



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería de Organización Industrial**

**Desarrollo de un juego didáctico para el  
aprendizaje de herramientas Lean.**

Autor: Sanz González, Alberto

Tutor: Gento Municio, Angel Manuel

DPTO: Organización de empresas y comercialización e  
investigación de mercados.

**Valladolid, Marzo de 2018.**

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Objetivos .....	2
1.3.	Alcance .....	3
1.4.	Organización.....	3
2.	LEAN MANUFACTURING .....	5
2.1.	Definición .....	5
2.2.	Historia .....	5
2.3.	Estructura del sistema.....	9
2.4.	Principios del sistema Lean .....	10
2.4.1.	Minimización de los despilfarros.....	11
2.4.2.	Calidad perfecta a la primera .....	13
2.4.3.	Kaizen y mejora continua .....	14
2.4.4.	Procesos Pull .....	15
2.4.5.	Flexibilidad .....	15
2.5.	Principales técnicas .....	16
2.5.1.	Grupo 1.....	16
2.5.2.	Grupo 2.....	21
2.5.3.	Grupo 3.....	26
3.	APRENDER JUGANDO .....	32
3.1.	Juegos didácticos.....	32
3.1.1.	¿Qué es un juego didáctico? .....	32
3.1.2.	El juego didáctico .....	33
3.1.3.	Características de los juegos didácticos .....	34
3.1.4.	Clasificación.....	35
3.2.	Gamificación.....	36
3.2.1.	La gamificación en la educación.....	38
3.3.	Aprender haciendo o Learn By Doing .....	39
3.4.	The LEGO Flow Game .....	40
3.4.1.	Introducción .....	41
3.4.2.	Resumen del juego .....	41
3.5.	LEGO Flow Game original .....	42
3.5.1.	Materiales necesarios .....	42
3.5.2.	Roles .....	43
3.5.3.	Rondas.....	44

3.6.	Renault Consulting. Lego Flow Game.....	46
4.	MI PROPUESTA DE LEGO FLOW GAME .....	49
4.1.	Mi LEGO Flow Game.....	50
4.1.1.	Primer estudio de los modelos.....	50
4.1.2.	Modificaciones realizadas .....	55
5.	MANUAL DE JUEGO.....	57
5.1.	Materiales necesarios .....	57
5.2.	Rondas de Juego.....	58
5.2.1.	Ronda 1 .....	59
5.2.2.	Ronda 2 .....	63
5.2.3.	Ronda 3 .....	64
6.	MANUAL DEL FORMADOR .....	70
6.1.	El proceso de aprendizaje .....	70
6.2.	Recursos y espacio .....	71
6.3.	Temporización.....	72
6.3.1.	Curso de tiempo mínimo.....	72
6.3.2.	Curso de una jornada .....	73
6.3.3.	Curso dividido en tres jornadas.....	74
6.4.	Asignación de Roles.....	75
7.	ESTUDIO ECONÓMICO .....	77
7.1.	Desarrollo del proyecto.....	77
7.2.	Costes de personal .....	78
7.3.	Amortización de equipos informáticos .....	79
7.4.	Consumibles .....	80
7.5.	Costes indirectos.....	80
7.6.	Tiempo y costes dedicados al proyecto .....	80
8.	CONCLUSIONES Y FUTUROS CAMBIOS.....	82
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	84
Anexo I.....		1
A.	ALAS.....	1
B.	ALERONES.....	4
C.	CABINA .....	6
D.	CHASIS .....	7
E.	TURBINA .....	8
F.	ENSAMBLADO .....	9
ANEXO II .....		1

A.	ALAS.....	1
B.	CARENADO .....	4
C.	CHASIS .....	6
D.	TRASERA .....	7
E.	ENSAMBLADO .....	8
Anexo III.....		9
A.	ALAS.....	9
B.	CHASIS .....	10
C.	TRASERA .....	11
D.	ENSAMBLAJE .....	12
Anexo IV .....		1
A.	CATÁLOGO CAZA FABRICANTE.....	1
B.	CATÁLOGO SUPER SÓNICO FABRICANTE .....	6
C.	CATÁLOGO AVIONETA FABRICANTE .....	10
Anexo V .....		1
A.	Almacén para Curso de Tiempo Mínimo.....	1
B.	Almacén para Curso de una jornada y Curso dividido en tres jornadas .....	3

