entra la definición de reglas, desafíos, niveles, recompensas y/o sistemas de retroalimentación que se pretenden utilizar en la gamificación. Se busca tener una estructura que sea motivadora para los participantes, para que así puedan continuar avanzando y aprendiendo.

4. Integración de elementos lúdicos: Buscar incorporar elementos de juegos, como, tableros, puntos, medallas, etc., para crear una experiencia llamativa y divertida. Considerar elementos que estén alineados con los objetivos y ayuden a mantener el interés y la motivación.

5. Diseño de actividades y desafíos: En esta parte se pretende la creación de actividades relacionadas con los contenidos que se desean enseñar. Con reglas y metas alcanzables, buscando el equilibrio para que sea algo desafiante, pero alcanzable. El diseño debe de considerar el buscar fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración.

6. Brindar retroalimentación: En cada gamificación se debe de considerar brindar retroalimentación continua y constructiva a todos los participantes. En este punto se pueden utilizar de nueva cuenta sistemas de recompensas y reconocimientos, para que los usuarios comenten y participen, a la vez que se reflexiona sobre los errores y áreas de oportunidad.

7. Evaluación del progreso: Es importante considerar establecer indicadores de progreso, esto con la finalidad de poder medir el desempeño de los participantes, así como evaluar la eficacia de la gamificación, y, en todo caso, buscar realizar ajustes a esta.

8. Iteración y mejora: Observar el desarrollo de la gamificación y recopilación de comentarios de los participantes. Una vez teniendo dicha información, se pueden realizar ajustes y mejoras, con base en los resultados y la retroalimentación obtenida.

Con base en lo descrito anteriormente, se pretende realizar el diseño de un Juego Didáctico que tome como referencia las metodologías de Aprender Jugando y Gamificación. En el siguiente capítulo se detallará dicho juego.



4. Planteamiento del Juego Didáctico

Como se mencionó en el Capítulo 3, los juegos didácticos son herramientas que se diseñan para facilitar el aprendizaje y el desarrollo de determinadas competencias y habilidades en las personas. Estos pueden diseñarse y adaptarse dependiendo el o los temas que se pretenden desarrollar, el público al que va dirigido, los objetivos de enseñanza por transmitir, etc. Por tal motivo, es que se busca implementar un juego que sea sencillo de realizar, y que a su vez, logre demostrar las herramientas *Lean Manufacturing* descritas en el Capítulo 2 del presente proyecto.

El Juego propuesto es una variante del ya existente “*The Paper Airplane Game*”. En este juego, los participantes forman equipos para diseñar y construir aviones de papel, que después serán probados, buscando diseñar un avión que tenga la mayor duración de vuelo. Este juego se divide en rondas y se cronometran los tiempos, tanto de diseño, construcción y vuelo.

Al mismo tiempo que el juego plantea la resolución de problemas, se comprenden determinados principios de la filosofía *Lean Manufacturing*, enseñando de manera práctica la diferencia entre un sistema *Pull* y *Push*, así como conceptos de estandarización, Kanban, reducción de stocks intermedios, equilibrado de cadena y calidad.

El juego cuenta con distintas rondas, en las que se van realizando modificaciones a la “producción” de aviones inicial, con el objetivo de mejorar el proceso de armado, implementando las herramientas *Lean*.

Por lo descrito anteriormente es que se optó por desarrollar una variación del juego didáctico “*The Paper Airplane Game*”, tomando como referencia la parte de diseño y armado; buscando implementar las herramientas *Lean* descritas en el capítulo 3; teniendo como objetivo que sean de fácil entendimiento para los usuarios que lo jueguen. A continuación, se detallarán los pasos mencionados en el Capítulo 3, para el planteamiento y desarrollo del Juego Didáctico de este proyecto.

4.1. Pasos para la definición y desarrollo del Juego Didáctico

En el presente apartado, se definirá el Juego Didáctico que se pretende desarrollar en este proyecto, tomando como referencia los pasos descritos en el Capítulo 3.

4.1.1. Definición de objetivos

Los objetivos para el desarrollo del Juego Didáctico en el presente proyecto, son la enseñanza de las herramientas descritas en el Capítulo 2, correspondientes a la filosofía *Lean*

Manufacturing, por medio de la metodología Aprender Jugando, en conjunto con la Gamificación, permitiendo transmitir por medio de distintas configuraciones de juego, los conceptos teóricos y prácticos de dichas herramientas.

Así como facilitar la interiorización y entendimiento de los conceptos en el usuario, y, a su vez desarrollando distintas habilidades y conocimientos que mejoren competencias, tales como, resolución de problemas, colaboración, participación, toma de decisiones, habilidades motrices. Todo esto al momento de estar participando activamente en el juego.

4.1.2. Identificación del público objetivo

Como se ha comentado en los Capítulos anteriores, se pretende desarrollar un Juego Didáctico que enseñe determinados conceptos de la filosofía *Lean Manufacturing*, esto está pensado ser dirigido principalmente a estudiantes universitarios, de la rama de ingenierías o afines, con la finalidad de que aprendan los conceptos básicos del *Lean*, como una manera alterna al modelo educativo tradicional con el que se suele enseñar.

Aunque no está limitado a este público únicamente; también es un juego que, por los temas que se planean abordar, puede ser puesto en marcha con personas en el mundo laboral, principalmente en fábricas, o empresas que pretendan implementar dicha filosofía en sus procesos productivos, siendo este juego un acercamiento a los conceptos teóricos que aborda la filosofía *Lean*.

4.1.3. Diseño de las mecánicas del Juego

A continuación, se describirá de manera detallada el Juego que se pretende diseñar y desarrollar en este proyecto.

El presente Juego, al cual se le llamará “La Caja Lean”, consistirá en el armado de cajas de papel por medio de una serie de instrucciones y procedimientos, estos serán detallados más adelante, en las configuraciones del juego.

Este juego pretende simular una línea de producción de cajas, con tres principales etapas que comprenderán corte, dobleces, y armado final. En cada una de las etapas se tomarán en cuenta aspectos visuales y de calidad, con la finalidad de que el producto cumpla con las especificaciones solicitadas.

La Caja Lean toma como referencia de armado a la técnica tradicional japonesa llamada origami. Dicha técnica consiste en determinados dobleces de papel que formen distintas figuras; sin ningún tipo de pegamento y/o tijeras, consiguiendo convertir un papel cualquiera en una figura, por medio de pliegues precisos.

El origami fomenta la creatividad, concentración, combina la habilidad manual y precisión. Según (Kasahara y Gray, 2002) al realizar la técnica de origami, se mejora la



coordinación motriz y se favorece la capacidad de atención, ya que se deben tener en cuenta los pasos a seguir para que la figura deseada se obtenga de forma correcta.

Cabe recalcar que la configuración de la Caja Lean toma como referencia al origami, pero hay algunos pasos iniciales que contemplan cortes, tanto manuales, como con herramientas de apoyo, por lo tanto, debe considerarse como una variación al origami únicamente.

4.1.4. Integración de elementos lúdicos

La Caja Lean, es un Juego Didáctico que tiene como principal actividad el armado de cajas de papel, mediante una serie de instrucciones y rondas de juego, por lo tanto, el principal elemento lúdico es la utilización de actividades manuales para el armado de cajas.

Además, se realizará una retroalimentación y serie de comentarios al finalizar cada ronda de juego, con la finalidad de destacar lo observado a lo largo del juego, así como puntos de mejora, modificaciones, propuestas, y sugerencias, por lo tanto, se pretende tener una participación tanto del instructor, como de cada uno de los participantes del juego.

4.1.5. Diseño de las actividades y desafíos del Juego

Se pretende dividir el juego didáctico en tres principales configuraciones o rondas. En cada configuración se abordarán e irán implementando los distintos conceptos descritos en el Capítulo 2.

La idea principal, es que entre cada configuración existan modificaciones y variaciones en el juego, que impliquen mejoras respecto a la configuración anterior. En este apartado se detallarán las configuraciones de juego, con las propuestas de cambio entre cada una de estas, pero, también se tiene previsto que los mismos jugadores propongan ideas de mejora, así como la identificación y eliminación de actividades que no añadan valor al proceso actual.

A continuación, se describirá la idea principal de cada configuración, considerando las herramientas *Lean* que se pretenden abordar en cada una de ellas. Es importante mencionar que al momento de poner en marcha el juego, estas configuraciones pueden tener variaciones a la idea propuesta originalmente, porque, como se mencionó anteriormente, la participación e ideas planteadas por los jugadores, son elementos por considerar en cada configuración, y, puede haber variaciones entre las ideas que ellos propongan respecto a lo descrito a continuación.

- Primera configuración: Sistema *Push*

En la primera configuración del juego La Caja Lean, se pretende especificar las reglas generales del juego, dar una introducción de la filosofía *Lean Manufacturing*, y comenzar la primera ronda de juego.

Los conceptos y tipo de estructura que se tendrá en esta configuración son una producción basada en un sistema por lotes (sistema *Push*), en donde se les asignará un número de cajas por armar y los jugadores estimarán la producción para cumplir con dicho pedido.

Otras herramientas de la filosofía *Lean* que se pretenden abordar en esta configuración, son el cronometraje y la gestión visual, la segunda mediante instructivos de trabajo para el armado de La Caja Lean.

- Segunda configuración: Equilibrado de cadena

Se pretende realizar modificaciones a la primera configuración, entre ellas, la división de tareas en las estaciones de trabajo, es decir, que cada estación cuente con un proceso de corte, doblado y armado, buscando equilibrar los tiempos por puesto de trabajo (conceptos teóricos: Equilibrado de cadena).

En esta configuración se sigue utilizando un sistema de producción por lotes. Otro de los conceptos por abordar en la segunda configuración es el SMED, buscando convertir en externas tareas internas, y la incorporación de una caja de herramientas para la implementación del SMED.

- Tercera configuración: Sistema *Pull*

Por último, se tiene considerada una tercera configuración del juego. En dicha configuración se pretende incluir la variación de tipos de cajas por armar, es decir, incrementar las especificaciones de productos, los cuales vendrán determinados por órdenes de pedidos generadas mediante tarjetas.

Los jugadores irán recibiendo las órdenes y armando los productos conforme los mismos puestos de trabajo de la segunda configuración, solo que ahora se tendrán establecidos los tiempos estándares de trabajo por tarea y por puesto de trabajo. Estos tiempos vienen definidos de los resultados del de la segunda configuración; de igual manera, se calculará el tiempo de ciclo, por lo cual se producirá lo solicitado por el cliente, en el tiempo requerido, cambiando la producción por lotes, a una producción que tire con base en lo demandado por el cliente.

Es importante resaltar que en cada una de las configuraciones del juego se tendrán en cuenta controles de calidad internos, es decir, cada operario comprobará visualmente que la caja cumpla con las especificaciones del Instructivo de trabajo. En la última configuración se



Planteamiento del Juego Didáctico

pretende incluir una operación de control de calidad, realizada por el operario general de la estación de trabajo número 4.

En los siguientes apartados se describirán las distintas configuraciones, y la puesta en marcha de cada una de ellas para el armado de La Caja Lean. En la Figura 4.1 se observa un ejemplo de una caja armada por completo.

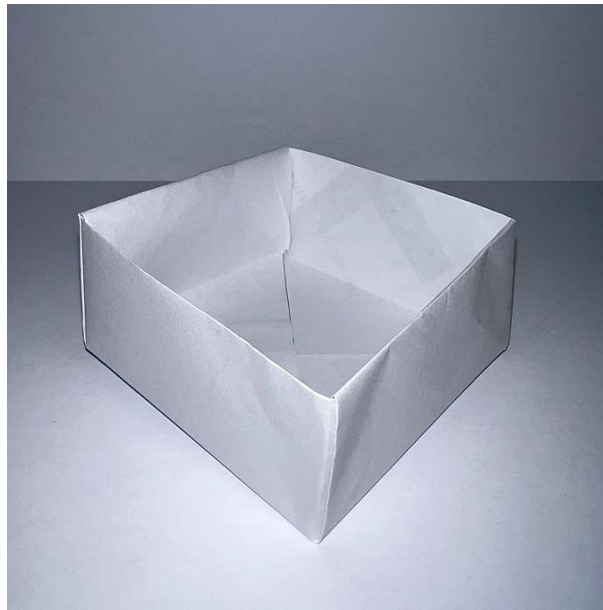


Figura 4.1 Diseño final de La Caja Lean

4.1.6. Retroalimentación del Juego

Como se comentó en el apartado anterior, al finalizar cada configuración del Juego La Caja Lean, se pretende realizar una retroalimentación, tanto del instructor a los jugadores, como ellos mismos; donde se les invitará a realizar comentarios sobre la simulación del Juego, puntos por destacar, tales como, puntos de mejora en sus puestos de trabajo, en el juego en general, sugerencias de cambio.

La idea de contar con este espacio de retroalimentación, es la de motivar a los jugadores a que tengan una participación activa a lo largo de todo el juego, así como el desarrollo del pensamiento crítico, buscando el entendimiento e interiorización de los conceptos abordados en el juego.

4.1.7. Evaluación del progreso

La manera de evaluar el progreso de los jugadores a lo largo de las configuraciones del juego, se planea seguirla mediante el cronometraje de las distintas tareas y estaciones de trabajo que comprende dicho juego, contando con un registro de los tiempos en cada ronda de juego.

Al analizar los resultados obtenidos, se puede realizar un comparativo de cada ronda respecto a cada jugador, y al procedimiento en general, ya que, existen configuraciones que conllevan la realización de trabajo en equipo para cumplir con determinados objetivos.

4.1.8. Iteración y mejora

En el desarrollo del presente Juego Didáctico, se tiene considerada la evaluación de cada configuración. Pero, de igual manera se contempla realizar un análisis final del juego en general, para plantear posibles desarrollos futuros, propuestas de mejora, ajustes y cambios, con el objetivo de tener una mejora en una futura puesta en marcha.

A continuación, se detallarán cada una de las configuraciones planteadas anteriormente en el apartado de diseño del Juego Didáctico (ver 4.1.5).

4.2. Primera configuración de La Caja Lean

Para la primera configuración del juego de La Caja Lean, se pretende brindarle a cada jugador un instructivo en donde se les expliquen los pasos a seguir para el correcto armado de La Caja Lean de principio a fin.

Al momento de brindarles el instructivo, se les mostrará una caja de referencia para que tengan en cuenta como debe de quedar el producto terminado. De igual forma, con dicha referencia podrán analizar los aspectos de calidad visual de las cajas armadas. Los controles de calidad serán internos (cada operario en su puesto de trabajo), como el supervisor, que dará el visto bueno y registrará si la caja pasa o no el control de calidad.

En la presente configuración, cada jugador realizará individualmente las tres etapas explicadas anteriormente (corte, dobleces y armado) por completo. Es decir, en un solo puesto de trabajo se realizarán todas las operaciones que conlleva el armado de La Caja Lean. Se contará con una persona encargada de cronometrar los tiempos de cada jugador, así como si la caja cumple o no con las especificaciones de calidad, registrando todo, para posteriormente analizar los resultados obtenidos.

Antes de comenzar la primera configuración del juego, se dará una breve explicación de los objetivos del juego La Caja Lean, un entrenamiento práctico del armado de la caja, y las reglas generales de esta, las cuales se encuentran descritas en el siguiente apartado.

Como se ha venido comentando, la finalidad de este juego es la de enseñar las principales herramientas de la filosofía *Lean Manufacturing* mediante un juego didáctico en el que los jugadores puedan comprender de una manera más sencilla y práctica conceptos teóricos.



4.2.1. Reglas generales primera configuración

En el presente apartado, se describirán las reglas que conforman la primera configuración de La Caja Lean. Al ser la primera interacción de los participantes con el juego, es importante ponerles en contexto para que se puedan lograr los objetivos de enseñanza planteados. A continuación, se enlistan las reglas.

1. El número mínimo de jugadores son 5 personas, o múltiplos de estos.
2. Cuatro de los jugadores tendrán el puesto de trabajo llamado “operario general” y el quinto jugador será el “supervisor”. Las funciones de cada jugador se describirán en el apartado de Jugadores.
3. Se entregará un Instructivo (A o B) a cada uno de los operarios generales. Al supervisor se le entregará una Tabla de registro, un cronómetro y un bolígrafo.
4. Los operarios generales contarán con 10 minutos para leer el tipo de instructivo que se les haya proporcionado. Una vez pasado ese tiempo, podrán practicar el armado de La Caja Lean durante 10 minutos más.
5. A dos de los operarios generales que cuenten con el Instructivo A y B, respectivamente, se les realizará una demostración práctica de cómo es el armado de la caja. Realizarán el paso 4 de las reglas generales, pero, adicionalmente recibirán la demostración práctica.
6. En la Tabla de registro se encuentran numerados del 1 al 4 los puestos de cada operario general, con un apartado para el registro de tiempos, y otro para el registro de productos aceptados o rechazados, según la calidad (la Tabla de registro se explicará más a detalle en los siguientes apartados).
7. Una vez terminado el tiempo de introducción y entrenamiento, se dará comienzo a la primera configuración del juego. Cada operario se deberá encontrar en su puesto de trabajo. El supervisor deberá llevar un registro de cada uno de los operarios.

4.2.2. Material necesario

Para la primera configuración del juego La Caja Lean será necesario contar con el siguiente material:

- Folios de tamaño A4: Se necesita un folio por cada caja a realizar.
- 2 instructivos del juego: Instructivo A: Textual. Instructivo B: Gráfico. Se proporcionará un instructivo por jugador.
- Cronómetro
- Tabla para registro: Para el registro de tiempos cronometrados por ronda
- Bolígrafo

4.2.3. Jugadores

La puesta en marcha del juego en esta primera configuración requiere un mínimo de 5 participantes (o múltiplo de 5), contemplando cuatro puestos de trabajo, y un supervisor.

Como se mencionó en el apartado de material necesario para el juego, se tienen dos tipos de instructivos, “A” y “B”. Se repartirá el “Instructivo A” a un par de jugadores, y el “Instructivo B”, al par restante. Adicionalmente, se requiere una persona encargada de cronometrar y registrar en la tabla los tiempos de armado de cada uno de los participantes, el Supervisor será el encargado de realizar dichas funciones.

Cada jugador deberá armar cajas con base en las reglas e instructivos proporcionados, buscando obtener una caja como la mostrada en la Figura 4.1. A continuación, se describirán a detalle los puestos de cada jugador.

4.2.3.1. Operarios generales

La primera configuración del juego cuenta con cuatro operarios generales, en donde cada uno de ellos realiza las mismas funciones, es decir, los cuatro operadores cortan, doblan y arman cajas. Como se explicó anteriormente, en esta configuración del juego, el proceso de armado de cada caja es realizado por una sola persona, de principio a fin.

Dos de los operarios siguen las instrucciones de armado con base en el Instructivo A, mientras que el otro par de operarios sigue las del Instructivo B. Las tareas que tienen que realizar vienen determinadas por dichos instructivos, en donde, el único material de trabajo con el que cuentan son folios. Como se mencionó anteriormente, se realizará una demostración práctica del armado de La Caja Lean a dos de los operarios, se seleccionará un operario de cada tipo de instructivo (A y B).

Cada operario deberá hacer inspecciones visuales de calidad una vez que termina de armar cada caja. Por último, el supervisor dará el visto bueno a las cajas que se encuentren terminadas, registrando el número de cajas que cumplan con las especificaciones de calidad y el número de rechazos.

4.2.3.2. Supervisor

En esta configuración del juego, se cuenta con un puesto de trabajo llamado “Supervisor”, que se refiere a un jugador que tiene como funciones principales el cronometrar el tiempo total del armado de cada caja, para cada uno de los operarios generales, así como la de registrar si las cajas armadas cumplen o no con las especificaciones de calidad en la Tabla de registro, y, será el encargado de revisar que se cumplan las reglas del juego, así como de brindar las nuevas indicaciones en cada configuración.



Al supervisor se le entrega un cronómetro, una Tabla de registro y un bolígrafo, para la primera configuración. En dicha tabla se encuentran los cuatro puestos de trabajo, un apartado para registrar los tiempos de armado totales y, por último, un apartado para registrar si la caja cumple o no con los aspectos de calidad.

En la Tabla de registro viene determinado el tiempo de duración total de la ronda de armado, información que debe de ser compartida por el supervisor a los operarios generales.

Este puesto tiene como finalidad el aprendizaje de la utilización de las herramientas para poner en marcha el cronometraje de tiempos, así como de aprender conceptos de especificaciones de calidad, y el de llevar el mando de las distintas configuraciones del juego.

4.2.4. Instructivos del juego: primera configuración

Como se ha mencionado, se tienen dos diferentes tipos de instructivos, los cuales se denominan “Instructivo A” e “Instructivo B”. Dichos instructivos contienen los pasos requeridos para el correcto armado de La Caja Lean.

La diferencia entre ellos es que el Instructivo A consiste en la descripción de los pasos a seguir textualmente, es decir, sin ningún tipo de ayuda visual, mientras que el Instructivo B, describe los pasos de manera gráfica, con imágenes ilustrativas.

El objetivo de contar con dos instructivos es el de comparar los tiempos de armado, con instrucciones textuales, y con representaciones gráficas. Una vez teniendo el comparativo de tiempos de armado entre ambos instructivos, se puede analizar que instructivo es más útil y de fácil entendimiento para los jugadores. Con base en los instructivos desarrollados, se busca implementar la herramienta de gestión visual del *Lean Manufacturing*.

Al mismo tiempo, se planea comparar los resultados de tiempos de armado de ambos instructivos, con una demostración del armado en físico que se les enseñará a dos de los operarios generales.

A continuación, se muestran los dos tipos de instructivos realizados para la puesta en marcha de la primera configuración del juego La Caja Lean.

Instructivo A:

1. Tomar un folio tamaño A4
2. Doblar una de las esquinas de forma diagonal hasta cuadrar con el lado opuesto, con la finalidad de buscar formar un triángulo isósceles. El sobrante del folio que no tiene ningún doblez debe de tener forma rectangular.
3. La parte rectangular se debe de recortar, por lo cual, se procederá a doblar dicho rectángulo de un lado a otro un par de veces, asegurándose de marcar fuertemente el contorno de este.
4. Se procede a desprender el rectángulo del folio, apartarlo.
5. Desdoblar el folio.
6. Doblar de nueva cuenta el folio diagonalmente, pero ahora con las esquinas contrarias, esto con el objetivo de hacer un marcaje para encontrar el centro del folio.
7. Desdoblar el folio.
8. Doblar cada una de las cuatro esquinas del folio en dirección central, debe de quedar un folio de forma cuadrada, pero de menor tamaño.
9. Realizar un doblez tipo ventana con dos de las aristas del cuadrado, es decir, doblar dos de los lados del cuadrado en dirección central.
10. Marcar bien los dobleces.
11. Desdoblar las caras del paso 9.
12. Repetir el paso 9, con las caras opuestas, marcando de igual manera los dobleces.
13. Desdoblar las caras del paso 12.
14. Se tiene de nueva cuenta el cuadrado con las esquinas dobladas centralmente, desdoblar dos de las esquinas opuestas.

Nota: Al desdoblar las esquinas como se indica en el paso 14, quedan dos triángulos en cada extremo del folio, observar bien que el folio cuenta con dobleces que serán de ayuda para el armado de la caja. Justo debajo de los dos triángulos desdoblados de los extremos, se puede visualizar un cuadrado que cuenta con las otras dos caras triangulares dobladas, a su vez, dicho cuadrado está marcado por dobleces que forman una cuadrícula de 4 cuadrados a lo largo por 4 a lo ancho.

15. Se realizará de nueva cuenta un doblez tipo ventana, tomando como medida un cuadro de la cuadrícula, esto en ambos lados, por lo cual, quedan encontradas ambas caras en el centro.
16. Si se realizó correctamente el paso 15, debe de observarse en cada extremo del folio un triángulo, justo debajo de cada triángulo se encuentra un doblez diagonal que forma un triángulo rectángulo, debajo de dicho triángulo rectángulo se encuentra un cuadrado de la cuadrícula previamente formada, se doblará diagonalmente dicho cuadrado en sentido perpendicular a la base del triángulo rectángulo.



Planteamiento del Juego Didáctico

17. Una vez realizado el paso 16, se puede observar la altura de dos de los lados de la caja, ahora se procederá a doblar la pestaña triangular sobrante hacia dentro de la caja, se realizan 2 dobleces, primero uno marcando la altura de la caja, y otro doblando el triángulo restante en la base de la caja.

Esto brindará más soporte a cada lado.

18. Por último, doblar de la misma manera que en el paso 17 el lado restante.

En la Figura 4.2 se muestra el Instructivo B.

Instructivo tipo B

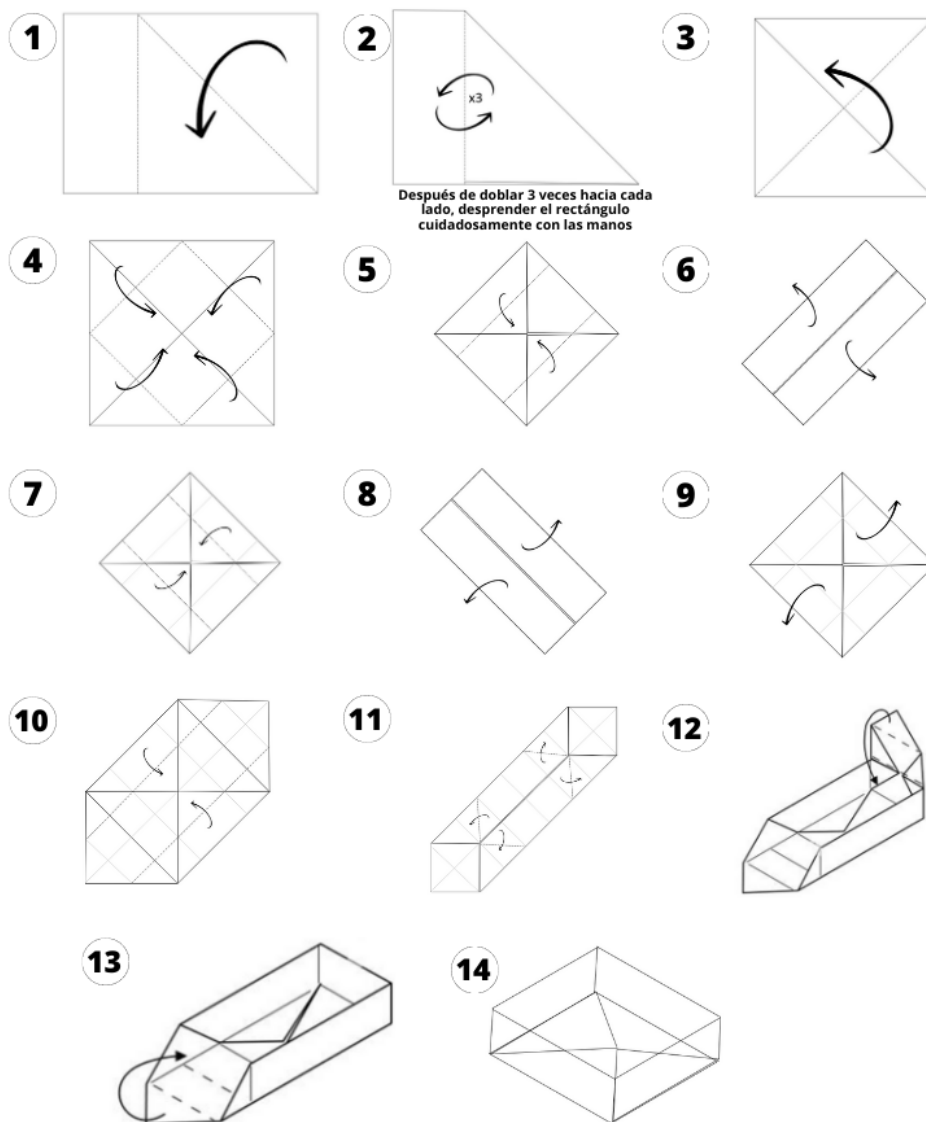


Figura 4.2 Instructivo B

4.2.5. Demostración de armado de La Caja Lean

Como se ha mencionado anteriormente, se pretende realizar una demostración a dos de los operarios generales, esto consiste en mostrarles cómo se realiza el armado de La Caja Lean, siguiendo cada uno de los pasos de los instructivos. Dicha demostración se realizará a un operario que cuente con el instructivo tipo A, y a uno con el instructivo tipo B.

Los operarios primero tendrán la formación de demostración, y, enseguida procederán a leer sus instructivos y a realizar el armado de práctica previo a la primera ronda de armado.

La demostración tiene como finalidad el poder comparar no solo la comprensión de ambos tipos de instructivos para el armado de cajas, sino, además, el de poder comparar el contar con la gestión visual, que facilite el entendimiento de las instrucciones escritas/ilustradas.

4.2.6. Tabla de registro

En la Tabla de registro se encuentran distintos apartados para los puestos de cada uno de los operarios generales, en dichos apartados se pretende realizar el registro de los tiempos totales de armado.

También se encuentra un apartado en donde se especifica si la caja registrada cumple con las especificaciones de calidad o no. Esta sección de calidad será llenada de igual manera por el Supervisor, el cual, al finalizar la ronda, contabilizará el total de cajas aceptadas y rechazadas, con la finalidad de calcular un porcentaje de piezas que cumplen con las especificaciones de calidad establecidas.

A continuación, se muestra un ejemplo del diseño de la Tabla de registro para realizar el cronometraje de tiempos y el registro de la calidad por caja (Ver Tabla 4.1).



Tabla 4.1 Tabla de registro

Primera configuración La Caja Lean								
Tiempo total de producción:								
Hora de inicio:			Hora de finalización:					
Tipo de instructivo:								
Número de cajas:	Operario general 1		Operario general 2		Operario general 3		Operario general 4	
	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
Tiempo promedio (seg):								

4.2.7. Herramientas Lean implementadas: primera configuración

En esta primera configuración del juego didáctico, se pretende enseñar e implementar los conceptos y herramientas que se mencionarán a continuación, correspondientes a la filosofía *Lean*.

La primera herramienta por implementar, se encuentra en la configuración del tipo de producción del juego, la cual comprende un sistema tipo Push, el cual es un sistema de producción con previsión de la demanda, por lotes, que será puesto en marcha durante un tiempo determinado.

También se implementará la herramienta de cronometraje, dicha herramienta será comprendida por el supervisor, para cronometrar a los jugadores. Por último, se pretende enseñar el concepto de gestión visual, tanto con la entrega de instructivos del juego a los jugadores para el armado de La Caja Lean, como con la demostración práctica de armado.

La calidad será otra de las herramientas por utilizar en la presente configuración, ya que, al finalizar cada una de las cajas, el supervisor registrará si estas cumplen con las especificaciones determinadas para pasar el control de calidad.

4.2.8. Finalización de la configuración inicial

Una vez que finaliza la producción total en la primera ronda del juego, cada uno de los jugadores aportará retroalimentación acerca de lo que ha observado a lo largo del juego, tanto de su puesto de trabajo, como del juego en general.

El objetivo de esto es analizar los resultados obtenidos, e invitar a los jugadores a que propongan ideas de mejora, con la finalidad de implementarlas en las siguientes rondas o producciones. Con esto se pretende conseguir mejoras en el proceso actual, buscando involucrar activamente a los jugadores con la implementación de ideas generadas por ellos mismos.

De igual manera, se les explicará a los jugadores las modificaciones y ajustes que tendrá la primera configuración del juego. Se tomarán como referencia las herramientas de la filosofía *Lean* que se quieren abordar con dichas modificaciones.

4.3. Segunda configuración de La Caja Lean

En el presente apartado, se describirán las modificaciones propuestas e implementadas a la primera configuración del juego didáctico La Caja Lean, para el desarrollo de la segunda configuración. Dichas modificaciones parten del diseño previsto del Juego. Posteriormente, cuando se haya puesto en marcha el juego, también se considerarán las aportaciones y comentarios de los jugadores, buscando encaminar y empatar las propuestas de ellos con las modificaciones planteadas inicialmente en el presente apartado.

Se pretende que en las modificaciones a la propuesta inicial existan mejoras en el proceso de armado de cajas, buscando eliminar desperdicios, por medio de la aplicación de las herramientas de la filosofía *Lean Manufacturing* expuestas en el Capítulo 2.3.

4.3.1. Modificaciones propuestas: segunda configuración

Como se había descrito en el apartado de configuraciones, la segunda configuración pretende dividir los procesos de La Caja Lean en cuatro estaciones: Corte, Doblez 1, Doblez 2



y Armado final. De nueva cuenta, se tendrá el puesto del Supervisor, el cual será el encargado de registrar el tiempo de operaciones de cada uno de los operarios en las estaciones.

Otra de las modificaciones que se tendrán para esta segunda configuración, respecto a la primera, es la implementación de una caja de herramientas. Dicha caja será de utilidad para poder realizar el armado de La Caja Lean. Más adelante se explicará el contenido de la caja de herramientas, y la aplicación de esta en las estaciones propuestas.

También se implementará un ajuste en los instructivos de la primera configuración, con la propuesta de una combinación de los instructivos A y B, consiguiendo un nuevo instructivo, al que se le llamará instructivo tipo C. El objetivo de este ajuste es la fusión de la parte gráfica con la textual de los instructivos A y B utilizados en la primera configuración. El objetivo es que se logren entender mejor las instrucciones de armado de La Caja Lean. De igual forma, se explicará más adelante el nuevo instructivo propuesto.

El Supervisor, tendrá un ligero cambio en las funciones que realizaba en la primera configuración, ahora tomará los tiempos que lleva la realización de cada tarea en la estación de trabajo, es decir, cronometrará cada paso descrito en el instructivo C, con la finalidad de saber el tiempo que lleva cada tarea en cada estación de trabajo a cada operario.

Con lo descrito anteriormente, se tendrá una modificación a la Tabla de registros original, en donde se añadirán campos para el registro de tiempos de cada tarea por operario, en las estaciones de trabajo.

4.3.2. Instructivos del juego: segunda configuración

Como se mencionó en el apartado de modificaciones del juego (ver: 4.3.1), uno de los cambios por realizar en esta segunda configuración, es una fusión entre el instructivo A y B, correspondientes a la configuración inicial. El instructivo C a su vez se dividirá en cuatro secciones, las cuales corresponden a cada una de las estaciones de trabajo. En esta configuración cada operario general contará con distintas tareas por realizar, por lo cual es necesario contar con un instructivo de juego (al ser el juego una simulación de una línea de producción, se procederá a llamarle instructivo de trabajo), por estación de trabajo.

A continuación, se procederá a describir e ilustrar los instructivos implementados para la segunda configuración del juego didáctico La Caja Lean.

4.3.2.1. Instructivo C-1: Corte

En la Figura 4.3, se muestra el instructivo correspondiente a la primera estación, la cual es el corte del folio.

Instructivo C-1: Corte

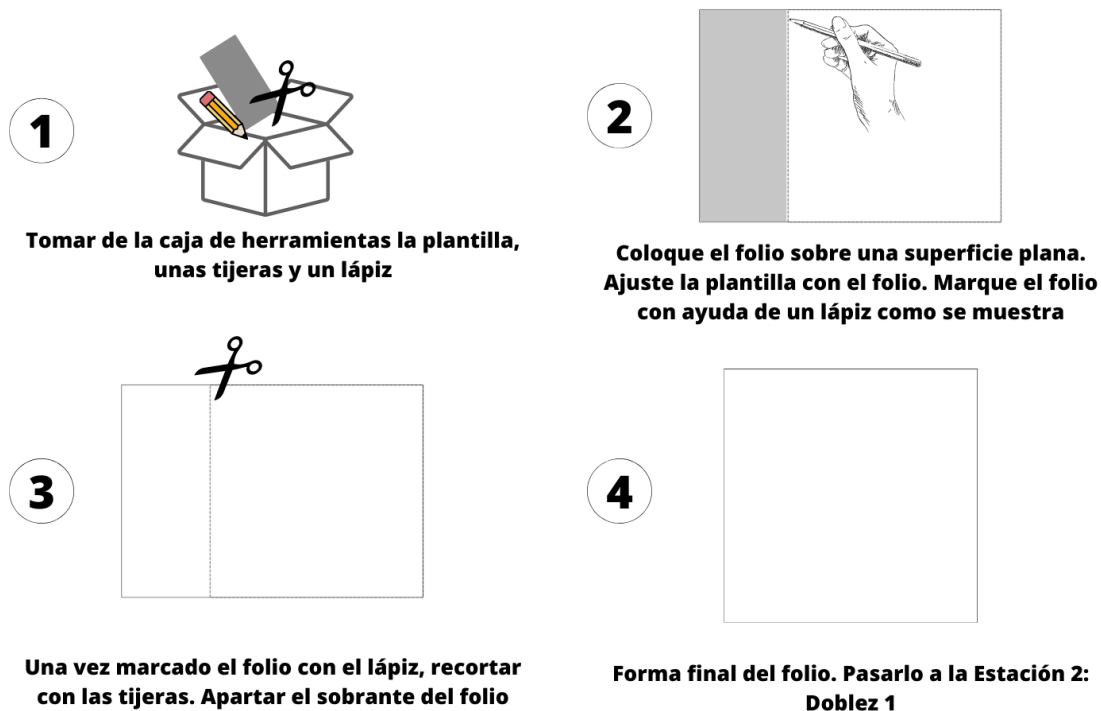


Figura 4.3 Instructivo C-1: Corte

El Instructivo C-1: Corte se entregará al operario que se encuentre en la Estación 1. A continuación, se muestra el Instructivo correspondiente a la Estación 2.

4.3.2.2. Instructivo C-2: Doble 1

En la Figura 4.4 se visualiza el instructivo C-2, correspondiente una de las Estaciones de doblez (Estación 2: Doble 1). Se buscó dividir equitativamente las tareas en los dobleces, ya que, en la primera configuración se concluyó que este paso era el más tardado de los tres pasos originales (corte, doblez y armado).

Con esta configuración se pretende equilibrar los tiempos de todas las estaciones para poder evitar cuellos de botella y esperas en cualquiera de las estaciones de trabajo. Por lo tanto, se busca implementar en esta configuración una de las herramientas de la filosofía *Lean Manufacturing*, el equilibrado de cadena.

En el siguiente apartado se mostrará el instructivo correspondiente a la segunda parte de dobleces, la cual se realizará en la Estación 3: Doble 2. (Ver Figura 4.5).



Instructivo C-2: Doble 1

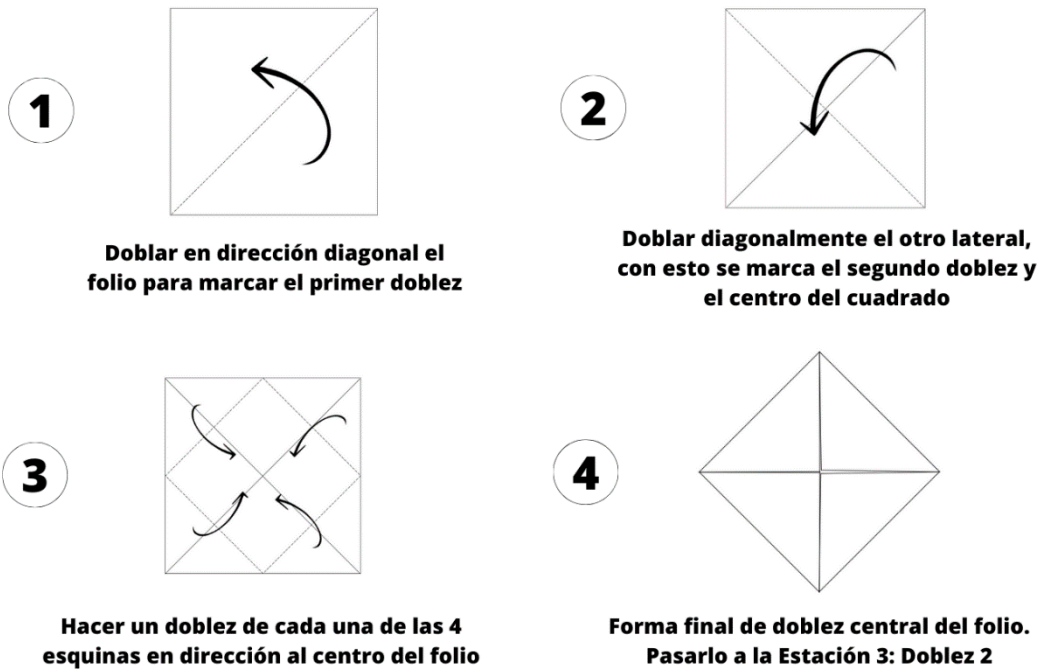


Figura 4.4 Instructivo C-2: Doble 1

4.3.2.3. Instructivo C-3: Doble 2

Instructivo C-3: Doble 2

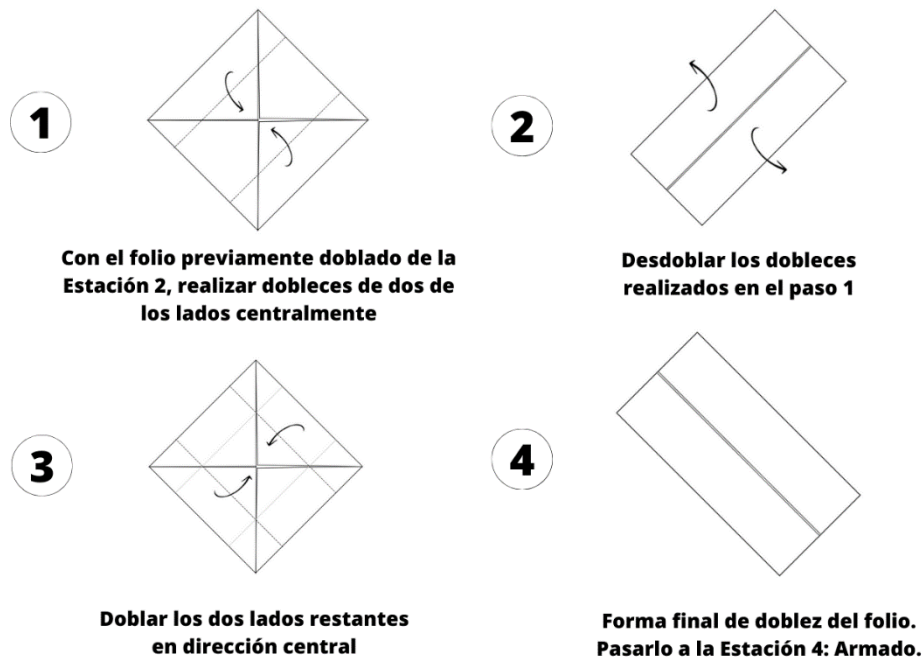


Figura 4.5 Instructivo C-3: Doble 2

Por último, en la Figura 4.6 se presenta el instructivo de armado correspondiente a la estación de trabajo número 4. En dicha estación se realizarán los dobleces finales que conforman el armado de la caja.