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La realización de un curso sobre Lean Manufacturing en la Escuela Lean impartido por Reanult Consulting, me hizo ver que hay otra forma de aprendizaje más allá de las tradicionales clases teóricas donde tras cinco horas, si bien, vas acumulando apuntes los cuales son de gran utilidad y abarcan muchos conocimientos, acabas con la sensación que aunque es cierto que sean necesarias para desarrollar la práctica podría haber otra forma de enseñanza, donde lo práctico sin realizar grandes esfuerzos económicos fuese más útil. Es cierto que disponemos en la mayoría de las asignaturas de sesiones de laboratorio o clases de carácter más práctico donde tras la realización de la mayoría de ellas terminas con un cierto parecer de que los conocimientos vistos se han asimilado mucho mejor de forma más rápida.

Es en este punto, entre clases rutinarias, donde nos informan de un curso sobre Lean Manufacturing. La primera impresión sobre el mismo fue sorprendente ya desde el mismo momento que se atraviesa la puerta se divisan las piezas de LEGO con las que se desarrolla el curso. He de indicar que desde pequeño me he criado con estos juguetes y no es que sea un incondicional de ellos, pero tienen ese poder mágico de atracción después de tantos años sin haberlos utilizado.

La primera sesión del curso se desarrolla en la Escuela Lean, la cual no es el típico aula de enseñanza donde hay un proyector y varios pupitres para la atención de la clase sino un espacio que te trasladas dentro de una de las fábricas de la multinacional francesa donde fueses un participante más de la cadena de suministro de la misma. Como se puede apreciar ya no estamos ante la típica clase tradicional de laboratorios sino de un modo de enseñanza totalmente práctico.

Durante el curso, la percepción del sistema Lean Manufacturing me cambió del concepto sumamente teórico del aula a algo tan tangible como es influir y tomar parte en la producción de los vehículos de la empresa ficticia, con ello se consigue que a medida que tanto los coches se van fabricando por los distintos procesos, no solo se tiene que tener claros los conceptos teóricos estudiados con anterioridad sino los que vayan surgiendo como parte del juego. Mi propia sensación después de acabar estas clases prácticas fue de que el tiempo pasa volando cuando se está concentrado y focalizado en la realización de la actividad, sorprendentemente, aunque se pase tan rápido el tiempo analizando mentalmente los conceptos se han aprendido sin apenas ser consciente de los mismos.

La motivación de hacer mi TFG relacionado con esta forma práctica de aprendizaje surge de querer colaborar con este método de aprendizaje para que otros alumnos puedan ver que hay otra forma de hacerlo y que de esta forma puedan complementar o ayudar en su formación tanto en Lean Manufacturing como en los métodos de aprendizaje. Es aquí donde sugiero la idea de hacer otro modelo de juego aparte del existente para que haya más variedad de productos de fabricación en el aula.

Hay mucha clase de juegos didácticos pero la idea del curso fue tomada del “THE LEGO FLOW GAME”. Hay una gran variedad de estos juegos pero la gran capacidad

que tiene este juego de encajar con el proceso de lean hace que los conceptos sean fácilmente aplicables en el juego completo y la forma de poder hacerlo en el aula.

La metodología Lean Manufacturing está obteniendo hoy en día unos magníficos resultados en multitud de campos y sectores tanto industriales como de servicios así que es muy conveniente que los estudiantes lo tengan en cuenta para su formación por lo que sería, no recomendable, sino casi necesario tener unos conceptos mínimos en esta materia para su futura vida profesional. Es aquí donde la realización de dicho juego tiene uno de sus objetivos ya que en pocas lecciones podemos tomar conciencia de dicho método y mejorar sus conocimientos durante la formación académica.

## 1.2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo será la realización de un juego didáctico por medio del cual los alumnos puedan aprender las principales técnicas de Lean Manufacturing.

El diseño del juego se ha focalizado en el estudio del flujo, por lo que los alumnos experimentarán como se pasa de una producción tradicional basada en el uso de grandes lotes de producción a terminar usando un sistema “Pull”, el cual es mucho más ventajoso como iremos desarrollando más adelante en este trabajo.

Durante el proceso de cambio del sistema de producción se espera que los participantes vayan aprendiendo los diferentes conceptos del Lean, por lo que el objetivo principal es que es hacer ver las ventajas de este cambio es muy útil para aprender estos conceptos de una manera más natural.