4.3.2.4. Instructivo C-4: Armado

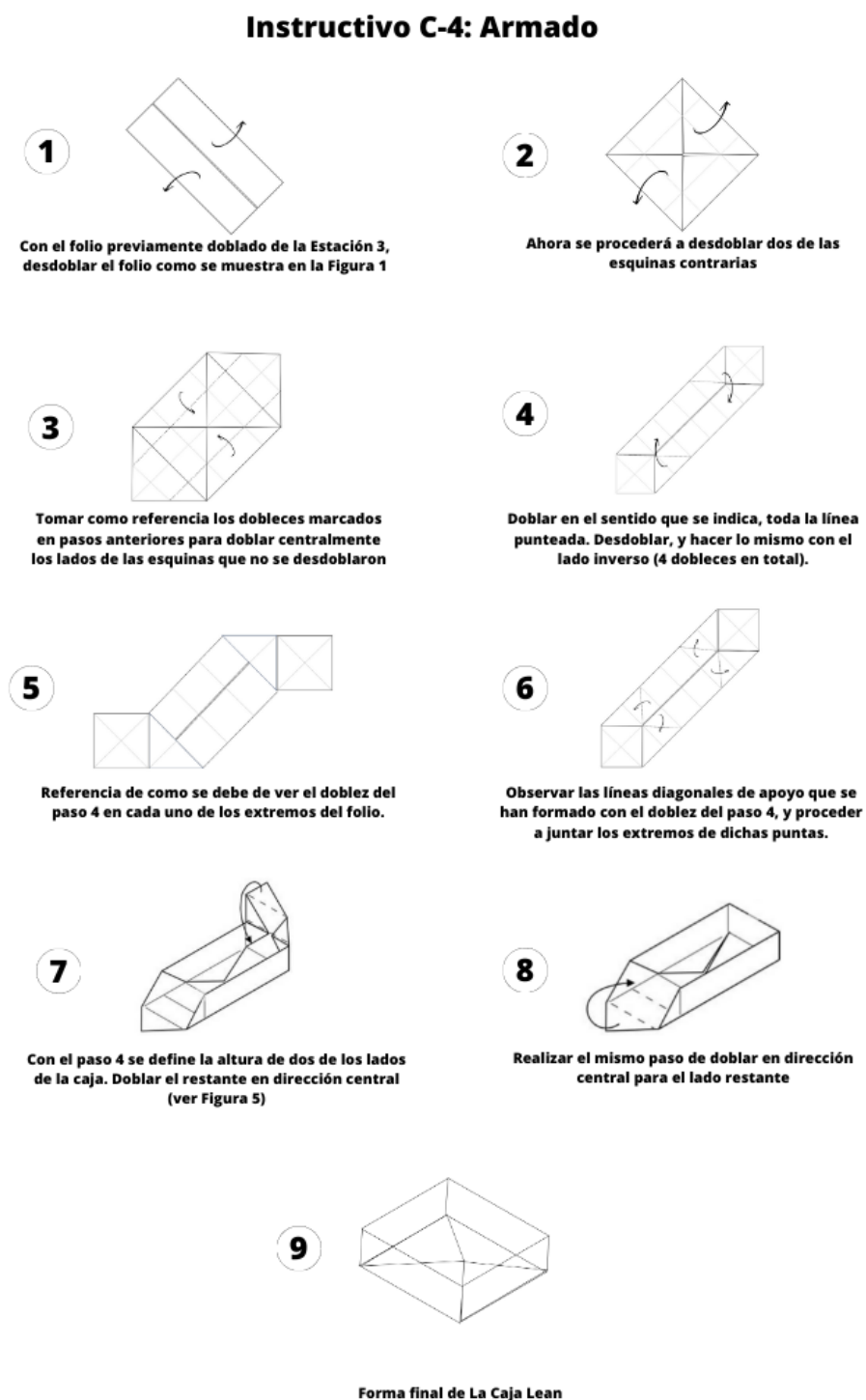


Figura 4.6 Instructivo C-4: Armado



Como se puede observar en la Figura 4.6, este es el instructivo con mayor número de pasos, debido a que está conformado de los últimos dobleces para el armado de la caja. Aun con esto, según las modificaciones planteadas, se tiene previsto que la suma total de dichos pasos sea inferior a los de las estaciones anteriores.

A continuación, se detallarán las Estaciones de la segunda configuración.

4.3.3. Estaciones de trabajo La Caja Lean: segunda configuración

Como se mencionó anteriormente, la segunda configuración de La Caja Lean estará compuesta por cuatro estaciones de trabajo, en este apartado se describirán las tareas que componen a cada estación.

4.3.3.1. Estación de trabajo 1: Corte

De acuerdo con la segunda configuración para el armado de La Caja Lean, una de las estaciones corresponde al corte de un folio tamaño A4, para que quede con forma cuadrangular. En el instructivo mostrado en la Figura 4.3, se detallan los pasos a seguir para lograr la figura geométrica deseada.

Cabe recalcar que, en la configuración inicial, el corte consistía originalmente en realizarse sin ningún tipo de herramienta, se cortaba manualmente, mediante dobleces de un lado a otro, hasta conseguir marcar lo suficiente para poder desprender el rectángulo sobrante (Ver Figura 4.2).

La modificación propuesta en este paso fue la implementación de una plantilla que tenga las dimensiones del rectángulo sobrante en el folio A4. Dicha plantilla se ajustará en uno de los laterales del folio, enseguida se marcará con un lápiz la línea por cortar, y, finalmente se procederá a cortar dicho folio con unas tijeras, obteniendo un folio cuadrado.

Con las modificaciones descritas para la segunda configuración, se busca la implementación de un cambio rápido de herramientas (SMED), para la disminución de tiempo en las tareas correspondientes a esta estación, así como la conversión de tareas internas en externas.

Dicha estación estará compuesta por un operario general, el cual realizará el trabajo descrito en el párrafo anterior y, siguiendo el Instructivo C-1. Las herramientas de trabajo se encontrarán localizadas en la caja de herramientas, por lo tanto, el operario general debe de considerarlo dentro de sus tareas por realizar.

Una vez terminado el recorte del folio, este se pasará a la Estación 2 de trabajo, el Doble 1, el cual se detalla a continuación.

4.3.3.2. Estación de trabajo 2: Dobleces 1

La estación dos contempla los dobleces parciales para el armado final de La Caja Lean. Tomando como referencia los pasos correspondientes al Instructivo C-2 en la Figura 4.4.

Las tareas de esta estación comienzan con la recepción del folio previamente cortado de la Estación 1, enseguida se comienza a doblar el folio hasta llegar a una figura geométrica cuadrangular, que se procederá a enviar a la Estación 3.

Al igual que en la Estación 1, será un operario general el encargado de realizar cada una de las tareas según el instructivo. A continuación, se detallará el puesto de trabajo correspondiente a la Estación 3.

4.3.3.3. Estación de trabajo 3: Dobleces 2

En la presente estación, el operario terminará el proceso de dobleces que se comenzó en la Estación 2, con base en el Instructivo C3 (Ver Figura 4.5). Al igual que en la Estación 2, el operario realizará únicamente lo descrito en el Instructivo, son cuatro pasos por seguir, sin la utilización de ninguna herramienta además de dicho instructivo. Una vez terminado el dobleces final, se procederá a enviar el folio a la cuarta y última estación, para el armado final de La Caja Lean.

4.3.3.4. Estación de trabajo 4: Armado final

En esta estación, se realizará el armado que transforma los dobleces realizados previamente en las estaciones dos y tres, en la geometría deseada, La Caja Lean. Se deberán seguir los pasos correspondientes al Instructivo C-4, mostrado en la Figura 4.6.

Cabe recalcar que los pasos correspondientes a los instructivos C-2 y C-3 no tuvieron ningún tipo de modificaciones, con respecto al Instructivo B de la configuración inicial. Lo único que se diferencia es la división de dichos pasos en las estaciones de trabajo, a diferencia de los pasos correspondientes al Instructivo C-1, y C-4, que tuvieron modificaciones por la incorporación de herramientas de trabajo, y cambios en uno de los dobleces finales, propuestos por los jugadores al final de la primera configuración.

Al igual que en las estaciones previas, un operario general será el que esté a cargo de dicha estación, para finalmente, colocar La Caja Lean en la sección de producto terminado. A continuación, se describirá la caja de herramientas que se implementa en esta segunda configuración.

4.3.4. La caja de herramientas

Como se puede observar en la descripción de la Estación 1, se contempla utilizar varias herramientas de apoyo para el corte del folio A4, buscando disminuir el tiempo en esta tarea,



así como la conversión de tareas internas en externas. Por lo cual se propone la implementación de una caja de herramientas, dicha caja contendrá los siguientes elementos:

- Plantilla para corte: La plantilla servirá para poder delimitar el área por cortar en el folio A4. Dicha plantilla será sólida para que tenga la función de regla o guía al momento de realizar el marcaje con un lápiz.
- Lápiz: Para poder realizar el marcaje de la plantilla en el folio A4.
- Borrador: En caso de que se cometa un error en el marcaje, el borrador servirá como apoyo para borrarlo de la hoja y posteriormente volver a marcarla.
- Tijeras: Herramienta que será de utilidad para recortar el folio A4 por la línea previamente marcada con el lápiz.
- Sacapuntas
- Minas
- Bolígrafos
- Regla
- Cúter

4.3.5. Tabla de registro: segunda configuración

Debido a que en esta segunda configuración las tareas correspondientes a cada operario son distintas, se propuso una modificación a la Tabla de registro correspondiente a la primera configuración, con la finalidad de poder registrar los tiempos de armado de La Caja Lean, totales y por operación en cada estación de trabajo.

En la Tabla 4.2 se pueden observar las modificaciones implementadas en la tabla de registro; como se comentó anteriormente, el cronometraje de tiempos se registra para cada operación realizada por operario, considerando la suma de cada una de las operaciones en las estaciones de trabajo, como el tiempo total de armado de una Caja Lean.

De igual manera, se considerará una inspección de calidad al finalizar las operaciones de cada estación, en la que el Supervisor cotejará si la pieza resultante de cada estación cumple o no con las especificaciones de calidad.

En la Tabla de registro se encuentran los apartados para el registro de las dos revisiones de calidad, por estación, y la inspección final.

Tabla 4.2 Tabla de registro – segunda configuración

Segunda configuración La Caja Lean					
Número de caja:		Cumple con la calidad la caja (si/no)			
Hora de inicio:		Hora de finalización:			
Operación:	Tiempo total por operación (seg)				
	Estación 1: Corte	Estación 2: Doblez 1	Estación 3: Doblez 2	Estación 4: Armado	Tiempo total de armado (seg):
Operación 1					
Operación 2					
Operación 3					
Operación 4					
Operación 5	-	-	-		
Operación 6	-	-	-		
Operación 7	-	-	-		
Operación 8	-	-	-		
Operación 9	-	-	-		
Calidad p/estación (si/no)					
Σ tiempos de operaciones (seg):					

Como se puede observar en la Tabla 4.2, se registra únicamente el armado de una caja por Tabla, a diferencia de la Tabla 4.1, en donde se podían registrar varios armados de cajas en la misma tabla. Este cambio se propuso, debido a que se pretende analizar el tiempo que lleva al operario la realización de cada una de las operaciones en la estación de trabajo en la que se encuentre.

4.3.6. Herramientas Lean implementadas: segunda configuración

A continuación, se describen las herramientas que se implementarán en la segunda configuración del juego didáctico.

Se pretende enseñar a los jugadores el concepto de equilibrado de cadena, dividiendo las tareas que realizaba cada jugador por separado, en 4 estaciones de trabajo, así cada jugador realizará distintas tareas o pasos, correspondientes al armado de La Caja Lean. De igual manera, se continuará con el sistema tipo *Push*.

La herramienta SMED se implementará en dicha configuración, ya que se convertirán algunas tareas externas en internas, mediante la incorporación de una caja de herramientas que facilite el corte inicial del folio.

De nueva cuenta, se abarcarán los conceptos de gestión visual (mediante el uso de los instructivos de trabajo), y calidad, en donde se inspeccionará el producto en proceso al finalizar las tareas de cada estación, así como una inspección final, una vez armada la caja.



4.3.7. Finalización de la segunda configuración

Al igual que al término de la primera configuración, se pide a los jugadores que brinden retroalimentación sobre la ronda de juego actual, con el objetivo de que ellos mismos sean capaces de pensar en mejoras para el proceso, y eliminación de desperdicios; entre las cuales se pueden encontrar, tareas que no añadan valor, esperas, stocks intermedios, etc.

Se busca que los jugadores sean capaces de entender los conceptos teóricos de la filosofía *Lean Manufacturing* mediante el juego didáctico, es por esto por lo que importa la participación de ellos en la propuesta de ideas de mejora.

De igual manera, se pretende que el juego vaya modificándose conforme lo establecido en las rondas descritas en el Apartado 4.1.5. A continuación, se desarrolla el planteamiento para la tercera configuración del juego didáctico.

4.4. Tercera configuración de La Caja Lean

Al igual que en la segunda configuración, se detallarán las modificaciones por implementar en la tercera y última configuración propuesta para este juego didáctico. Las modificaciones planteadas en esta configuración están consideradas a partir del planteamiento inicial descrito en el apartado 4.1.5.

A continuación, se describen modificaciones por implementar en la tercera configuración del juego didáctico La Caja Lean.

4.4.1. Modificaciones propuestas: tercera configuración

Después de haber realizado el juego didáctico con la segunda configuración de La Caja Lean, se volvió a realizar un intercambio de ideas y posibles mejoras al proceso actual, en donde, los jugadores deben de ser capaces de observar, analizar y comentar los puntos de mejora que se pueden modificar o ajustar respecto a la segunda configuración, el guía es quien gestionará las aportaciones obtenidas para poder implementarlas de una manera óptima. Buscando que las aportaciones hechas por los jugadores sean similares a las que se han planteado originalmente en este apartado.

A pesar de que se mantienen las cuatro estaciones de trabajo, se han vuelto a proponer cambios en las tareas que conforman a cada una de ellas. Esto debido a que, se pretende determinar un estándar de tiempo para cada tarea, con base en los tiempos cronometrados del juego en la segunda configuración, y, por ende, se distribuirán de manera equilibrada las tareas correspondientes a cada estación de trabajo.

En esta configuración, se pretende incorporar un sistema de producción *Pull*. Se entregarán tarjetas que simularán los pedidos por el cliente, en donde, no solo se especificarán las cantidades de cajas por producir, también se añaden diferentes variedades de cajas; en los siguientes apartados se explicará en qué consisten dichas variedades. Las tarjetas determinarán el número de rondas por jugar.

En las tareas que corresponden al corte del folio, se optó por un cambio de utillaje, el cual reducirá el tiempo en dichas tareas. En la descripción de las tareas de la estación correspondiente se detallará dicho cambio.

A continuación, se detallarán las modificaciones propuestas que se tienen previstas implementar en esta última configuración. Al igual que en la configuración pasada, se utilizará la caja de herramientas implementada en la segunda configuración.

4.4.2. Estandarización en puestos de trabajo

De acuerdo con las primeras dos configuraciones del juego, se estandarizaron distintas tareas, como las tareas que realiza cada operario siguiendo los instructivos de trabajo, que tienen como objetivo marcar un estándar para la realización del armado de La Caja Lean.

En esta tercera configuración se pretende estandarizar no solo las tareas que tiene cada operario, sino, además, establecer un estándar en las estaciones de trabajo, con la finalidad de facilitar la realización de tareas en cada puesto de trabajo. A continuación, se detallarán los estándares por implementar.

4.4.2.1. Estandarización: Caja de herramientas

Como se mencionó en el apartado 4.3.4, la caja de herramientas proporcionada cuenta con distintos materiales, no todos son utilizados, por lo cual, se descartarán de la caja aquellos que no son utilizados. Al momento de analizar que herramientas son útiles para la realización de las tareas en la presente configuración, se concluye que únicamente se necesitarán dos elementos, la plantilla de corte y un cúter, por lo cual, el resto de los elementos quedan descartados de la caja de herramientas.

Adicionalmente, se implementará una plantilla dentro de la caja de herramientas, en donde se determine el lugar de cada herramienta. En la Figura 4.7 se muestra la plantilla propuesta, con los elementos necesarios para la realización de la tarea de corte del folio.



Plantilla



Cúter



Figura 4.7 Plantilla para caja de herramientas

4.4.2.2. Estandarización: Estándares visuales en estaciones de trabajo

Con el objetivo de tener un estándar visual en cada estación de trabajo, se pretende implementar plantillas que tengan como referencia la forma final que debe de tener el folio en cuanto a cortes, dobleces y/o armado.

Con dichas plantillas, el operario puede comparar el producto que tiene en su estación, y, de este modo, también facilita el control interno de calidad, ya que la figura debe de cumplir con las dimensiones que se muestren en la plantilla.

En la Figura 4.8, Figura 4.9 y Figura 4.10 se muestran las plantillas propuestas para cada estación de trabajo.

Plantilla forma final folio Estación 1

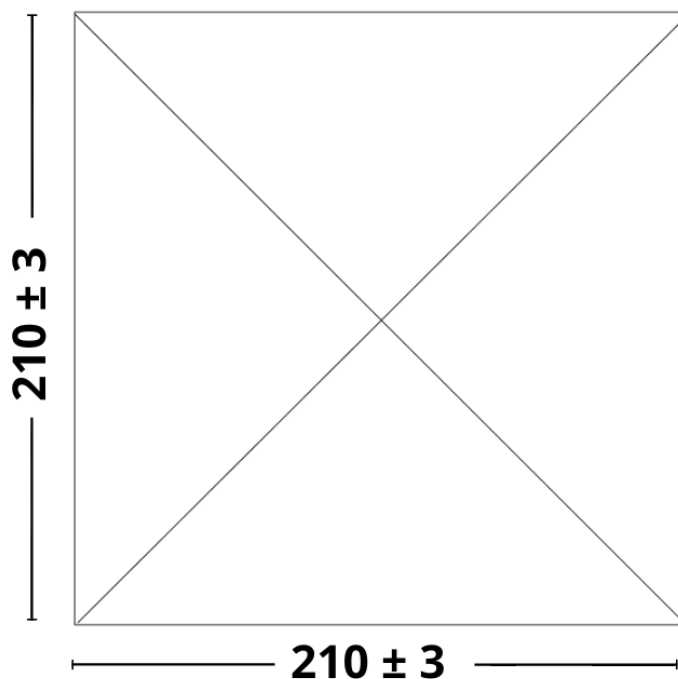


Figura 4.8 Plantilla visual - Estación 1

Plantilla forma final folio Estación 2

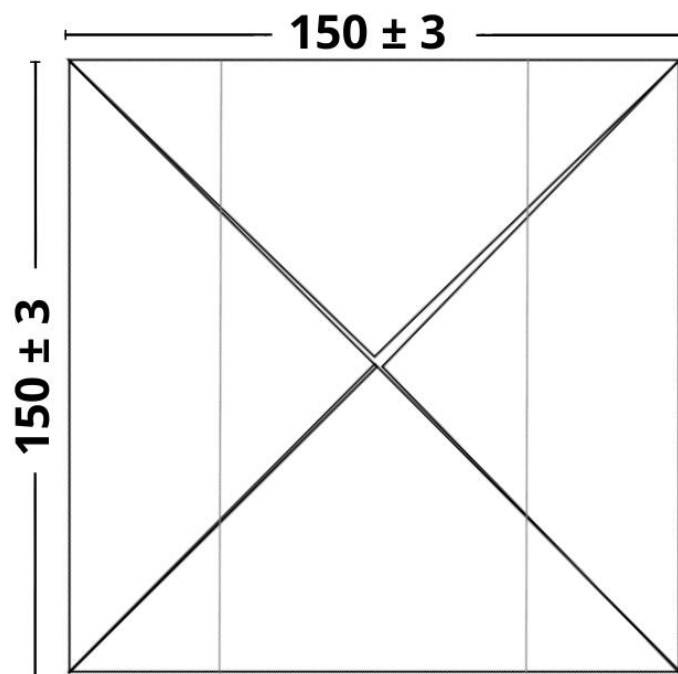


Figura 4.9 Plantilla visual - Estación 2



Plantilla forma final folio Estación 4

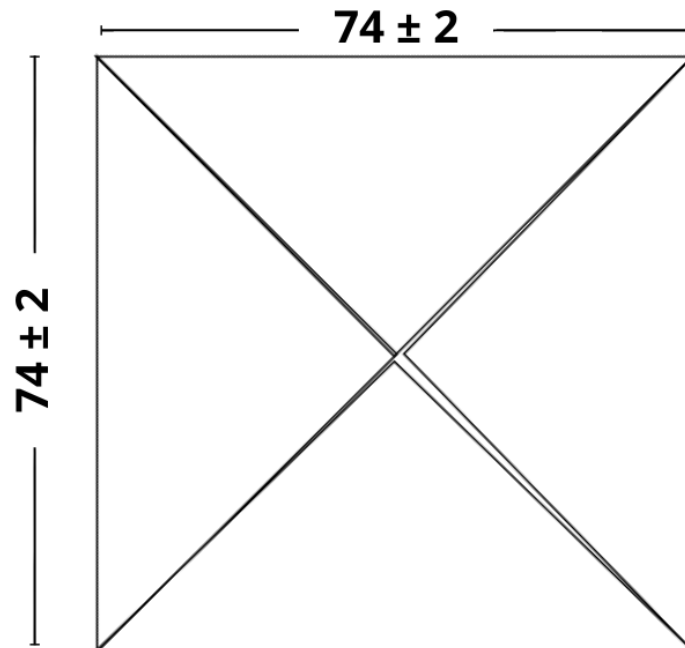


Figura 4.10 Plantilla visual - Estación 4

Como se puede observar en las Figuras anteriores, no se tiene una plantilla visual para la estación 3, debido a que es un paso intermedio para un doblado en la estación 4, por lo tanto, se optó por no realizar una inspección de calidad en la tercera estación.

Cabe resaltar que se han considerado tolerancias en las dimensiones de cada plantilla visual, para el momento en el que los jugadores realicen la inspección visual, cuenten con un margen de error, ya que se trata de un armado que consiste en dobleces manuales, por lo cual se debe de considerar el factor de error humano.

4.4.2.3. Estandarización: Área de expediciones

Al finalizar las tareas correspondientes de la estación 4, se tiene como resultado una Caja Lean armada por completo, la cual, después de ser inspeccionada por el operario general de la estación 4, para corroborar que cumpla con las especificaciones de calidad, debe ser enviada al área de expediciones, dicha área es una pequeña sección contigua a la estación 4.

Lo que se pretende es tener una plantilla en donde se pueda determinar el espacio de cada caja, las cuales pueden ser apiladas hasta en 3 niveles, y, después de esto, se vacía el área de expediciones para permitir la entrada de más cajas terminadas. En la Figura 4.11, se muestra la plantilla correspondiente a dicha área.

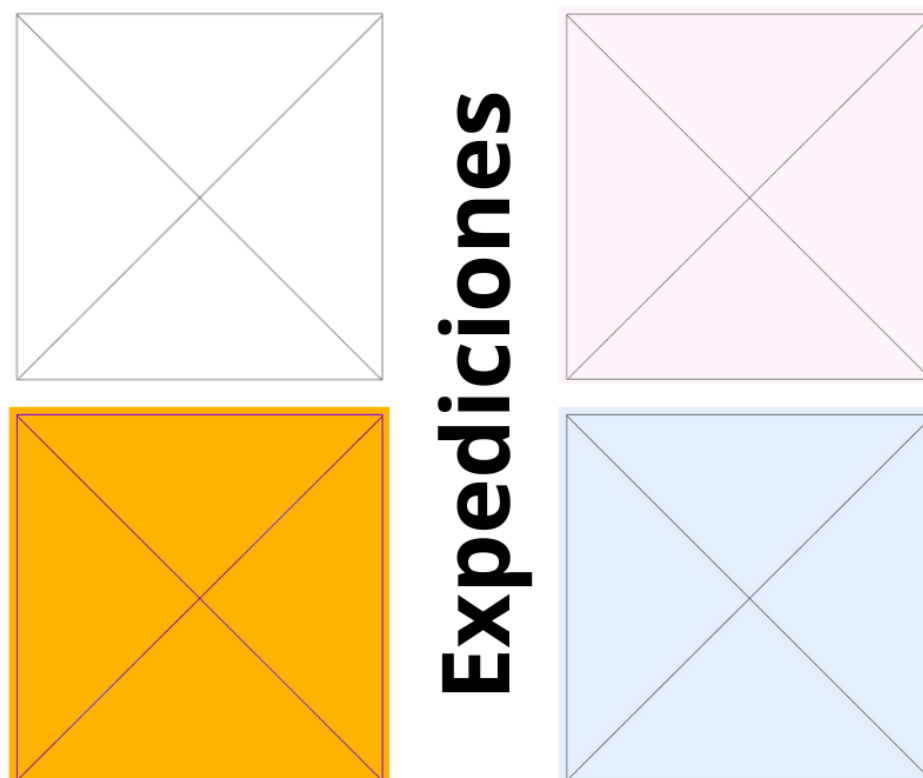


Figura 4.11 Plantilla área de expediciones

Como se puede observar en la Figura 4.11, la plantilla contiene distintos colores, esto es para facilitar la clasificación de los tipos de cajas armadas. Como se mencionó anteriormente, en esta configuración se pretende tener una producción con un sistema *Pull*, que viene determinado por órdenes de trabajo en tarjetas, en dichas tarjetas se especifica el tipo de caja, las cuales contienen 4 tipos distintos de colores, por ello se optó por una plantilla que considere la clasificación por colores de cajas.

4.4.3. Tarjetas de producción

En la tercera configuración, se pretende incorporar tarjetas de producción, las cuales contendrán información sobre las cantidades, tiempo de entrega, especificación, tal como, el color de caja por armar; estas tarjetas cumplen la función de simular pedidos de clientes.

Con esto se logra tener una producción con un sistema tipo *Pull*, es decir, que la demanda del cliente sea la que tire de la producción. Se tendrán distintas tarjetas con pedidos variados, cada tarjeta representa una ronda de juego.

En la Tabla 4.3 se muestra el ejemplo de Tarjeta de producción que se tendrá en esta configuración.



Tabla 4.3 Tarjeta de producción – La Caja Lean

Tarjeta de producción - La Caja Lean				
Número de pedido:			Hora de entrada en producción:	
Cantidad total:				
Colores y cantidad:	Blanco	Rosa	Amarillo	Azul
Tiempo de entrega:			Hora estimada expedición:	

4.4.4. Instructivos del juego: tercera configuración

Como se mencionó en los apartados anteriores del presente capítulo, a lo largo de la segunda, y ahora tercera configuración, se han implementado modificaciones en las tareas que componen las estaciones de trabajo para el completo armado de La Caja Lean.

Para el caso de la tercera configuración, se propone un ajuste en la distribución de las tareas que componen a cada estación de trabajo. Se proponen dichos ajustes debido a que, con los tiempos cronometrados en la Tabla de registro de la segunda configuración, se contempla implementar un estándar de tiempo para cada una de las tareas por realizar, por lo cual, se dividirán las tareas por estación de trabajo, buscando equilibrar de una manera óptima la cadena productiva. Por lo expuesto anteriormente, se realizaron modificaciones a los instructivos de trabajo tipo C, correspondientes a la segunda configuración. Enseguida, se muestran los instructivos de trabajo, a los cuales se les denominará Instructivo tipo D.

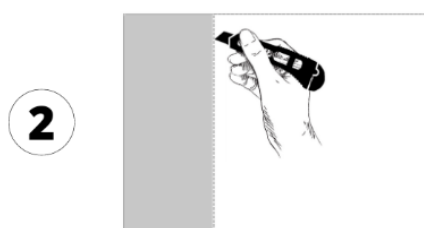
Se tendrán un total de cuatro instructivos del tipo D, los cuales se implementarán en la tercera configuración del juego didáctico La Caja Lean. En la Figura 4.12, Figura 4.13, Figura 4.14, y Figura 4.15, se muestran los instructivos correspondientes a la tercera configuración.

4.4.4.1. Instructivo D-1: Corte y Doblez 1

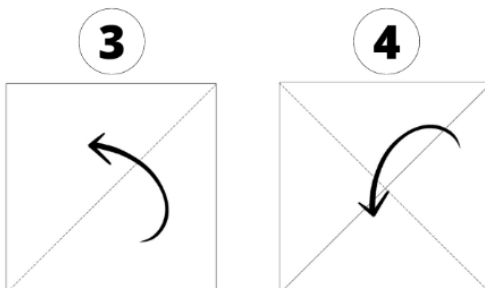
Instructivo D-1: Corte y Doblez 1



Tomar de la plantilla de la caja de herramientas la plantilla para folio A4 y el cúter

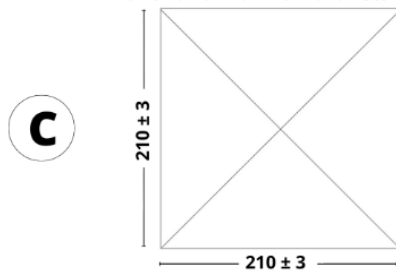


Coloque el folio sobre una superficie plana. Ajuste la plantilla con el folio. Corte el folio con el cúter. Aparte el restante en la papelera.



Doblar en dirección diagonal el folio, desdoblar y doblar diagonalmente el otro lateral. Con esto se marca el centro del cuadrado.

Plantilla forma final folio Estación 1



Forma final del folio en Estación 1, realizar inspección con plantilla visual.

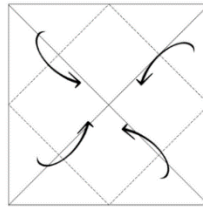
Figura 4.12 Instructivo D-1: Corte y Doblez 1



4.4.4.2. Instructivo D-2: Doble 2

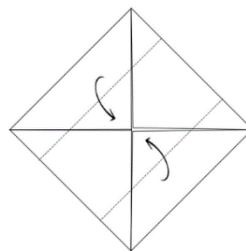
Instructivo D-2: Doble 2

1



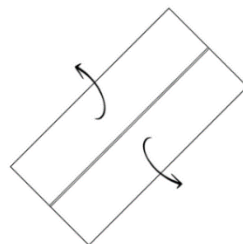
Hacer un doblez de cada una de las 4 esquinas en dirección al centro del folio

2



Con el folio previamente doblado del paso D-2 (1) realizar dobleces de dos de los lados centralmente

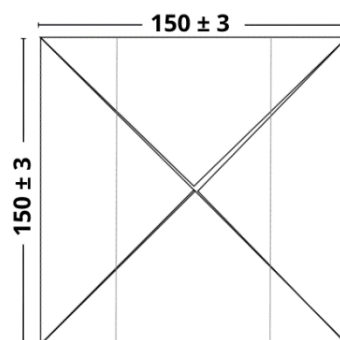
3



Desdoblar los dobleces realizados en el paso D-2 (2)

Plantilla forma final folio Estación 2

C

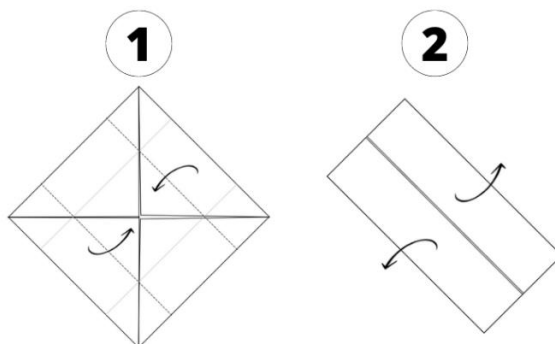


Forma final del folio en Estación 2, realizar inspección con plantilla visual.

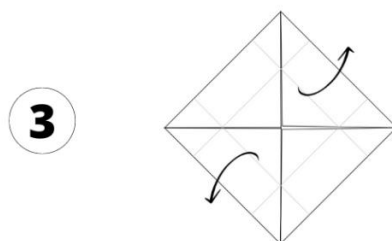
Figura 4.13 Instructivo D-2: Doble 2

4.4.4.3. Instructivo D-3: Doble 3

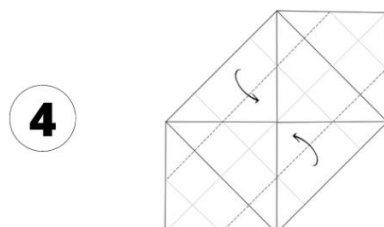
Instructivo D-3: Doble 3



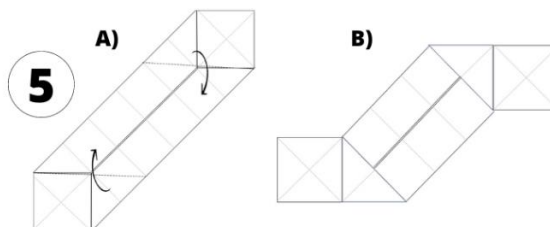
- (1) Doblar los lados restantes en dirección central
- (2) Proceder a desdoblar los dobleces del paso (1)



Desdoblar dos de las pestañas triangulares de las esquinas contrarias



Tomar como referencia los dobleces marcados en pasos anteriores para doblar en dirección central los lados de las esquinas que no se desdoblaron (ver Figura paso (4)).



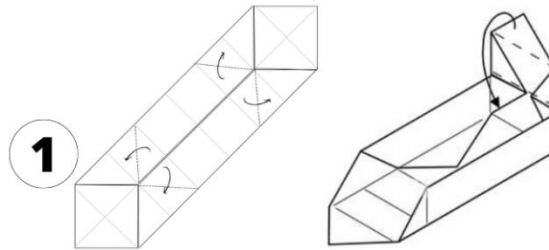
Doblar en el sentido que se indica, toda la línea punteada. Desdoblar, y hacer lo mismo con el lado inverso (4 dobleces en total). Referencia de doblez: Figura 5 B.

Figura 4.14 Instructivo D-3: Doble 3

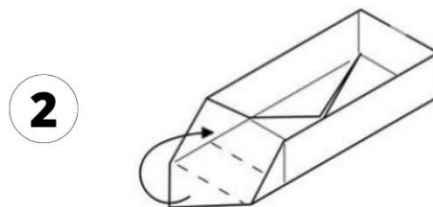


4.4.4.4. Instructivo D-4: Armado

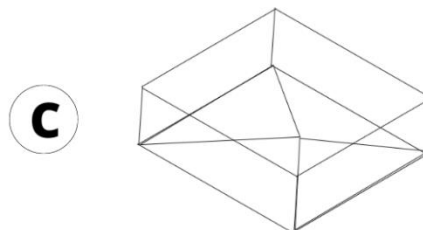
Instructivo D-4: Armado



Observar las líneas diagonales de apoyo que se han formado con el doblar del paso D-3-5, y proceder a juntar los extremos de dichas puntas.



Realizar el mismo paso de doblar en dirección central para el lado restante



Forma final de La Caja Lean. Realizar inspección de calidad con plantilla de referencia para la estación 4.

Plantilla forma final folio Estación 4

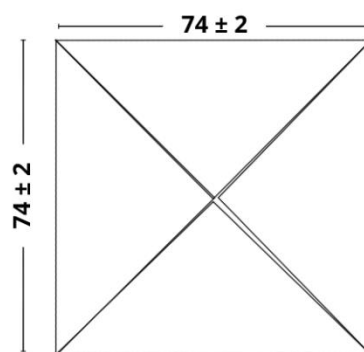


Figura 4.15 Instructivo D-4: Armado

En los instructivos correspondientes a la tercera configuración, se incorporó la inspección de calidad, tomando como referencia las plantillas visuales descritas en el apartado 4.4.2.2, para cada estación. Con esto se pretende disminuir el número de cajas fuera de especificaciones en la última inspección.

A continuación, se describirán las modificaciones planteadas para las estaciones de trabajo, correspondientes a la tercera configuración de La Caja Lean.

4.4.5. Estaciones de trabajo La Caja Lean: tercera configuración

En el presente apartado, se describirán las tareas y funciones que realizará cada operario general por estación de trabajo, considerando las modificaciones previamente planteadas en los instructivos de trabajo (ver apartado 4.4.4), así como las modificaciones generales especificadas en el apartado 4.4.1.

4.4.5.1. Estación de trabajo 1: Corte y dobléz 1

Para esta configuración, se mantiene la utilización de la plantilla de corte del folio A4, pero, en vez de marcar con un lápiz y después cortar con tijeras, se utilizará un cúter directamente sobre la plantilla y el folio, cortando directamente el folio. Con esta modificación se elimina la tarea de marcaje del folio con lápiz, y, por ende, el lápiz, ya que dicha herramienta era utilizada únicamente en este paso.

Otra de las modificaciones por considerar en esta estación, es la adición de dobleces que, en la segunda configuración estaban incluidos en las tareas de la estación 2. Esto debido a que, como se ha comentado anteriormente, después de analizar los tiempos obtenidos entre cada estación en la segunda configuración, se llegó a la conclusión de que las operaciones incluidas en cada estación no estaban del todo equilibradas, por lo cual, los tiempos de trabajo que conformaban a cada estación, no estaban balanceadas. Con ello, se obtenían cuellos de botella entre la estación de trabajo uno y dos, mientras que la estación tres estaba prácticamente sin trabajo.

Con la asignación de tareas entre las cuatro estaciones, se pretende balancear la línea productiva. La estación uno, está compuesta por una persona, la cual realizará el corte y dobleces descritos (Ver instructivo de la estación 1 en Figura 4.12).

4.4.5.2. Estación de trabajo 2: Doblece 2

En la estación 2, se tienen únicamente 3 tareas, y una inspección de calidad, esto debido a que son los dobleces que conllevan mayor tiempo en realizarse. Como se mencionó, al final de las tareas correspondientes la presente estación, se tiene contemplada una inspección de calidad, tomando como referencia la plantilla visual correspondiente (Ver Figura 4.9).



Al igual que en las configuraciones anteriores, esta estación está compuesta por un operario general. En la Figura 4.13 se puede observar el instructivo de trabajo correspondiente a la estación 2.

4.4.5.3. Estación de trabajo 3: Doble 3

La estación de trabajo 3, está compuesta por tareas de dobleces, al igual que la estación 2. Dicha estación está conformada por 5 pasos, en donde el último, es un doblez previo al armado final de La Caja Lean. Esta es la única estación de trabajo que no tiene una inspección de calidad con base en una plantilla de trabajo visual, ya que, al ser un doblez sin terminar, es decir, que no está definido por completo, es difícil de determinar una especificación de calidad.

El operario general seguirá las instrucciones mostradas en el instructivo D-3: Doble 3 (Ver Figura 4.14).

4.4.5.4. Estación de trabajo 4: Armado

En la presente estación, se realizan tareas que componen el armado para llegar a la forma final deseada (Ver Figura 4.1). Es importante recalcar que al finalizar las operaciones que componen la estación 4 de armado, se tendrá una inspección de calidad con base en la plantilla de trabajo para la estación 4 (Ver Figura 4.10), y, en este paso, el Supervisor registrará en la Tabla de registro correspondiente a dicha caja, si esta pasa la inspección final de calidad o no.

En caso de que la caja cumpla con las especificaciones de calidad, el operario general colocará la caja en el área que fue determinada previamente en la estandarización del área de expediciones (ver Figura 4.11).

4.4.6. Tabla de registro: tercera configuración

Con las modificaciones realizadas en la presente configuración, se optó por implementar una Tabla de registro más sencilla que la de la segunda configuración, debido a que ya se cuentan con tiempos estándares de tareas, por lo cual, se pretende registrar los tiempos por estación de trabajo, así como la cantidad de cajas que cumplen con las especificaciones de calidad.

En la Tabla 4.4, se muestra la Tabla de registro que se utiliza en esta tercera configuración de La Caja Lean.

Tabla 4.4 Tabla de registro tercera configuración La Caja Lean

Tercera configuración La Caja Lean							
Número de pedido:							
Cantidad total:							
Hora de inicio:						Hora de finalización:	
Número de caja:	Tipo de caja (color):	Tiempo de armado total por caja (seg)					Cumple calidad (si/no)
		Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Tiempo total	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
Promedio (seg):							

4.4.7. Herramientas Lean implementadas: tercera configuración

En la tercera y última configuración, se pretende cambiar el sistema de producción por un sistema *Pull*, es decir, que el sistema tire de la producción, esto se logra mediante la simulación de pedidos de clientes por medio de tarjetas de producción, que, a su vez incorporan el uso de la herramienta Kanban, logrando con dichas tarjetas de producción, una un flujo continuo, y una producción sincronizada. Al ser un sistema *Pull*, convierte la producción en un sistema JIT, produciendo únicamente lo demandado por las tarjetas de producción.

Otra de las herramientas por implementar, es la estandarización, ya que se pretende estandarizar los puestos de trabajo, mediante plantillas y herramientas de gestión visual que indiquen en donde se encuentra cada cosa. De igual manera, se implementará la herramienta 5S, para cada estación de trabajo y en la caja de herramientas, poniendo en marcha el orden y limpieza.



Planteamiento del Juego Didáctico

De nueva cuenta se implementará la herramienta SMED, mejorando el proceso de corte actual, por uno que conlleve menor tiempo y utilización de herramientas. Como en las dos configuraciones anteriores, se tendrán en cuenta controles de calidad, por lo cual, dicha herramienta sigue siendo utilizada, cada operario comprobará visualmente que la caja cumpla con las especificaciones del Instructivo de trabajo, esto mediante una plantilla.

4.4.8. Finalización de la tercera configuración

Con lo expuesto en el capítulo 4, se tiene el planteamiento completo del juego didáctico La Caja Lean. A manera de resumen, el juego estará compuesto por tres distintas configuraciones, en las cuales, se irán abordando e implementando conceptos correspondientes a la filosofía *Lean*. Se pretende que los jugadores sean capaces de aprender de manera práctica dichos conceptos, a lo largo de las tres configuraciones.

En el siguiente capítulo, se expondrán los resultados obtenidos de la simulación del juego planteado, el cual ha sido probado con 5 estudiantes de la Universidad de Valladolid.



5. Puesta en marcha del Juego Didáctico

En este capítulo, se describirán y analizarán los resultados obtenidos de la puesta en marcha del juego didáctico, para cada una de las tres configuraciones propuestas en el Capítulo 4, donde se realiza el planteamiento del juego.