Otro punto a tener en cuenta es que después de cada ronda de producción se procederá a un debate sobre todo lo acontecido en esa ronda, que mejoras se harían, que cosas habría que cambiar, que roles pueden modificar su producción a otra que sea más útil para el sistema productivo, donde y como aplicar los conceptos que se van aprendiendo. Este debate es muy instructivo porque ayuda a interiorizar los conceptos y saber su mejor utilidad para las diferentes situaciones.

Hay una serie de conceptos que con este juego didáctico focalizado en el **flujo** van a desarrollarse:

- Mix de producción
- Empleo de las 5S: (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener), se irán implantando conforme avancen las rondas por ejemplo ir limpiando el puesto de trabajo ordenado.
- Estandarización: conseguir un procedimiento para conseguir la mayor eficiencia tanto en el proceso como en las piezas de Lego necesarias para el mismo.
- Minimizar los despilfarros al máximo ya que suelen generar esperas, sobreproducción, etc.
- Intentar tener Calidad perfecta a la primera para evitar retrabajo.
- Medidas de control de tiempos de producción.

- SMED, como en las dos primeras rondas se va a fabricar con lotes grandes de trabajo se espera que los participantes sean capaces de analizar las limitaciones que las dos primeras rondas del juego tienen en la producción final.

Cabe destacar que como no todos los participantes siempre son los mismos se espera que cada una de las rondas y las experiencias en ella sean casi únicas, así como los conceptos y los análisis surgidos de las rondas de debate posteriores al mismo.

### 1.3. Alcance

Realizar un juego didáctico, tanto teóricamente como tangible para futuros participantes en el curso de Lean Manufacturing o cualquier otra actividad en la carrera universitaria.

### 1.4. Organización

En este apartado se muestra la estructuración del TFG en base a que la idea de desarrollo del proyecto y creación del mismo está basada en la idea de un juego ya existente por lo que tiene que definirse de forma detallada el juego inicial.

El análisis detallado de la distribución de este trabajo lo mostramos desglosado a continuación:

1) Introducción: donde se explicarán los motivos que han llevado a elegir un juego didáctico como TFG.

2) Lean Manufacturing: desarrollo teórico de los conceptos y técnicas que engloba la filosofía Lean Manufacturing. Este capítulo empezará con una secuenciación teórica de cómo fue surgiendo esta filosofía través de la consecución de objetivos en base a la adaptación a una nueva forma de mercado más globalizado.

3) Aprender jugando: en este capítulo se explicará de una forma general las tendencias educativas basadas en el aprendizaje activo. Se definirá en que consiste un juego didáctico, los diferentes tipos que existen y las características que un juego tiene que tener para ser considerado de este tipo de juegos.

4) Lego Flow Game: Capítulo donde empezaremos mostrando y explicando en qué consistía el primer juego basado en Legos para su aprendizaje desarrollado por Karl Scotland.

A continuación, se desarrollará dicho esquema de juego definiendo punto por punto todos los elementos necesarios para la realización del mismo.

Se terminará el capítulo con un apartado dedicado al curso de Reanult consulting, en el cual participé y fue mi primera experiencia en la realización de este tipo de juego. Aquí es donde se forjó la idea de la realización de este TFG.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
INTRODUCCIÓN

5) Manual de juego: La finalidad de este capítulo será realizar un estudio detallado de los modelos que se van a utilizar en el desarrollo del juego didáctico.

Para la realización de este apartado, primero se han estudiado las propuestas, así como los despieces detallados de cada modelo y la toma de tiempos de montaje para trabajar sobre datos reales.

A partir de lo anterior se ha desarrollado un modelo de juego basado en las reglas fundamentales, pero modificando diversos apartados, tanto para aumentar la complejidad del juego como la adaptarlo a las necesidades del curso.

6) Manual del formador: desarrollo de un manual donde se ha desarrollado con la mayor sencillez posible para los organizadores de un curso basado en este TFG, una serie de propuestas para realizar el juego en una serie de sesiones diferentes dependiendo de las diferentes características de los participantes y de la necesidad a la hora de recursos como de tiempo.

7) Estudio económico: Desarrollo económico de cuánto podría suponer el diseño y la realización física del juego.

El estudio económico contiene un desglose de costes de materiales, mano de obra empleada, amortizaciones, costes indirectos e infraestructuras.