5.1. Resultados: Primera configuración

En el presente apartado, se expondrán los resultados obtenidos de la puesta en marcha de la primera configuración del Juego Didáctico, La Caja Lean. Se realizó el juego por medio de la participación de 5 personas con rangos de edad entre los 23-29 años. Dichas personas son estudiantes de másteres ofertados en la Universidad de Valladolid, de diferentes áreas de estudio.

Se siguieron las reglas y configuración del juego, tal como vienen descritas en el Capítulo 4. A continuación, se describirán los resultados obtenidos de la puesta en marcha del juego didáctico.

En la Tabla 5.1 se muestran los resultados obtenidos de los tiempos de armado de La Caja Lean con cada operario general. En dicha Tabla, se encuentra un apartado donde se escribe el tipo de instructivo recibido por el operario.

Los tiempos registrados de los dos primeros operarios (Operario general 1 y Operario general 2), consideran el armado mediante los instructivos proporcionados, tanto el tipo A (textual), como el tipo B (gráfico). Mientras que los tiempos de los Operarios generales 3 y 4, consideran el armado con base en los instructivos y una demostración práctica, previa al armado de cajas.

Tabla 5.1 Tabla de registro con resultados, primera configuración

Primera configuración La Caja Lean								
Tiempo total de producción:			2300 segundos					
Hora de inicio:	18:00		Hora de finalización:			19:05		
Tipo de instructivo	Tipo A		Tipo B		Tipo A (con demostración)		Tipo B (con demostración)	
Número de cajas:	Operario general 1		Operario general 2		Operario general 3		Operario general 4	
	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)	Tiempo (seg)	Calidad (si, no)
1	550,95	No	483,63	No	380,54	No	341,27	Si
2	528,87	Si	452,8	No	345,87	Si	339,6	Si
3	503,59	Si	420,1	Si	321,54	Si	210,19	No
4	501,42	No	406,97	Si	285,43	No	229,03	Si
5			391,75	Si	252,8	Si	225,03	Si
6					210,8	No	219,37	Si
7					237,72	Si	236,99	No
8					202,12	Si	209,23	Si
9							207,45	Si
Tiempo promedio (seg):	521,21	50% Aceptado	431,05	60% Aceptado	279,60	62,5% Aceptado	246,46	77,78% Aceptado

Como se puede observar en los resultados de la primera configuración del juego didáctico, existe una variación entre el número de cajas armadas para cada operario, en el tiempo establecido (65 minutos).

Se realiza un análisis estadístico para la comparación de los resultados obtenidos, y, con esto, se obtienen conclusiones sobre estos. El análisis estadístico que se utiliza es la prueba de desviación estándar, con la finalidad de comparar las desviaciones estándar entre las medias de los distintos tiempos obtenidos.

Dicho análisis estadístico, se realiza en el software Minitab, en donde se realiza una prueba de desviación estándar entre el tiempo de armado (seg) por el tipo de instructivo, como se mencionó anteriormente, se utiliza el análisis de prueba de desviación estándar. En la Tabla 5.2, se muestra la numeración de referencia ingresada en el software para representar cada tipo de instructivo.



Puesta en marcha del Juego Didáctico

Tabla 5.2 Tipo de instructivo

Tipo de instructivo en tabla de registro	Tipo de instructivo en Minitab
Tipo A	1
Tipo B	2
Tipo A (con demostración)	3
Tipo B (con demostración)	4

5.1.1. Resultados análisis estadístico: primera configuración

HOJA DE TRABAJO 1

Prueba de dev. est. para Tiempo (seg) por Tipo de inst

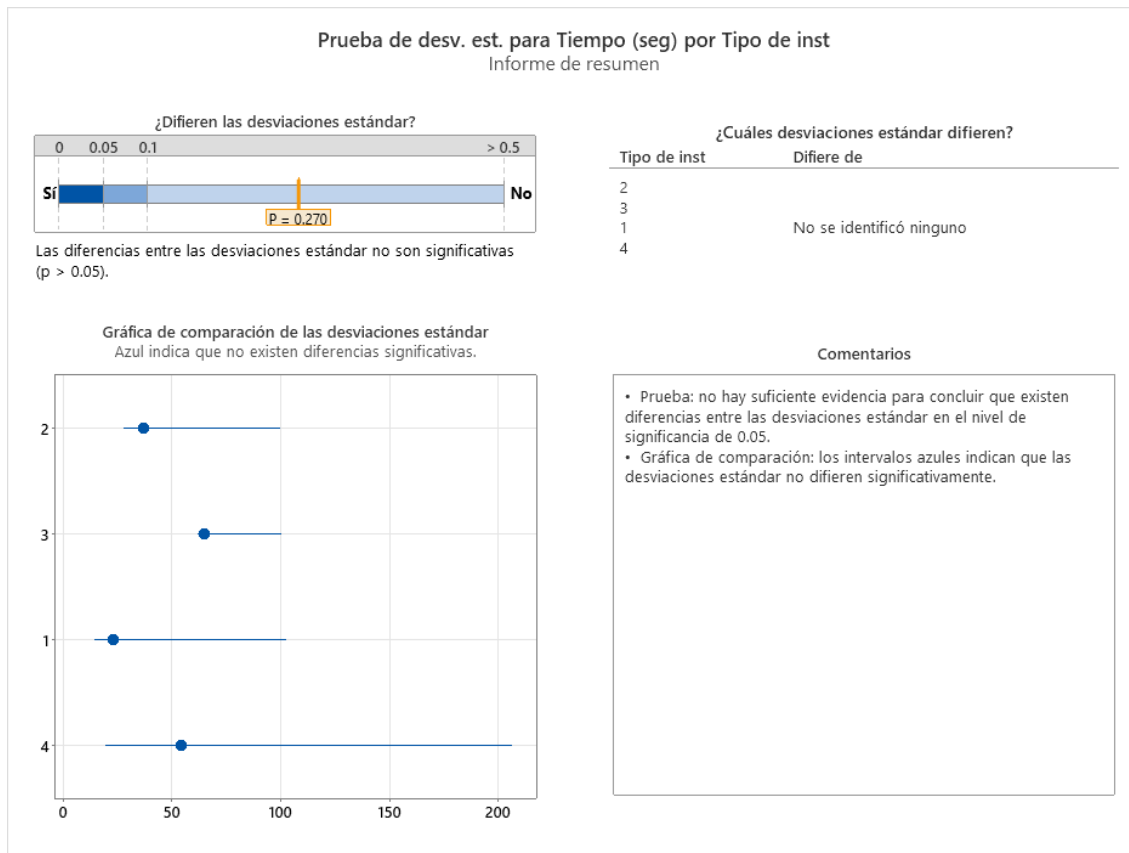


Figura 5.1 Informe de resumen diferencia desviaciones estándar (Fuente: Minitab)

Como se puede observar en la Figura 5.1, se realiza el análisis para comprobar si las diferencias entre las desviaciones estándar de cada tipo de prueba difieren, se encontró que el valor de P es de 0,270, por lo cual, no es significativa, ya que se consideró un nivel de significancia de 0,05, y P es mayor que dicho valor ($P > 0,05$).

Entre los resultados obtenidos para este análisis, se determina que no se cuenta con suficiente evidencia para confirmar si existen diferencias en las desviaciones estándar, por lo cual, el valor de P obtenido no es del todo certero, esto sucede ya que no se tiene una cantidad

Implementación de un Juego didáctico para el aprendizaje de distintas herramientas de la Filosofía Lean Manufacturing

de datos suficientes. Sin embargo, se mostrarán los resultados obtenidos con las muestras que se tienen actualmente, a la espera de la realización de más pruebas.

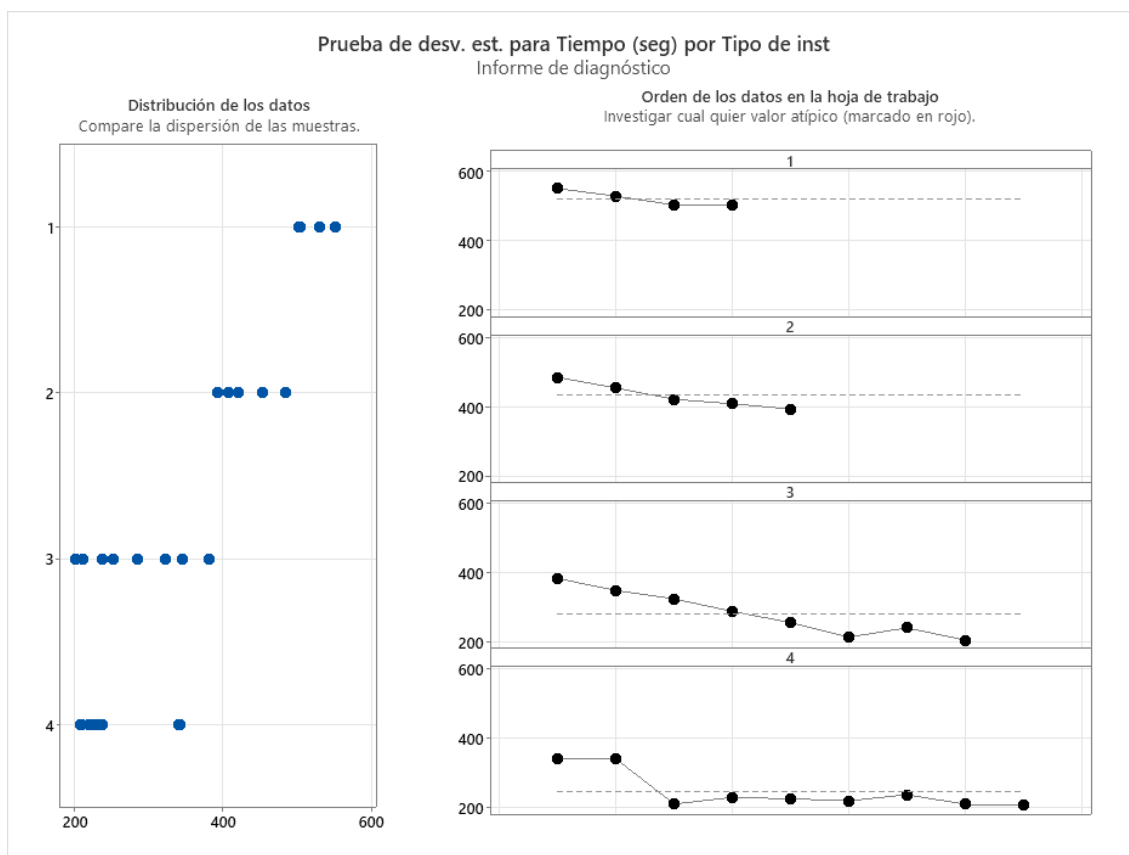


Figura 5.2 Distribución y orden de los datos (Fuente: Minitab)

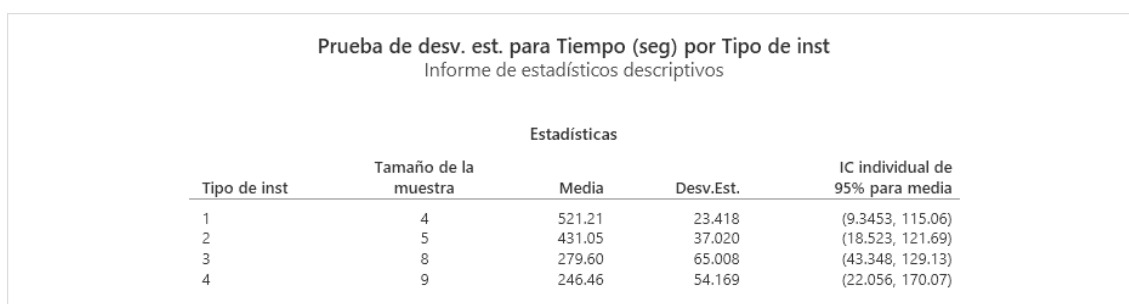
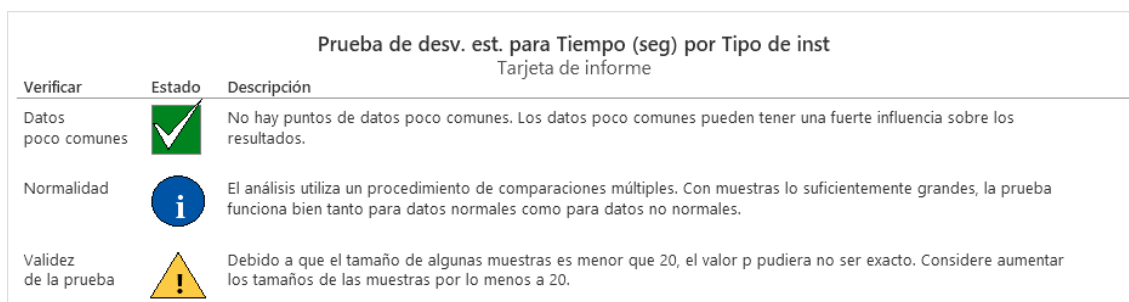


Figura 5.3 Estadísticas de las muestras (Fuente: Minitab)





Puesta en marcha del Juego Didáctico

Figura 5.4 Tarjeta de informe resultados primera configuración (Fuente: Minitab)

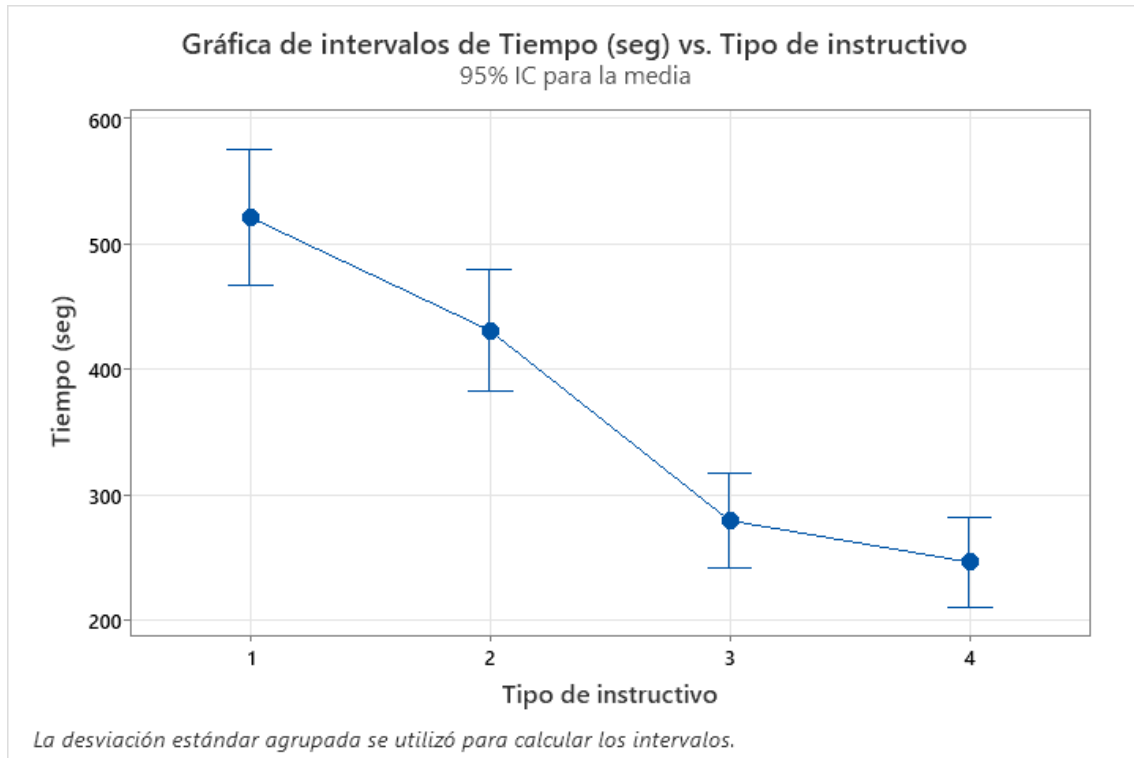


Figura 5.5 Gráfica de Intervalos de tiempo vs. Tipo de instructivo (Fuente: Minitab)

En la Figura 5.2, se observan dos gráficas que comparan la distribución y el orden de los datos. Se puede observar que la mayor dispersión encontrada está en la prueba número 4, ya que hay un valor que se encuentra lejano a los demás registrados. De igual manera en el orden de los datos, que, a pesar de estar alejado de la línea de tendencia, no está marcado en rojo, como valor atípico. En la Figura 5.3 se muestra el cálculo de la media y desviación estándar para cada tipo de muestra (tipo de instructivos con y sin demostración práctica).

Mientras que en la Figura 5.4 se encuentran a manera de tarjeta de informe, los resultados sobre la validez de la prueba, en donde, por contar con tamaños de muestra inferiores a 20, es posible que los resultados obtenidos no sean del todo correctos. Esto se debe a que los resultados obtenidos en la primera configuración cuentan con muy pocos datos, ya que son pruebas realizadas en una configuración de 65 minutos, por lo cual, el análisis estadístico no será certero.

En la Figura 5.5, se observa una gráfica de intervalo de Tiempo (seg) vs. Tipo de instructivo. Con base en dicho gráfico, se puede concluir que, la media de tiempo entre los operarios que armaron cajas con los instructivos, comparado con los que además recibieron la demostración práctica, es de casi un 50% de tiempo inferior de diferencia.

De igual manera, se puede observar un porcentaje de diferencia de tiempo de armado entre los operarios que utilizaron el Instructivo tipo A, con los del tipo B. El menor tiempo promedio de armado, corresponde al Operario general 4, el cual tiene una media de 246,46 segundos, con el instructivo de armado tipo B, y la demostración práctica al comienzo de la producción.

En la Figura 5.6 se encuentra un gráfico en el que se muestra el tiempo obtenido según el tipo de instructivo utilizado, considerando la calidad en cada tiempo, esta es determinada mediante una línea de marcadores, en donde se indica si el tiempo registrado, el cual equivale a una caja armada, cumple con la calidad o no, el sí cumplimiento se determina con un valor de 1, mientras que el no cumplimiento, con un valor de -1.

En cuanto al porcentaje de cajas que cumplieron con las especificaciones de calidad, como se puede observar en la Figura 5.6, las cajas armadas con los instructivos tipo B, tuvieron un mayor porcentaje de piezas aceptadas, en comparación con las armadas por medio del instructivo tipo A, tanto para los instructivos con demostración, como sin demostración.

También se puede observar que las cajas armadas con los tipos de instructivos A y B (sin demostración), tienen un menor número muestras obtenidas en el tiempo total de producción, esto debido a los altos tiempos de armado al inicio.

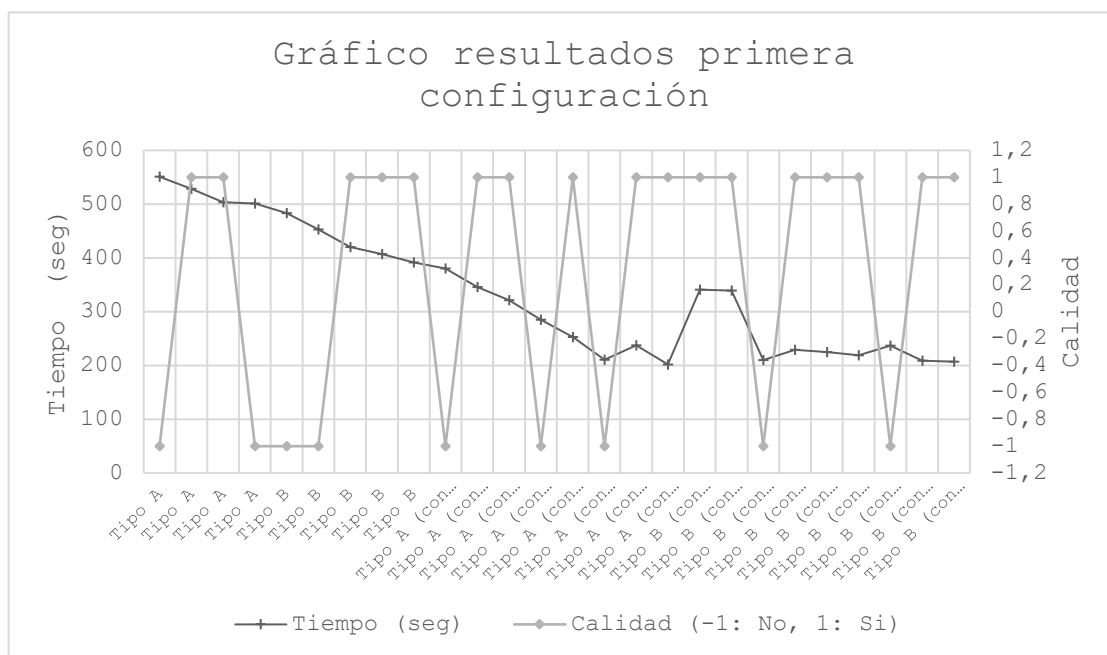


Figura 5.6 Gráfico comparativo Tipo de instructivo vs. Tiempo vs. Calidad



5.1.2. Comentarios y aportaciones por parte de los jugadores: primera configuración

A continuación, se detallarán aspectos que comentaron los jugadores al finalizar la primera configuración del Juego Didáctico.

- Los jugadores a los que se les entregó el instructivo tipo A, comentaron que había ciertas instrucciones no tan claras, ya que contenían palabras muy técnicas, por lo cual, propusieron simplificar el lenguaje utilizado.
- De igual manera, se comentó que, para poder proceder al armado de la caja, tuvieron que leer varias veces los pasos por seguir en el instructivo tipo A. Habría pasos que serían mucho más sencillos si se mostraran gráficamente.
- Los jugadores que no recibieron la demostración práctica comentan que fue mucho más tardado de entender cómo se realizaban los pasos, aun teniendo la hoja de instrucciones, por lo cual, proponen que la demostración práctica se les brinde a todos, ya que los jugadores que recibieron la demostración, armaron cajas en un tiempo mucho menor a los que solo contaban los instructivos.
- Todos los jugadores propusieron la combinación de instructivos, es decir, que haya instrucciones textuales, pero con gráficos de referencia.
- Uno de los jugadores propuso cambiar uno de los pasos del armado, ya que, al momento de cambiarlo, se disminuía el tiempo final, y, además se entendía más claro del paso actual.
- También se propuso el corte del folio por medio de tijeras, ya que, al cortarlo manualmente, había muchos errores de calidad, debido a que el folio se desprendía erróneamente, o sobraban trozos de folio, que se tenían que cortar manualmente de nuevo, por lo cual se producían retrabajos.

Con base en los resultados obtenidos de la primera configuración del Juego Didáctico, se procederá a la segunda configuración, donde se detallarán todos los cambios por implementar, así como los resultados de estos.

5.2. Resultados: Segunda configuración

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos de la segunda configuración del Juego Didáctico La Caja Lean. Se realizó el juego conforme a las modificaciones descritas en el capítulo 4. En la Tabla 5.3, se muestra llenado de información que recopila el Supervisor por cada caja armada, a manera de ejemplo, ya que dicha tabla se llena para cada caja armada.

Tabla 5.3 Llenado de Tabla de registro con información de armado

Segunda configuración La Caja Lean					
Número de caja:	1	Pasa control de calidad (si, no):			Sí
Hora de inicio:	19:40	Hora de finalización:		19:43	
Operación:	Tiempo total por operación (seg)				
	Estación 1: Corte	Estación 2: Doble 1	Estación 3: Doble 2	Estación 4: Armado	Tiempo total de armado (seg):
Operación 1	5,50	17,1	13,77	4,16	
Operación 2	9,33	16,34	5,10	4,49	
Operación 3	9,37	19,59	9,54	6,75	
Operación 4	1,65	3,05	1,33	21,03	
Operación 5	-	-	-	-	
Operación 6	-	-	-	11,34	
Operación 7	-	-	-	4,52	
Operación 8	-	-	-	5,06	
Operación 9	-	-	-	2,33	
Calidad p/estación (si/no)	Sí	Sí	Sí	Sí	
Σ tiempos de operaciones (seg):	24,2	56,08	29,74	57,35	167,37

Los resultados de los tiempos cronometrados por tarea en cada una de las Tablas de registro, son de utilidad para poder determinar el tiempo medio que tiene cada una de las tareas, así como el de la Estación. Con esto se puede generar un tiempo estándar de trabajo, para buscar la eliminación de cuellos de botella y desperdicios en la producción de cajas.

Con la finalidad de resumir los resultados obtenidos del cronometraje para cada una de las cajas armadas, en la Tabla 5.4, se muestra la sumatoria de los tiempos medios por estación de trabajo en la segunda configuración.



Puesta en marcha del Juego Didáctico

Tabla 5.4 Resultados tiempos armado segunda configuración

Tiempos medios por estación - Segunda configuración La Caja Lean						
Tiempo total de producción:		1500 segundos				
Hora de inicio:	19:40	Hora de finalización:			20:05	
Número de cajas:	Estación 1: Corte	Estación 2: Doblez 1	Estación 3: Doblez 2	Estación 4: Armado	Tiempo total de armado por caja	Calidad (si, no)
	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)		
1	24,2	56,08	29,74	57,35	167,37	Si
2	27,96	51,11	23,16	60,01	162,24	Si
3	28,68	55,05	23,34	48,36	155,43	Si
4	25,25	52,11	28,55	46,97	152,88	No
5	30,15	38,86	24,24	45,19	138,44	No
6	35,08	39,22	28,85	39,52	142,67	Si
7	24,01	47,85	29,58	40,59	142,03	Si
8	26,47	45,08	38,48	43,15	153,18	Si
9	23,7	43,22	34,71	50,23	151,86	Si
10	23,43	40,29	27,28	48,63	139,63	Si
Tiempo promedio (seg):	26,89	46,89	28,79	48,00	150,57	80% Aceptado

Como se puede observar en la Tabla 5.4, a pesar de haber modificado las estaciones de trabajo para buscar equilibrar las tareas en cada una de ellas, al momento de cronometrar actividad por actividad, se concluye que las estaciones no están completamente balanceadas. Este desequilibrio en la cadena productiva, genera cuellos de botella en las estaciones posteriores a las tareas que conllevan un mayor tiempo de realización, las cuales, en este caso corresponden a la Estación 2 y 4.

A continuación, se realizará un análisis estadístico para la obtención de resultados sobre lo cronometrado en la segunda configuración.

5.2.1. Resultados análisis estadístico: segunda configuración

En el presente apartado, se presentarán los resultados obtenidos del análisis estadístico, obtenidos de los tiempos registrados en la segunda configuración del juego didáctico. De nueva cuenta se optará por utilizar un análisis de prueba de desviaciones estándar.

Implementación de un Juego didáctico para el aprendizaje de distintas herramientas de la Filosofía Lean Manufacturing

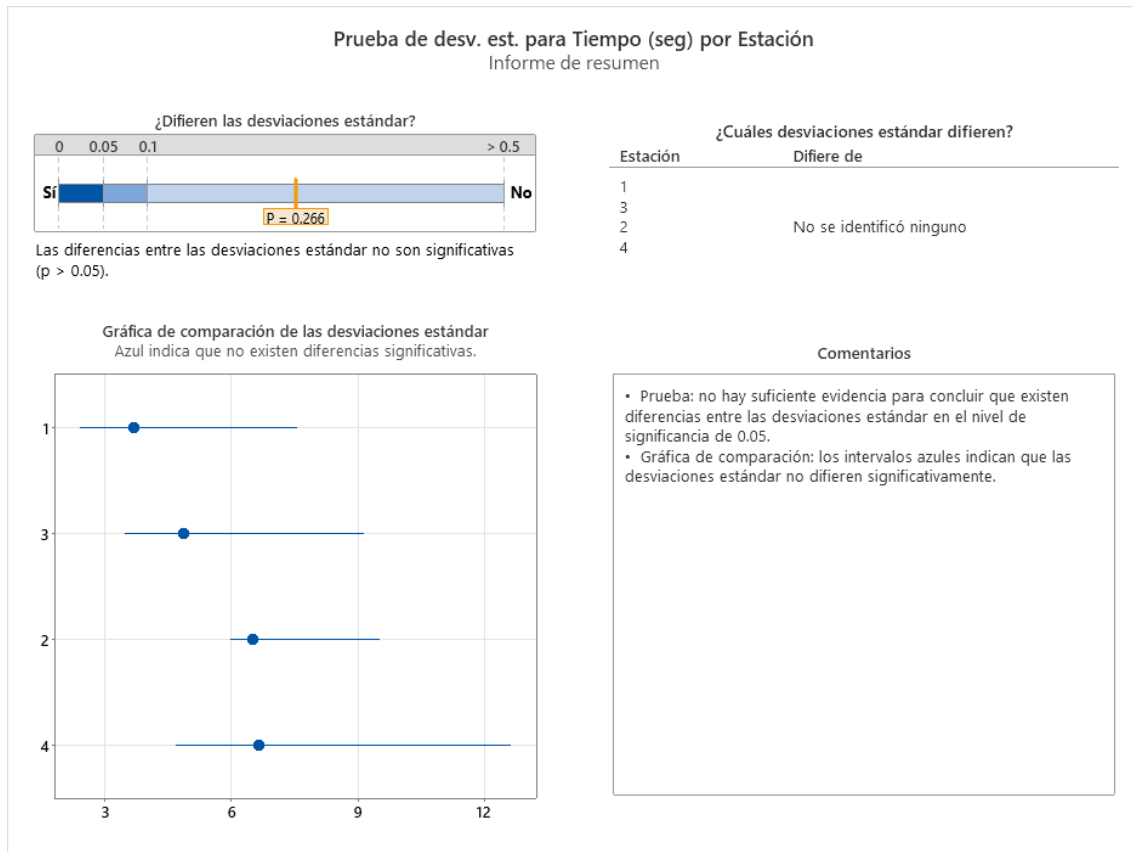


Figura 5.7 Diferencia en desviaciones estándar: segunda configuración (Fuente: Minitab)

Como se puede observar en la Figura 5.7, al igual que en la primera configuración, no se puede concluir certeramente si las diferencias entre las desviaciones estándar son significativas o no, según el resultado obtenido $P=0,66$, recordando que, si $P>0,05$ se rechaza la hipótesis nula (dicha hipótesis establece que las desviaciones estándar son significativas), por lo tanto, según el resultado, no son significativas, esto debido al no haberse podido realizar un número suficiente de pruebas. No obstante, se va a continuar con el análisis, como en la configuración anterior, pues se observan ciertos resultados que es interesante comentar.

En el gráfico de comparación de la misma figura, se indica que no hay desviaciones significativas.

Puesta en marcha del Juego Didáctico

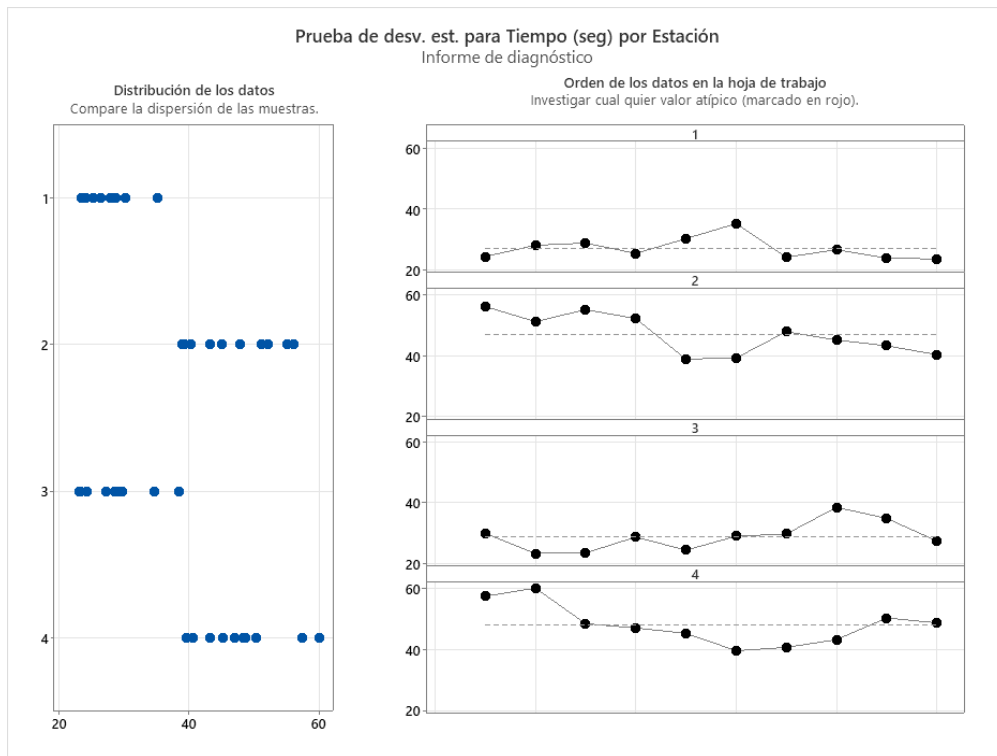


Figura 5.8 Distribución y orden de los datos segunda configuración (Fuente: Minitab)

Prueba de dev. est. para Tiempo (seg) por Estación

Informe de estadísticas descriptivas

Estación	Tamaño de la muestra	Estadísticas		IC individual de 95% para media
		Media	Dev.Est.	
1	10	26.893	3.6908	(1.8380, 9.2181)
2	10	46.887	6.5033	(4.9644, 10.596)
3	10	28.783	4.8647	(2.8453, 10.345)
4	10	48	6.6371	(4.0963, 13.375)

Figura 5.9 Estadísticas segunda configuración (Fuente: Minitab)

Prueba de dev. est. para Tiempo (seg) por Estación

Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Datos poco comunes		No hay puntos de datos poco comunes. Los datos poco comunes pueden tener una fuerte influencia sobre los resultados.
Normalidad		El análisis utiliza un procedimiento de comparaciones múltiples. Con muestras lo suficientemente grandes, la prueba funciona bien tanto para datos normales como para datos no normales.
Validez de la prueba		Debido a que el tamaño de algunas muestras es menor que 20, el valor p pudiera no ser exacto. Considere aumentar los tamaños de las muestras por lo menos a 20.

Figura 5.10 Tarjeta de informe segunda configuración (Fuente: Minitab)

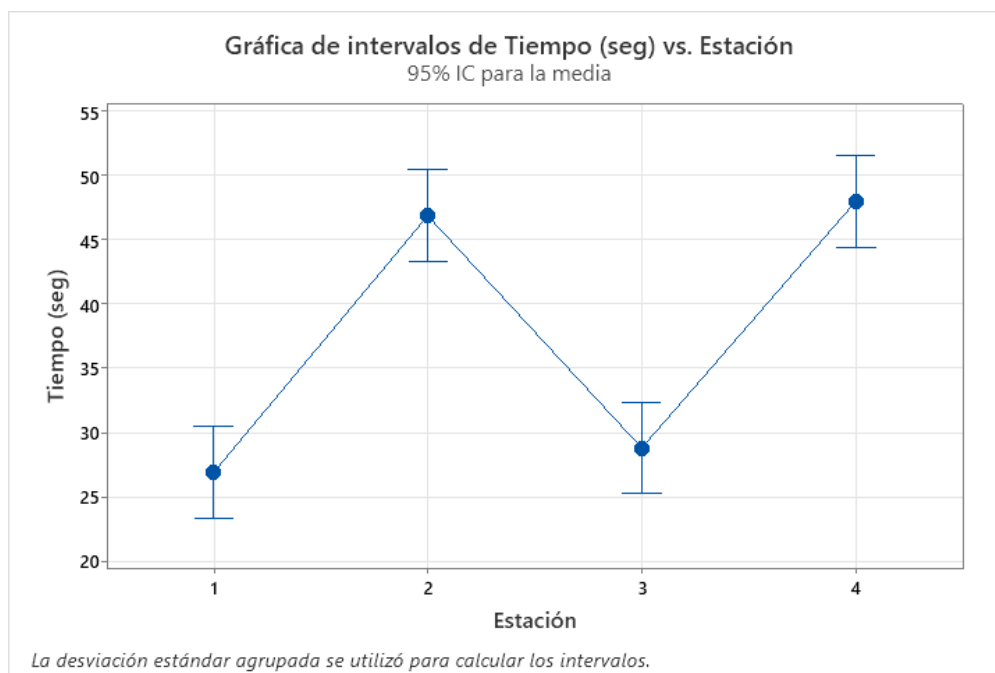


Figura 5.11 Gráfica de intervalos de tiempo vs. estación (Fuente: Minitab)

De acuerdo con los gráficos mostrados en la Figura 5.8, la dispersión en las muestras, así como el orden, representan menos variación que con los tiempos obtenidos en la primera configuración. En la Figura 5.9 se muestran los resultados de las medias y desviaciones estándar para cada estación de trabajo.

Según la Figura 5.10, la validez de la prueba no es del todo certera, esto debido a la cantidad de muestras analizadas.

Según el gráfico de la Figura 5.11, se aprecian diferencias en los intervalos de tiempo de cada estación, por lo cual, se concluye que dichas estaciones no están equilibradas en distribución de tareas, por tiempos.

A continuación, en la Figura 5.12, se muestra una gráfica comparativa entre el número de cajas armadas vs. si cumplen o no con la especificación de calidad, para la segunda configuración.



Puesta en marcha del Juego Didáctico

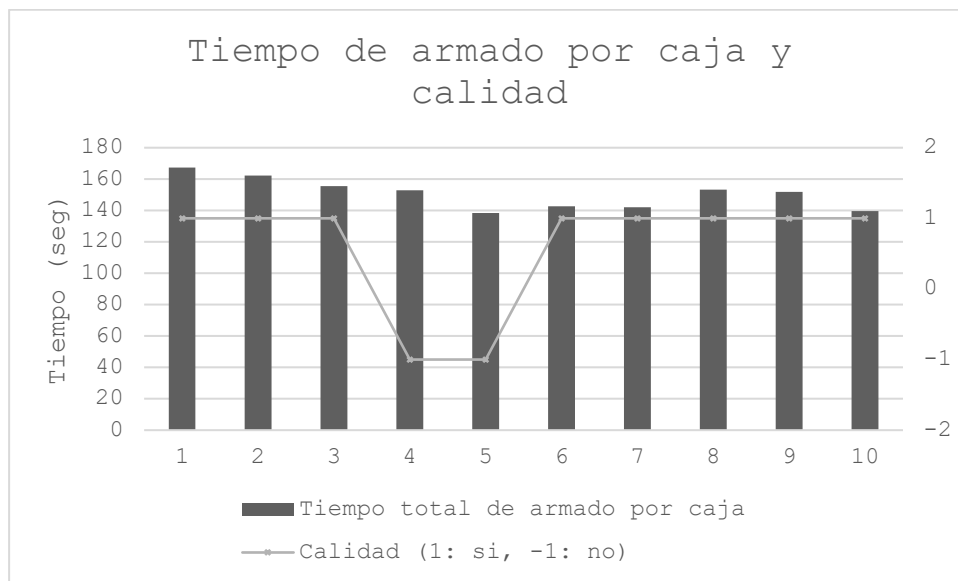


Figura 5.12 Gráfico tiempo de armado por caja y calidad

Los tiempos totales de armado de cajas, han disminuido en comparación con los tiempos cronometrados en la primera configuración. El tiempo promedio de armado más bajo en la primera configuración es de 246,46 segundos, con un porcentaje de cajas con calidad aprobatoria de un 77,78%. De acuerdo con la Figura 5.12, en la segunda configuración, el tiempo promedio de armado es de 150,57 segundos, con un 80% de cajas que cumplen el estándar de calidad.

5.2.2. Comentarios y aportaciones por parte de los jugadores: segunda configuración

Las observaciones comentadas por los jugadores al finalizar la segunda ronda de juego se agregan a continuación.

- Se encontraron cuellos de botella en dos de las estaciones, por lo cual, había momentos en los que la estación 4 no recibía ningún folio, mientras que en la estación 2 se acumulaban folios procedentes de la estación 1.
- Se propone el cambio de la herramienta de corte, en vez de la utilización de un lápiz y tijeras, cortar directamente el folio con un cúter, esto elimina 1 herramienta de trabajo y un paso.
- Se notó que conforme iba transcurriendo el tiempo de armado de cajas, los tiempos iban disminuyendo, y posteriormente, llegando a un tiempo estándar.
- Se encontró que la caja de herramientas cuenta con distintos utillajes, materiales, etc. que no se utilizan para nada, por lo cual se pretende eliminarlas.
- Algunos folios llegaban a otras estaciones con variaciones a lo establecido en el instructivo de trabajo, por lo cual, se propone implementar una referencia de

calidad visual, para permitir comparar el folio en cada estación antes de pasarlo a la siguiente.

5.3. Resultados: Tercera configuración

A continuación, se muestran los resultados de la tercera configuración del Juego Didáctico La Caja Lean. El juego se puso en marcha según las modificaciones y configuraciones propuestas en el Apartado 4.4.

En la Tabla 5.5, se muestran los resultados de tiempos cronometrados para dicha configuración.

Tabla 5.5 Tiempos cronometrados tercera configuración

Tercera configuración La Caja Lean							
Número de pedido:				1			
Cantidad total:				8			
Hora de inicio:		20:30		Hora de finalización:		20:52	
Número de caja:	Tipo de caja (color):	Tiempo de armado total por caja (seg)					Cumple calidad (si/no)
		Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Tiempo total	
1	Rosa	34,97	33,36	36,19	42,43	146,95	Si
2	Blanco	40,14	48,28	36,28	39,25	163,95	Si
3	Rosa	44,73	35,53	33,99	40,92	155,17	Si
4	Azul	35,95	45,31	40,72	39,9	161,88	Si
5	Amarillo	38,26	40,7	40,47	37,74	157,17	Si
6	Blanco	40,02	45,63	45,19	38,43	169,27	Si
7	Azul	31,26	37,23	46,65	39,17	154,31	Si
8	Amarillo	42,64	32,16	42,12	41,93	158,85	Si
Promedio (seg):		38,50	39,78	40,20	39,97	158,44	100% Si

Con los resultados mostrados en la Tabla 5.5, se procederá a realizar un análisis estadístico para realizar una prueba de desviación estándar entre los tiempos obtenidos por estación de trabajo.

Dicho análisis se realizará por medio del software Minitab. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

5.3.1. Resultados análisis estadístico: tercera configuración

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico de los tiempos obtenidos para la tercera configuración.