8) Conclusiones: desarrollo de un resumen donde se mostrará las ideas obtenidas a la hora de realizarlo así como un futuro desarrollo del mismo para mejorar el curso.

9) Bibliografía.



## 2. LEAN MANUFACTURING

El objetivo de este apartado consiste en tratar de dar una definición de que es Lean Manufacturing así como los principales conceptos en los que se basa, ayudado por las técnicas empleadas para la realización del mismo.

Hay que tener en cuenta que la finalidad última de este capítulo va a ser explicar con la mayor claridad posible todos los conceptos de forma que durante la ejecución del juego los participantes vayan familiarizándose e interiorizándolos de una forma sencilla durante la propia ejecución del juego como en el posterior debate post juego.

### 2.1. Definición

Desde hace setenta años los sistemas productivos y empresariales están sufriendo grandes cambios respecto a épocas pasadas ya que está habiendo grandes avances en todos los ámbitos por lo que las empresas entraron en la necesidad de cambiar dichos sistemas por otros que se adaptasen mejor a las nuevas condiciones de un mercado globalizado y por lo tanto un incremento de la competencia.

Debido a la necesidad de dar una respuesta ante estos cambios surge la filosofía Lean Manufacturing, dicha ciencia es una forma de trabajo basada principalmente en las personas, que busca como objetivo la eliminación de todo tipo de desperdicios del sistema productivo para mejorarlo y optimizarlo.

Se podría definir desperdicio como todo aquel proceso, actividad o material que usa más recursos de los rigurosamente necesarios. Estos desperdicios ya hemos dicho que abarcan todas las áreas de la empresa o del sistema como pueden ser: transporte, logística, organización de los puestos de trabajo, almacenaje, flujo interno o externo de producción...

La filosofía Lean trata de alcanzar sus objetivos ayudándose de una amplia sistemática aplicación de técnicas que cubren la práctica totalidad de todas las áreas operativas de la empresa como algunas que se han mencionado anteriormente.

Debido a que la realidad muestra que el sistema Lean Manufacturing no solo se utiliza en procesos de fabricación sino en una amplia gama de procesos y operaciones varios autores difieren del nombre del término Manufacturing utilizando solo Lean. En este TFG debido a la consulta de varios autores se ha decidido utilizar indistintamente un término u otro.

### 2.2. Historia

La metodología Lean fue desarrollada y concebida en Japón por la corporación “TOYOTA MOTOR COMPANY” y en especial cabe destacar como su principal creador a Taiichi Ohno, director y consultor de la corporación, donde después de una visita a Estados Unidos posterior al final de la Segunda Guerra Mundial se mostró muy

sorprendido por el gran énfasis que la industria americana hacía sobre la producción en masa en detrimento de la variedad.

La industria americana desde principios de siglo XX hasta esta década de los años 50-60 estaba basada en técnicas de organización de la producción creadas por Henry Ford y F.W. Taylor, por lo que se considera que el inicio de este desarrollo de acontecimientos debería arrancar con ambos dos.

### **F.W.TAYLOR (1856-1915)**

Ingeniero que en sus inicios empezó la carrera de Derecho pero por un problema de visión no pudo continuar sus estudios lo que le llevo a trabajar como obrero en una industria siderúrgica de Philadelphia en 1875.

La capacidad de trabajo y de observación durante sus continuas horas de trabajo como director del taller de maquinaria le llevó a un nivel de entendimiento de cada una de las operaciones de las que constaba el sistema de corte de los metales que ejecutaban los obreros. Resultado de esta minuciosa observación resultaron las bases de su **“scientific management”**.

El scientific management se basa principalmente en descomponer el trabajo en tareas simples, control de tiempos y movimientos, entrega de las tareas justo a tiempo de tal manera que se obtenga el máximo compromiso ente el obrero y empresario.

Para el desarrollo de este método como ya hemos dicho Taylor estuvo durante horas examinando el trabajo de sus obreros, donde primero los descompuso en tareas simples. Una vez tuvo clara la descomposición, cronometró estrictamente el tiempo de realización de cada tarea para pasar al último punto que es exigir la ejecución del trabajo justo a tiempo a los obreros. Las ventajas de este método se pueden resumir en:

- . Reducir al mínimo los tiempos muertos por desplazamientos del trabajador, cambio de actividad o de herramientas.
- . Establecer un salario por pieza producida en función del tiempo estimado.
- . Disminución del conflicto entre empresarios y trabajadores en cuanto a los estándares de productividad.