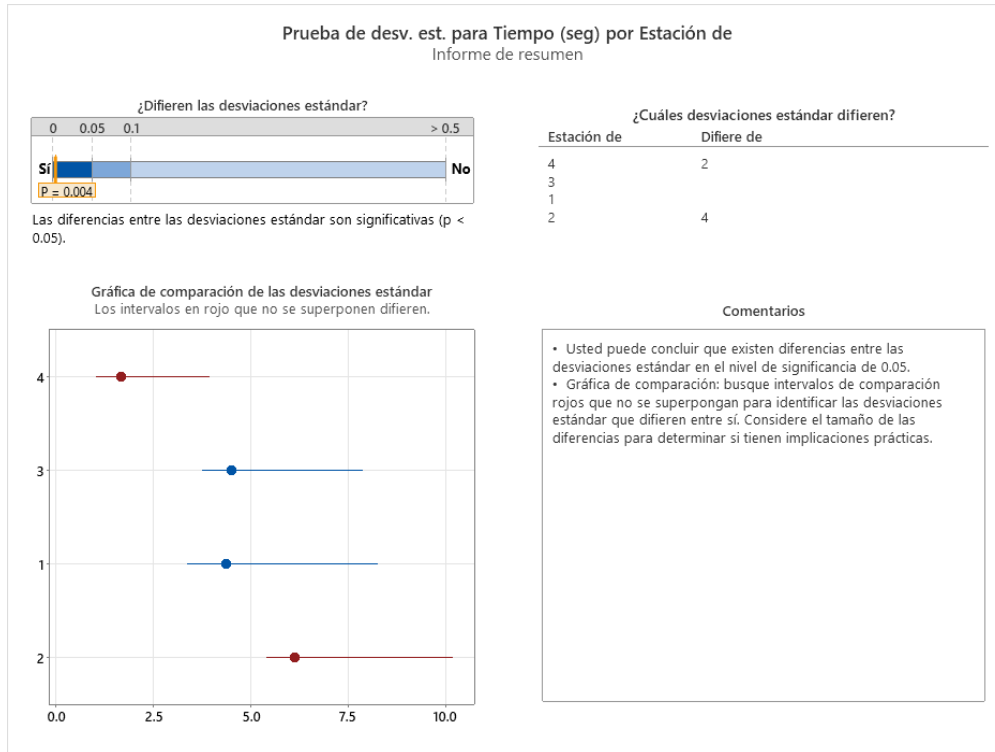


Figura 5.13 Diferencia en desviaciones estándar, tercera configuración (Fuente: Minitab)

Como se puede observar en la Figura 5.13, el valor de P obtenido es de 0,004, por lo cual, las diferencias entre las desviaciones estándar son significativas ($P < 0,05$). Las principales diferencias se encuentran en las desviaciones de la estación 4 con la estación 2.

De nueva cuenta, el número de muestras con las que se está analizando estas desviaciones es muy bajo, se requieren un mínimo de 20 muestras para poder asegurar dicho resultado. Por tal motivo, se propone realizar para futuros desarrollos, más pruebas que puedan confirmar los resultados obtenidos actualmente, que, de igual manera se han analizado con los resultados obtenidos de dichas pruebas.

A continuación, se muestran los gráficos de distribución y orden de los datos simulados. Ver Figura 5.14.

Implementación de un Juego didáctico para el aprendizaje de distintas herramientas de la Filosofía Lean Manufacturing

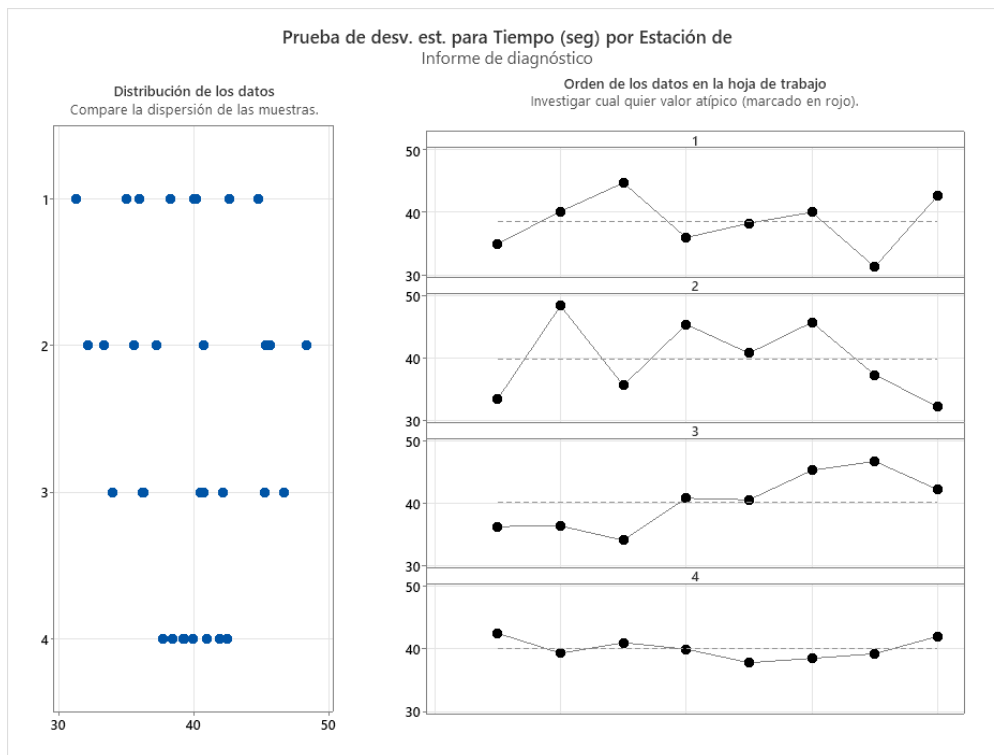


Figura 5.14 Distribución y orden de los datos: tercera configuración (Fuente: Minitab)

Prueba de dev. est. para Tiempo (seg) por Estación de

Informe de estadísticos descriptivos

Estación de	Tamaño de la muestra	Estadísticas		IC individual de 95% para media
		Media	Dev.Est.	
1	8	38.496	4.3489	(2.7067, 9.2547)
2	8	39.775	6.1149	(4.4480, 11.134)
3	8	40.201	4.4808	(3.0237, 8.7947)
4	8	39.971	1.6606	(1.0852, 3.3657)

Figura 5.15 Informe de estadísticos descriptivos: tercera configuración (Fuente: Minitab)

Prueba de dev. est. para Tiempo (seg) por Estación de
Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Datos poco comunes		No hay puntos de datos poco comunes. Los datos poco comunes pueden tener una fuerte influencia sobre los resultados.
Normalidad		El análisis utiliza un procedimiento de comparaciones múltiples. Con muestras lo suficientemente grandes, la prueba funciona bien tanto para datos normales como para datos no normales.
Validez de la prueba		Debido a que el tamaño de algunas muestras es menor que 20, el valor p pudiera no ser exacto. Considere aumentar los tamaños de las muestras por lo menos a 20.

Figura 5.16 Tarjeta de informe: tercera configuración (Fuente: Minitab)



Puesta en marcha del Juego Didáctico

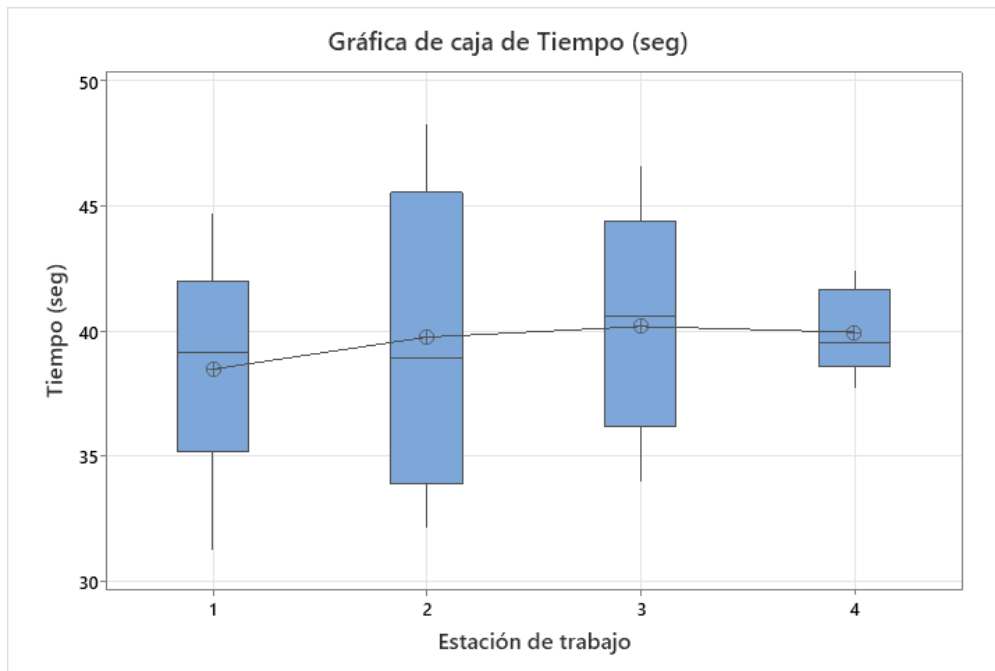


Figura 5.17 Gráfica de caja Tiempo vs. Estación de trabajo (Fuente: Minitab)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 5.14, la distribución en los datos de las muestras por estación, son variables unos entre otros, en donde, se aprecia que en la estación 4 se tiene una menor variabilidad. Dicha afirmación, se puede corroborar con el cálculo de la desviación estándar por estación (Ver Figura 5.15), en donde se observa que la desviación estándar de la estación 4, es mucho más baja que para el resto de estaciones.

De nueva cuenta, se concluye que, por la cantidad de muestras analizadas, no pueden obtenerse resultados cien por ciento certeros. En la Figura 5.17 se muestra una gráfica de caja, en donde se puede diferenciar la media de tiempo por estación y la acumulada. Los tiempos promedio de cada estación, aparentan estar equilibrados entre ellos, hay variaciones de +/- 1 segundo entre cada estación. Pero hace falta que se disminuya la variabilidad entre tiempos de armado por estación, ya que existe una diferencia notable entre las desviaciones estándar por estación.

Con base en los resultados obtenidos, se puede establecer un estándar de tiempo por cada estación, buscando que el operario cumpla con los tiempos, y, tener una línea de producción sin cuellos de botella.

De la Tabla 5.5, se puede observar que todas las cajas cumplen con las especificaciones de calidad, por lo tanto, no se tienen productos rechazados en dicha ronda de juego. Hay una diferencia entre el tiempo promedio de armado total por caja entre la segunda y tercera configuración, debido a que en cada estación se implementó un paso para la revisión interna de calidad, en la última estación, se tiene una revisión de calidad de producto terminado.

5.3.2. Comentarios y aportaciones por parte de los jugadores: tercera configuración

En el presente apartado, se expondrán los comentarios realizados por parte de los jugadores al terminar la tercera y última configuración del juego didáctico, La Caja lean.

- Los tiempos de armado entre cada estación están más sincronizados que en las configuraciones anteriores, se redujeron los cuellos de botella en las estaciones 2 y 4.
- Al haber realizado el armado de cajas durante 2 rondas anteriores, ha facilitado las tareas de dobleces y armado en los jugadores, notaron un estándar en los tiempos y forma de hacer cada tarea.
- Al contar con órdenes de producción, expedidas por medio de tarjetas que indicaban la cantidad y tiempo en que tenía que estar cada ronda de productos, se sincronizó el proceso entre todos los jugadores, llevando un ritmo de trabajo constante.
- De nueva cuenta, se puede mejorar el proceso de corte del folio, considerando una guillotina de papel, con la cual, el operario coloca el folio en una de las marcas predeterminadas, y procede a cortar, eliminando la tarea de utilizar una plantilla y cortar manualmente con el cúter.
- Se propuso una alternativa en uno de los dobleces finales, el cual, es más fácil de realizar que el que se tiene actualmente.

Algunos de los comentarios son observaciones de la configuración puesta en marcha, otros son ideas de mejora para configuraciones posteriores. Los cuales son de utilidad para plantear futuros desarrollos, e incluso, implementar más configuraciones o modificaciones a las que se tienen actualmente.

5.3.3. Análisis de las tres configuraciones

Una vez que se ha finalizado la puesta en marcha de las tres configuraciones del juego didáctico, se comentarán los resultados y observaciones, así como evolución de la puesta en marcha para cada configuración.

Se puede observar una evolución de la segunda y tercera configuración, respecto a la primera, la cual es una etapa introductoria al juego didáctico, considero que dicha etapa fue la más compleja de implementar, ya que se parte desde cero. Los jugadores no conocen de que trata el juego, por lo cual, es de vital importancia abordar los conceptos teóricos en la práctica, para que así, puedan desenvolverse de una manera más sencilla en las posteriores configuraciones, que fue una de las cosas que más se notaron al momento de ir avanzando en cada ronda de juego.

A pesar de contar con un tamaño de muestras pequeño, las herramientas previamente planteadas fueron satisfactoriamente implementadas en cada una de las rondas, al realizar el



Puesta en marcha del Juego Didáctico

análisis de los tiempos cronometrados en cada configuración se pueden comprobar las mejoras y estandarización de tiempos conforme transcurría y se implementaban más herramientas.

Respecto a los jugadores, se notó una participación y apertura al juego didáctico, en general se notaron interesados en los objetivos de este. Por lo cual, se puede concluir que la metodología de jugar aprendiendo es de gran utilidad para implementar y lograr el aprendizaje de una manera alternativa a la tradicional, dejando de lado el buscar aprender mediante la memorización, y logrando retener conceptos mediante la puesta en marcha de un juego, en este caso, un juego didáctico.

Al ser un proyecto basado en una puesta en marcha experimental, se corría con el riesgo de no lograr implementar adecuadamente los objetivos previamente planteados, pero, en general, se puede concluir que se han logrado los objetivos planteados, así como la obtención de resultados favorables en cada una de las configuraciones.



6. Estudio económico

En el presente capítulo, se presentará el desarrollo de un estudio económico para el cálculo de costes que tuvo la realización del desarrollo e implementación del Juego Didáctico “La Caja Lean”.

Es importante mencionar que se considerarán los costes desde la etapa de planteamiento del Trabajo de Fin de Máster, hasta la culminación de este. Con el objetivo de facilitar el desglose de costes, se optará por dividir el proyecto en etapas, las cuales se explican en el siguiente apartado. A continuación, se exponen algunas consideraciones por tomar en cuenta para el cálculo de costes.

6.1. Consideraciones

La primera consideración es que el proyecto fue realizado por una persona con el grado en Ingeniería Mecánica, con experiencia profesional, y, que además cuenta con la titulación de un Máster en Logística. Dicha persona tendrá el cargo de técnico de proyectos. A su vez, el proyecto estará a cargo de un director de proyectos.

Para poder realizar el cálculo de costes tomando un salario de base, se tiene como segunda consideración que la persona que realiza dicho proyecto es autónoma en España, y está dada de alta en el Régimen Especial de Trabajadores Autónomos, llevando a cabo este proyecto para la Universidad de Valladolid.

Adicionalmente, se considera un auxiliar administrativo. Dicho empleado cuenta con el mismo régimen que el director y técnico de proyectos. A continuación, se describirán las etapas del proyecto realizado para la Universidad de Valladolid.

6.2. Etapas para el desarrollo del proyecto

- Análisis de opciones e ideas para el proyecto

Se considera como primera etapa, el análisis de las distintas opciones para la selección del proyecto a desarrollar.

Las opciones parten de proyectos sugeridos por profesores de la Universidad de Valladolid, y temas propuestos por cuenta propia, en donde se analiza la factibilidad de cada uno de ellos. El director de proyectos es el responsable del análisis en esta etapa, en conjunto con el técnico de proyectos.

- Decisión de tema para proyecto

Una vez que se tiene el análisis de las distintas opciones presentadas en la etapa anterior, se toma una decisión con base en distintos criterios, los cuales se explican a continuación.

El primer criterio, fue que los proyectos pudieran implementarse de manera práctica. El segundo criterio, que abordara temas referentes a la filosofía *Lean Manufacturing*, entre los cuales, se encontraba el desarrollo de un Juego Didáctico para la enseñanza de distintos conceptos teóricos, por lo cual, se optó por dicho proyecto.

- Búsqueda y recopilación de información

Con la toma de decisión del proyecto, comenzó la búsqueda de información, tanto de Juegos Didácticos, como de los conceptos teóricos que se pretenden abordar en él, esto con la finalidad de poder tener una estructura del proyecto, y una referencia del tipo de Juego a desarrollar.

Este trabajo se realiza en conjunto entre el técnico de proyectos y el auxiliar administrativo, para posteriormente presentárselo al director de proyectos.

- Diseño y estructura de Juego Didáctico

En esta etapa, se comenzó con el desarrollo del Juego Didáctico, teniendo como referencia las bases teóricas por implementar, y, realizando pruebas de las configuraciones que tendrá dicho juego. Se optó por un juego que consista en el armado de una caja de papel, con instrucciones específicas para lograr el correcto armado de la caja. Para concretar la idea planteada, se realizaron distintas pruebas, tales como, cronometraje y división de tareas, selección de número de jugadores, instructivos, reglas, etc. Esta fue la etapa más extensa del proyecto.

La presente etapa, considera la participación del director de proyectos, el auxiliar administrativo, y el técnico de proyectos. Se toman decisiones de diseño con base en la información recopilada previamente.

- Implementación y puesta en marcha del Juego Didáctico

Con el Juego Didáctico completamente diseñado y configurado, se procede a la puesta en marcha de este. Se somete a pruebas el Juego Didáctico, al cual se le llamará “La Caja



Lean”, con cinco alumnos de la Universidad de Valladolid. La implementación está a cargo del técnico de proyectos, con la supervisión y seguimiento del director de proyectos.

- Redacción del proyecto

Por último, se tiene la etapa de redacción del proyecto. Dicha etapa contempla la redacción de la parte teórica, los conceptos y bases del juego; así como el diseño, desarrollo, pruebas y resultados de la aplicación del Juego Didáctico. El objetivo de esta etapa es la recopilación y resumen de toda la información recabada, así como los criterios utilizados para la elaboración del proyecto. El auxiliar administrativo es el encargado de realizar toda la parte de redacción del proyecto, en conjunto con el técnico de proyectos.

Las etapas descritas, comprenden un periodo de tiempo de 25 semanas, considerándose el comienzo del proyecto a partir de la semana 2 del año en curso.

Con la finalidad de tener una visión más clara de las etapas que comprende el proyecto, a continuación, se presenta un Diagrama de Gantt (Ver Figura 6.1), en el que se puede ver de manera gráfica las etapas descritas anteriormente.

En dicho diagrama se puede observar el tiempo considerado para cada etapa, completando así las 25 semanas que se comentaron en el párrafo anterior.

Descripción de la etapa	Enero				Febrero					Marzo					Abril					Mayo					Junio							
	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26							
Análisis de opciones e ideas	█																															
Decisión de tema para proyecto				█																												
Búsqueda y recopilación de información	█				█																											
Diseño y estructura de Juego Didáctico														█																		
Implementación y puesta en marcha del Juego Didáctico																									█	█						
Redacción del proyecto										█	█	█													█	█						

Figura 6.1 Diagrama de Gantt de actividades proyecto La Caja Lean

6.3. Estudio económico del proyecto

En el presente apartado, se desarrollará el estudio económico del proyecto, contemplando todos los costes que conllevó la realización de cada etapa descrita en el apartado 6.2. Los costes por considerar toman en cuenta las horas efectivas del proyecto, realizando el cálculo con base en salarios promedio en España, para los cargos descritos anteriormente. Los cálculos se detallan en los siguientes apartados.

De igual manera, se tomará en cuenta todo el equipo informático, materiales, herramientas, consumibles, así como los costes indirectos, luz, agua, internet, etc. Enseguida, se procederá al desglose de los costes relacionados con el proyecto.

6.3.1. Horas efectivas por etapa del proyecto

En la Tabla 6.1, se muestra el desglose de horas efectivas que conllevó la realización de cada etapa del proyecto. Cabe recalcar que dichas horas deben de multiplicarse por el total de semanas que se muestran en la Figura 6.1.

Tabla 6.1 Cálculo de horas efectivas por etapa del proyecto

Etapa:	Número de horas por etapa:		
	Horas por semana	Total de semanas	Total horas por etapa
Análisis de opciones e ideas	3	3	9
Decisión de tema para proyecto	3	1	3
Búsqueda y recopilación de información	11	11	121
Diseño y estructura de Juego Didáctico	20	9	180
Implementación y puesta en marcha del Juego Didáctico	16	2	32
Redacción del proyecto	19	6	114
Total de horas efectivas del proyecto:			459

En la Tabla 6.2, se muestran las horas de participación en cada etapa del proyecto, tanto del director de proyectos, como de todos los técnicos y auxiliares que participaron en la puesta en marcha e implementación del Juego Didáctico.

Tabla 6.2 Total de horas por persona involucrada en proyecto

Etapa	Director de proyectos	Técnico de proyectos	Auxiliar administrativo
Análisis de opciones e ideas	9	9	0
Decisión de tema para proyecto	3	3	0
Búsqueda y recopilación de información	11	90	20
Diseño y estructura de Juego Didáctico	20	160	0
Implementación y puesta en marcha del Juego Didáctico	15	32	0
Redacción del proyecto	14	20	80
Total de horas:	72	314	100

Una vez que se tienen calculadas el total de horas efectivas que conllevó la realización del proyecto por cargo, se procederá a desglosar los costes de las tasas horarias de salarios con base en las consideraciones descritas en el apartado 6.1.