Durante la asistencia a cursos nocturnos Taylor se formó como ingeniero gracias a lo cual se convirtió en ingeniero jefe en Bethlehem Steel Company de 1898 a 1901. Allí y gracias a un gran equipo de trabajo pudo desarrollar sus métodos y completar sus investigaciones. Publico varios libros defendiendo la **“Scientific Management”**

Desde finales del siglo XIX el Taylorismo se extendió rápidamente por todo el sector industrial de EEUU, ya que no solo aportaba ventajas en el proceso industrial, sino que permitía la rápida integración del trabajador no cualificado en dicho proceso, lo que permitió la integración de buena parte de toda la masa migratoria que llegaba a este país durante esta época.

## H. FORD (1863-1947)

Empresario norteamericano de la industria de la automoción. Tras haber realizado solo una educación elemental, se formó como técnico maquinista en la industrial de Detroit. Desde un principio se interesó por la invención y empezó a desarrollar sus propios prototipos de automóviles, sin embargo, no fue hasta después de varios intentos fallidos donde dio con la tecla del éxito con FORD Motor Company (1903). Las principales virtudes para este éxito se basaron en la fabricación de coches sencillos y baratos destinados al consumo por parte de una clase media que estaba emergiendo y creciendo a un buen ritmo, debido que hasta esas fechas los automóviles eran un producto prohibitivo para dicha clase trabajadora.

La clave residía en reducir los costes de fabricación: fabricación en serie (ilustración 1). La inspiración en dicho método la encontró en el modo de trabajo de los mataderos de Detroit, donde consistía en instalar una cadena de montaje a base de correas, cadenas y engranajes, además como era un apasionado de los relojes, diseñó un sistema de estandarización que consistía en un conjunto de piezas intercambiables que permitía reducir costes de fabricación y de reparación.

El abaratamiento de los costes de producción provocó una serie de reacciones en cadena para el beneficio de Ford, esta serie se resumen en: abaratamiento de los costes produjo que destinase un aumento de los salarios de sus empleados, por lo que estos estaban más comprometidos con su puesto de trabajo, poca conflictividad laboral y atracción a Ford Motor Company de los mejores mecánicos de otras empresas por lo que se beneficiaba del capital humano y la experiencia de estos. El círculo se cerraría con un poder adquisitivo mayor por parte de sus empleados, que pasan a formar parte de la nueva clase media, lo que a su vez les hace los principales consumidores de su empresa.

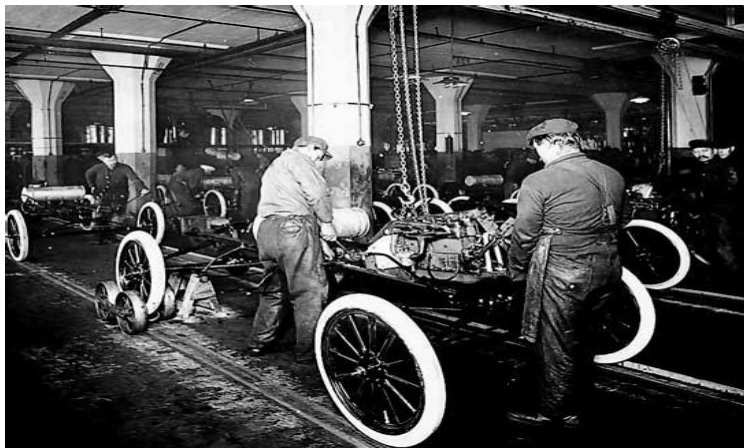


Ilustración 1: Cadena de montaje FORD Motor Company. Fuente: Biografías y vidas [2016]

Tanto el Taylorismo como el Fordismo supusieron una gran revolución en el sector industrial en un momento histórico donde era posible la producción de una gran cantidad del mismo producto y darle salida inmediatamente.

## TOYOTA

El origen del mayor fabricante de Japón y uno de los grupos automovilísticos más importantes del mundo, se remonta a una fábrica textil de las más importantes de dicho país donde su punto fuerte residía en un telar inventado y patentado por Sakichi Toyoda(1867-1930).

Sakichi buscaba cumplir tres grandes objetivos con su novedoso telar:

- No fabricar productos defectuosos.
- Que los operarios no tengan que estar siempre pendientes de las máquinas.
- Parar las operaciones siempre que ocurra algo irregular.

Buscando el cumplimiento de estas tres normas desarrollo herramientas para implementarlas en sus telares pero su gran importancia reside que son las bases del **Jidoka** tan utilizado en el sistema Lean que desarrollaremos detalladamente en capítulos posteriores.

La aventura en el mundo del motor la iniciaría Kiichiro Toyoda (1894-1952), hijo de Sakichi, con motivo de sus visitas a factorías de Europa y EEUU diseño un pequeño motor de gasolina. Esta experiencia le llevó en 1936 a presenta el primer motor con seis cilindros en “V”.

Años antes, Sakichi, cautivado por la incipiente industria automotriz y observando las ganas de triunfar y su entusiasmo decide en vender los derechos de las patentes de sus telares a la empresa británica Platt Brothers por un valor de 100.000 libras invirtiéndolos en el desarrollo del primer vehículo de Toyota, el que sería el modelo AA.

Durante la evolución de la metodología de la manufacturación de motores se desarrolla la técnica de **los cinco ¿Por qué?**, que fue originaria de Sakichi Toyoda, que consiste en realizar preguntas iterativas durante cinco veces con el propósito de llegar a la causa raíz de porque ha ocurrido un problema.

En 1948 tras el fin de la II Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda se ve en la obligación de hacer una gran reestructuración de la empresa por la grave crisis financiera donde llega a despedir gran parte de la mano de obra. Con motivo de solucionar esta crisis Taiichi Ohno y Eiji Toyoda (sobrino de Kiichiro) visitan las empresas estadounidenses de automóviles en busca de una solución para aumentar las ventas. Las principales conclusiones de esta visita resultaron que el sistema en línea americano no era aplicable a Japón y que tendrían que buscar una solución que pasase por la fabricación de coches pequeños, variados y a bajo coste. Para lograrlo, Taiichi Ohno (que tomo el relevo en la dirección a Kiichiro), desarrollo el sistema de producción “**Pull**” donde los componentes necesarios para la producción ya no dependen de los pedidos actuales, sino que se reponen en función de los pedidos ya servidos y facturados”.

La principal conclusión pasaba por la eliminación total de los stocks y despilfarros generados durante el proceso de fabricación.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
LEAN MANUFACTURING

Gracias a todas estas reflexiones sobre el proceso de fabricación, acababan de nacer las bases del nuevo modelo de gestión que cambiaría el futuro de Toyota y la industrial mundial, el Toyota Manufacturing System (TPS) mundialmente conocido como JIT.

### 2.3. Estructura del sistema

Como hemos visto durante los capítulos anteriores se ha estado hablando del Lean Manufacturing como una forma de trabajar y pensar como una filosofía empresarial. Podemos extraer por tanto que dicha idea puede resultar difícil de adoptar e implantar por parte de cualquier tipo de organización pero nada más lejos de la realidad de lo que podría ser.

La “Casa del Sistema de Producción Toyota”(TPS) es la herramienta más utilizada a la hora de visualizar de una forma general el cambio al sistema Lean ya que no todas las organizaciones son iguales aunque se dediquen al mismo sector industrial y vayan destinadas a los mismos clientes, por lo que van a encontrarse con problemas diferentes a la hora de implantar el sistema. El TPS es un esquema simple donde se reflejan los pilares, principios, técnicas y métodos fundamentales que serán necesarios para el correcto funcionamiento del sistema Lean.

Como ya he indicado las necesidades de cada organización van a definir su esquema propio que no tiene por qué ser igual ya que cabe la posibilidad de que incluso sea hasta más complejo. Se ha optado en este proyecto por la opción más sencilla y genérica de representación ya que es la forma más eficaz de entender completamente este cambio de filosofía. (Véase ilustración 2).