6.3.2. Cálculo de horas efectivas anuales y tasas de personal

A continuación, se procederá a realizar el cálculo de horas efectivas anuales en España, tomando como referencia el Estatuto de los Trabajadores (Boletín Oficial del Estado, 2022). En la Tabla 6.3, se presenta el desglose de las horas efectivas anuales.

Tabla 6.3 Cálculo de horas efectivas trabajadas anuales

Total de días por año:	Días
Días totales del año	365
Días de vacaciones	30
Días Festivos	14
Sábados y domingos	104
Días efectivos anuales	217
Horas diarias de media	8
Horas efectivas anuales	1736

Ahora, se procederá al desglose del cálculo de tasas del personal involucrado en la realización del proyecto (Ver Tabla 6.4).

Tabla 6.4 Cálculo de tasas de personal

Concepto:	Sueldo bruto anual	Seguridad social (35%)	Total	Sueldo/hora
Director de proyectos	45.000,00 €	15.750,00 €	60.750,00 €	34,99 €
Técnico de proyectos	31.000,00 €	10.850,00 €	41.850,00 €	24,11 €
Auxiliar administrativo	12.000,00 €	4.200,00 €	16.200,00 €	9,33 €
Técnico de producción	21.000,00 €	7.350,00 €	28.350,00 €	16,33 €

Por último, en la Tabla 6.5, se procederá al cálculo de salarios con base en el salario por hora calculado de la Tabla 6.4 y el número de horas trabajadas desglosado en la Tabla 6.2.

Tabla 6.5 Cálculo costes de personal

Concepto:	Sueldo/hora	Número de horas trabajadas	Número de personas en el cargo	Total
Director de proyectos	34,99 €	72	1	2.519,59 €
Técnico de proyectos	24,11 €	314	1	7.569,64 €
Auxiliar administrativo	9,33 €	100	1	933,18 €
Total				11.022,41 €

Enseguida, se procederá a realizar el cálculo de las amortizaciones de los equipos utilizados para la realización del proyecto.

6.3.3. Cálculo de amortizaciones equipo informático

En este apartado, se desglosarán los costes de los equipos informáticos y softwares utilizados para la realización del proyecto. Se toman en cuenta las siguientes consideraciones, un periodo de amortización de 5 años, con cuota lineal, considerando el mismo tiempo tanto para software, como hardware.

Para poder proceder al cálculo de la amortización de los equipos, se calcularán los costes totales de estos. En la Tabla 6.6, se muestra el cálculo de costes.

Tabla 6.6 Costes totales equipo informático

Equipo/software	Coste unitario	Cantidad	Coste total
Ordenador ASUS VivoBook 15 S513EQ-L1247T - Intel Core i7-12GB RAM, 512GB SSD	720,00 €	2	1.440,00 €
Licencia Microsoft Office 365	247,00 €	3	741,00 €
Licencia software diseño y edición	14,00 €	1	14,00 €
Impresora HP OfficeJet Pro 9010e	195,00 €	1	195,00 €
Total:			2390,00 €

En la Tabla 6.7, se muestra el coste de los equipos informáticos amortizados a 5 años. Posteriormente, en la Tabla 6.8, se calcula el coste por hora de utilización de cada equipo amortizado. Cabe recalcar que los equipos son utilizados por los tres puestos mencionados anteriormente, es decir, las horas que aparecen en la Tabla 6.8, considera el total de horas utilizadas por los tres trabajadores.



Tabla 6.7 Amortización de equipos informáticos

Equipo/software	Coste total	Periodo de amortización		
		Año	Día	Hora
Ordenador ASUS VivoBook 15 S513EQ-L1247T - Intel Core i7-12GB RAM, 512GB SSD	1.440,00 €	288,00 €	0,79 €	0,033 €
Licencia Microsoft Office 365	741,00 €	148,20 €	0,41 €	0,017 €
Licencia software diseño y edición	14,00 €	2,80 €	0,01 €	0,0003 €
Impresora HP OfficeJet Pro 9010e	195,00 €	39,00 €	0,11 €	0,0045 €

Tabla 6.8 Coste total utilización de equipos informáticos

Equipo/software	Horas de utilización totales	Amortización / hora	Coste total
Ordenador ASUS VivoBook 15 S513EQ-L1247T - Intel Core i7-12GB RAM, 512GB SSD	424	0,03 €	13,94 €
Licencia Microsoft Office 365	380	0,02 €	6,43 €
Licencia software diseño y edición	200	0,0016 €	0,063 €
Impresora HP OfficeJet Pro 9010e	20	0,0045 €	0,090 €
Total:			20,52 €

6.3.4. Cálculo de costes material consumible

En el presente apartado, se desglosarán los costes de material consumible utilizados en el proyecto. Se consideran folios A4, tijeras, cúter, tinta para impresiones, bolígrafos, cartulinas A4, etc. En la Tabla 6.9, se muestra el cálculo de consumibles.

Tabla 6.9 Cálculo costes de consumibles

Concepto	Unidad de medida	Coste por unidad de medida	Cantidad	Coste total
Folios A4	Paquete (500 folios)	10,00 €	1	10,00 €
Tijeras	Pieza	5,00 €	5	25,00 €
Cúter	Pieza	4,00 €	1	4,00 €
Tinta para impresora	Cartucho	20,00 €	2	40,00 €
Bolígrafos	Paquete (20 unidades)	14,00 €	1	14,00 €
Lápices	Paquete (36 unidades)	17,00 €	1	17,00 €
Borradores	Paquete (3 unidades)	2,50 €	5	12,50 €
Cartulinas A4	Paquete (10 unidades)	10,00 €	2	20,00 €
Cronómetro	Pieza	30,00 €	2	60,00 €
Total:				202,50 €

A continuación, se procederá al cálculo de los costes indirectos, posteriormente, se realizará la suma de todos los costes que intervinieron en la realización del proyecto.

6.3.5. Cálculo de costes indirectos

Enseguida, se desglosarán los costes indirectos para el proyecto, entre ellos se encuentran el consumo de electricidad, agua, internet, alquiler, etc. En la Tabla 6.10, se desglosan los costes de dichos conceptos.

Tabla 6.10 Cálculo de costes indirectos

Concepto:	Coste mensual	Coste semanal	Duración del proyecto (semanas)	Coste total
Electricidad	100,00 €	25,00 €	25	625,00 €
Internet	40,00 €	10,00 €		250,00 €
Alquiler	450,00 €	112,50 €		2.812,50 €
Otros	50,00 €	12,50 €		312,50 €
Total:				4.000,00 €

6.4. Cálculo del coste total del proyecto

Por último, se calculará el coste total del proyecto, con base en el estudio económico de los apartados anteriores. En la Tabla 6.11, se muestra el resumen de costes.

Tabla 6.11 Costes totales realización de proyecto

Tipo de coste	Coste
Coste de personal	11.022,41 €
Costes de equipos informáticos	20,52 €
Costes de consumibles	202,50 €
Costes indirectos	4.000,00 €
Total	15.245,43 €

Como se puede observar en la Tabla 6.11, el coste total para la realización del proyecto para la implementación de un Juego Didáctico, es de 15.245,43 €, de los cuales, 4.000,00 € corresponden a costes indirectos, por lo tanto, se obtiene un porcentaje del 73,76% de costes directos, y un 26,24% de costes indirectos.



7. Conclusiones y futuros desarrollos

En este capítulo, se expondrán las conclusiones del presente Trabajo de Fin de Máster, destacando los resultados obtenidos del desarrollo e implementación del Juego Didáctico “La Caja Lean”, así como futuras mejoras y desarrollos que puedan plantearse para este proyecto.

7.1. Conclusiones

El objetivo del presente proyecto es el de desarrollar un Juego Didáctico que aborde distintos conceptos correspondientes a la filosofía Lean, lo cual supuso un reto al momento de buscar la adecuación de conceptos en la configuración inicial, y posteriores modificaciones en el Juego. Una vez planteado y desarrollado el Juego, se procedió a la puesta en marcha con cinco jugadores, con la finalidad de comprobar si los planteamientos iniciales propuestos se cumplían.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las tres configuraciones del Juego Didáctico, se lograron adecuar y enseñar las herramientas propuestas, tomando como referencia la implementación de las distintas técnicas que comprende la Gamificación, en este caso, el Juego Didáctico y todo el material de apoyo que conllevaba la puesta en marcha del juego. Uno de los objetivos de dicha metodología, es el de lograr transmitir conocimientos por medio de actividades que permitan una participación activa en los usuarios. Este objetivo fue cumplido, ya que los jugadores se mostraron participativos en cada una de las rondas, correspondientes a las tres configuraciones del juego didáctico. De igual manera, se mostró interés en el planteamiento y puesta en marcha de este.

Las partes del juego en donde se observó una mayor participación por parte de los jugadores, fue al momento de la finalización de cada una de las configuraciones, ya que, en este punto se realizaba la retroalimentación por parte del instructor, hablando de los resultados obtenidos en la configuración jugada, y se invitaba a los jugadores a aportar comentarios sobre puntos de mejora, propuestas de cambio, para mejorar el juego en la configuración actual, comentarios generales sobre lo observado a lo largo de la ronda de juego, etc.

Con la información recabada al finalizar las configuraciones, se logró la implementación de las herramientas descritas en el capítulo 1, buscando abordar distintas herramientas por configuración. Algunas herramientas, como el equilibrado de cadena, fueron herramientas implementadas y modificadas en más de una configuración.

Conforme transcurrieron las rondas y configuraciones, los jugadores notaron más participativos e inmersos en La Caja Lean, donde, de manera inconsciente, por medio del juego, estaban aprendiendo y poniendo en práctica la utilización de distintas herramientas de la filosofía *Lean*.

Como se mencionó anteriormente, una de las ideas principales planteadas para cada configuración del juego, es que los mismos jugadores sean capaces de percibir y proponer las ideas de mejora en el planteamiento actual, logrando así que estos tengan un mayor interés en el juego, y, por ende, en los conceptos que se pretenden enseñar, además de la participación por parte de ellos en cada configuración, en la última ronda, los jugadores plantearon más ideas de mejora para una siguiente posible configuración.

En este punto, se les explicó que la implementación del *Lean* es un proceso de mejora continua, por lo tanto, se podrían tener muchas más configuraciones de juego, y, aun así, encontrar más puntos por modificar, buscando eliminar los desperdicios, como bien lo plantea dicha filosofía.

En cuanto a las herramientas *Lean* implementadas en cada configuración, se lograron poner en práctica adecuadamente, según lo previsto y planteado originalmente. En cada configuración se implementaron distintas herramientas, tales como, equilibrado de cadena, SMED, sistema *Pull* y *Push*, cronometraje, estandarización, 5S, gestión visual, calidad.

En cada configuración, se cronometraron los tiempos de armado por estación y/o por operación, dependiendo la configuración. Debido a que, el juego ha sido implementado únicamente en un grupo de jugadores, no se cuenta con los datos suficientes para poder realizar un análisis estadístico certero, y poder determinar si los tiempos cronometrados por configuración lograron disminuir, así como cumplir el objetivo de las tareas y operaciones tengan un estándar.

Lo que se puede observar del análisis estadístico, es que se tiene una tendencia a la disminución en el tiempo total de armado, comparando los resultados de tercera configuración respecto primera, así como de la segunda configuración a la primera. En el caso de los resultados obtenidos en la segunda configuración, comparados con los de la tercera, se tienen medias de tiempos con una menor desviación, por lo cual, se puede concluir que se tiene una tendencia al establecimiento de tiempos estándar para cada una de las operaciones.

La implementación de la metodología Jugar Aprendiendo y la Gamificación, en el diseño, desarrollo e implementación del Juego Didáctico “La Caja Lean”, han sido de vital importancia para el aprendizaje, e interiorización de los conceptos en cada uno de los jugadores con los que se puso en marcha. Estas metodologías cada vez están cobrando más auge en el sector educativo, así como la Gamificación en el mundo laboral; son una alternativa a los métodos tradicionales de enseñanza, en donde principalmente se busca un aprendizaje basado en la memorización y repetición.



Esta alternativa resulta bastante interesante y dinámica, ya que, todos los participantes, incluido el instructor, toman un papel activo al momento de realizar las actividades lúdicas. Y fomenta la motivación en estos. En este caso en particular, el proyecto está enfocado no solo a un entorno educativo, también se puede implementar en un entorno laboral, ya que los conceptos para los que fue desarrollado dicho juego son correspondientes a una filosofía utilizada en la industria en la actualidad.

Al ser un Juego Didáctico que implica el armado de figuras por medio de dobleces con las manos, no solo logra la enseñanza de conceptos teóricos al ponerlos en práctica, sino que también se logra la estimulación y mejora en las habilidades motoras, al igual que se potencia la observación y el pensamiento, al momento de leer las instrucciones e intentar seguir los pasos para el armado de la caja.

7.2. Futuros desarrollos

Como se mencionó previamente, después de finalizar la tercera y última configuración del Juego Didáctico, dentro de la retroalimentación obtenida, tanto de los jugadores, como del instructor, se comentaron y propusieron ideas de mejora para posteriores configuraciones. Por lo tanto, dicho juego no está limitado únicamente a las configuraciones propuestas inicialmente, se pueden desarrollar aún más, contemplando la implementación de más conceptos y herramientas por enseñar, esto debido a que las herramientas de la filosofía *Lean*, contemplan una mejora continua.

Dentro de los futuros desarrollos por implementar en el juego didáctico La Caja Lean, no limita el proponer abordar otros conceptos, además de los ya implementados actualmente, de filosofía *Lean*. Al ser un juego que simula la cadena productiva de armado de cajas, se pueden incluir conceptos sobre la cadena de suministro, ingeniería (por ejemplo, con modificaciones en el diseño de las cajas), etc. Se puede buscar la adaptación de cuantas herramientas permita abordar el Juego Didáctico La Caja Lean, siempre y cuando, dichos conceptos permitan ser claros y fáciles de implementar en el juego, porque, la idea de aprender utilizando esta metodología, es la de facilitar el proceso de aprendizaje en la persona que lo juegue.

Otro punto de mejora por considerar para futuros desarrollos, es el de aumentar la complejidad del armado de la caja actual, considerando incluso el armado de una pieza distinta, o un conjunto de armado de piezas que puedan ensamblarse. En principio se planteó una figura sencilla, con la finalidad de que las instrucciones de armado fueran fáciles de interpretar para cada jugador, y que, a pesar de haber propuesto esto, en un principio resultó más complejo para unos jugadores el entendimiento y razonamiento de las instrucciones brindadas.

Se pueden considerar modificaciones en los roles de los jugadores, así como añadir puestos de trabajo, tales como, calidad, planeación, expediciones, etc. Ya que, en estas configuraciones, el Supervisor no solo se dedicaba al cronometrado de tareas, también entregaba las Tarjetas de producción a los operarios, explicaba las reglas y modificaciones que conllevaba cada configuración, por lo tanto, se podrían distribuir las funciones de los puestos actuales, como propuesta de mejora para un futuro desarrollo.

Otra propuesta por implementar para un futuro desarrollo es el cambio de herramienta de corte, buscando utilizar una herramienta que sustituya el corte manual actual (con cúter), por una máquina que lo haga más rápido, como puede ser una guillotina de papel. Sería interesante analizar cuanto tiempo disminuye esta tarea, y como influye en el proceso en general, en donde, con dicha modificación, habría que revisar si tiene que haber de nueva cuenta un balance de las estaciones de trabajo.

En un futuro desarrollo también se puede considerar incluir cálculos de costes de producción, como la materia prima, personal, herramientas y maquinaria utilizada, con base en los tiempos de producción, esto con la finalidad de buscar obtener resultados que impliquen reducción de costes, que va directamente relacionado con la eliminación de desperdicios de la filosofía *Lean*.

Y, como se mencionó anteriormente, un futuro desarrollo para el juego didáctico actual, es el realizar pruebas de la puesta en marcha del juego a un número mayor de personas, para así poder contar más datos, y, comprobar que las herramientas utilizadas e implementadas, cumplen con los objetivos de reducción de tiempos por operación y por estación de trabajo. Así como poder comprobar de igual forma, que las distintas operaciones realizadas por los jugadores tienen una media y desviación similar entre ellas.

Estas son solo algunas ideas de mejora para futuros desarrollos del Juego Didáctico actual, pueden implementarse muchas más, tomando en cuenta los aspectos necesarios para el correcto desarrollo de una actividad lúdica, y, que, con esto, se puedan obtener resultados favorables al momento de ponerse en marcha.



8. Bibliografía

- Alves de Mattos, L. (1956). *Compendio de Didáctica General*. Buenos Aires: Kepelusa.
- Arellano Garrido, C., & Gent Franch, K. (2017). *Mentalidad Lúdica: Para crear, educar, emprender e innovar*. Santiago: Momento Cero S.A.
- Arruz, J. (26 de 04 de 2023). *Toyota Europa - Sala de Prensa*. Kiichiro Toyoda, fundador de Toyota, entra a formar parte del Salón de la Fama de la Automoción: <https://prensa.toyota.es/kiichiro-toyoda-fundador-de-toyota-entra-a-formar-parte-del-salon-de-la-fama-de-la-automocion/>
- Bernabeu, N., & Goldstein, A. (2016). *Creatividad y aprendizaje: El juego como herramienta pedagógica*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
- Blasco, S., Pedraz, J., Sánchez Montero, M., Recio Coll, Ó., Tomé, D., & Sanz, M. (2017). *Educación Jugando: Un reto para el siglo XXI*. Zaragoza: Nexo Ediciones.
- Boletín Oficial del Estado. (22 de 04 de 2022). *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. [https://www.boe.es/eli/es/res/2022/04/22/\(10\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2022/04/22/(10))
- Brains Nursery Schools Madrid. (7 de 10 de 2021). *Brains Nursery Shools Madrid*. ¿Por qué aprender jugando?: <https://brainsnursery.com/razones-aprender-jugando/>
- Campos Arenas, A. (2017). *Enfoques de enseñanza basados en el aprendizaje*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Cantú Delgado, H. (2006). *Desarrollo de una cultura de calidad*. México: Mc Graw-Hill.
- Dale, E. (1932). Methods for Analyzing the Content of Motion Pictures. *Journal of Educational Sociology*, 6, 244-250. https://brocku.ca/MeadProject/Payne_sundry/Dale_1932.html
- Devi, P. (27 de 04 de 2023). *Vantage Circle*. Retrieved 06 de 05 de 2023, from ¿Cómo implementar la metodología 5S en el lugar de trabajo?: <https://blog.vantagecircle.com/es/metodologia-5s/>
- Euroinnova. (01 de 07 de 2022). *EUROINNOVA*. Retrieved 30 de 05 de 2023, from International Online Education: <https://www.euroinnova.edu.es/blog/beneficios-del-origami>

- García Ruiz, R., Pérez Rodríguez, A., & Torres, A. (2018). *Educación para los nuevos Medios: Claves para el desarrollo de la competencia mediática en el entorno digital*. Quito: ABYA YALA Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Huizinga, J. (2007). *Homo ludens*. Madrid: Alianza Editorial.
- Kasahara, K., & Gray, A. (2002). *La magia del Origami*. EDAF.
- Laura, M. (22 de 05 de 2022). *Revista Canarii*. La importancia de realizar juegos de actividad lúdica: <https://revistacanarii.com/sociedad/importancia-realizar-juegos-actividad-ludica/>
- Liker, J. K. (2021). *THE TOYOTA WAY: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Lunardi Campos, L., T.M., B., & A.K.C., F. (2003). A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: Uma proposta para favorecer a aprendizagem. *Caderno dos núcleos de Ensino*, 47-60.
- Madariaga Neto, F. (2019). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos* (Vol. 2.2). California: Creative Commons. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Mallart, J. (2001). Capítulo 1 Didáctica: Concepto, Objeto y Finalidades. En F. Sepúlveda, & N. Rajadell, *Didáctica general para psicopedagogos* (págs. 23-57). Madrid: UNED.
- Marín, F., & Delgado, J. (2000). Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción. *Economía Industrial*, 35-41.
- Marín, I., & Hierro, E. (2013). *Gamificación: El poder del juego en la gestión empresarial y en la conexión con los clientes*. Barcelona: Empresa Activa.
- Montero Herrera, B. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: Una Revisión de la Literatura. *G.I.E Pensamiento Matemático*, 75-92.
- Pérez Herrera, J. F. (11 de agosto de 2020). *Lean Construction México*. Retrieved 19 de 04 de 2023, from <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/definici%C3%B3n-de-jidoka-control-autom%C3%A1tico-de-defectos>
- Real Academia Española. (13 de 06 de 2023). *Diccionario de la lengua española*, 23ª ed., [versión 23.6 en línea]. <https://dle.rae.es>



Bibliografía

- Redacción APD. (08 de 06 de 2021). *APD*. Retrieved 27 de 04 de 2023, from ¿En qué consiste la metodología Kanban y cómo utilizarla?: <https://www.apd.es/metodologia-kanban/>
- Reese, H. W. (2011). The Learning-by-Doing Principle. *Behavioral Development Bulletin*, 17(1), 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/h0100597>
- Romero Rodríguez, L. M., Torres Toukoumidis, Á., & Aguaded, I. (2017). Ludificación y educación para la ciudadanía. Revisión de las experiencias significativas. *Educación*, 109-128. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5565/rev/educar.846>
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean For Dummies*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Shingo, S. (1993). *Una revolución de la producción: El sistema SMED*. Madrid: TGP Tecnologías de Gerencia y Producción.
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Philadelphia: Wharton digital press.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2012). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Grupo Planeta.