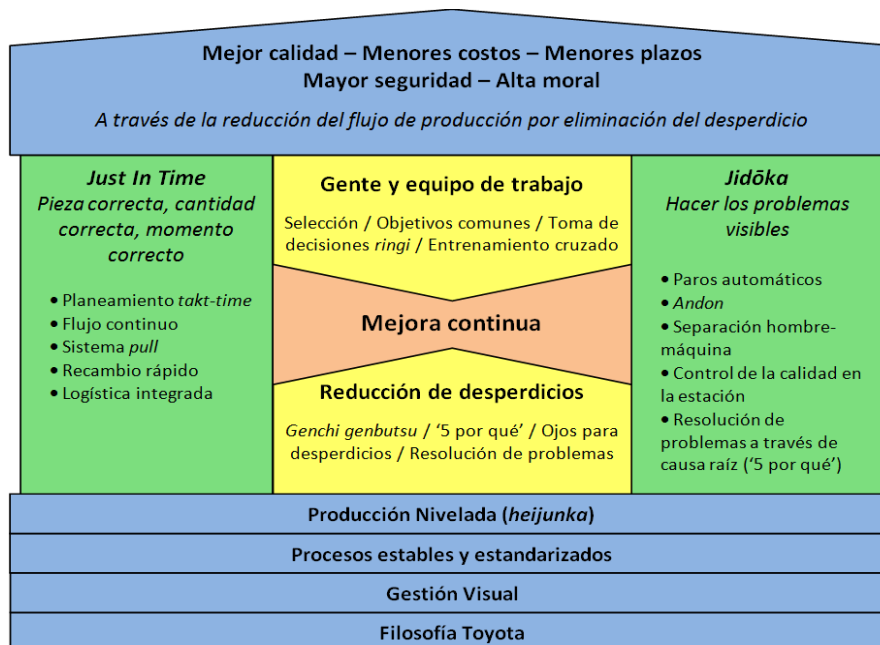


Ilustración 2: Estructura del Sistema de Producción Toyota. Fuente: "The Toyota Way". Liker, J (2004).

Como queda reflejado perfectamente se puede dividir dicha casa del **Lean Manufacturing** en tres partes: cimientos, pilares y tejado.

Empezando por el tejado nos encontramos con los grandes objetivos que debe perseguir la organización y en lo que debe centrarse la mayoría de los recursos. Estos objetivos son conseguir la mejor calidad en el menor coste y tiempo posible.

Cómo se podrían conseguiríamos esos objetivos, aquí es donde entrarían todas las herramientas y conceptos Lean donde se explicarán brevemente el significado en siguientes apartados ya que se analizarán detalladamente.

La parte central del esquema la forman dos pilares, los cuales son las dos principales herramientas del sistema: el Jidoka y el Just in Time.

**JIT** consiste en producir un artículo específico, en el momento requerido en la cantidad exacta. Es el concepto más conocido del sistema Lean. **Jidoka**, concepto de origen japonés cuya traducción más exacta sería “Automatización con toque humano”, es conocido porque lo empezó a introducir Sakichi Toyoda en su telar. Se basa en incorporar al proceso un control de calidad de tal manera que la calidad se produzca y no se controle, de tal manera, que de existir alguna anomalía el proceso se detenga impidiendo que las piezas defectuosas avancen.

Entre medias de los dos pilares se muestra las herramientas para el control y correcto funcionamiento del JIT y Jidoka.

En lo cimientos se pretende que sea la base que sustente todo el sistema, por ello se necesita que los procesos se encuentren estandarizados, nivelación de la producción y dirigido hacia un proceso de mejora continua (**Kaizen**).

Si la organización cumple con todos los requisitos en la cimentación podrá levantar unos sólidos pilares que aguanten el buen tejado que su sistema Lean de otra manera si no se consiguen unas buenas bases sólidas en la cimentación puede derivar en un gasto de recursos altísimo sin llegar a un fin.

#### 2.4. Principios del sistema Lean

Conociendo la estructura básica de funcionamiento de un sistema Lean Manufacturing no es suficiente para entender todos los principios en los que se fundamenta esta filosofía. En este capítulo se enumerarán los principios fundamentales por los que se debe regir cualquier sistema.

- **Minimización de despilfarros.**
- **Calidad óptima a la primera**
- **Kaizen y mejora continua.**
- **Utilización de procesos Pull.**
- **Estrecha relación con los proveedores.**
- **Flexibilidad.**

En los próximos capítulos se explicarán de forma más concisa en que consiste cada de estos conceptos y lo que implican para la organización. Se tratará de explicar cómo estos conceptos están ligados a los principios del sistema Lean.

#### 2.4.1. Minimización de los despilfarros

Primero de todo antes de analizar este concepto me gustaría explicar el significado de valor añadido y despilfarro ya que es una medida de la eficiencia de los procesos y la productividad del sistema.

**Valor añadido:** la acción de transformar un producto, materia prima o servicio con el fin de transformarlo en algo diferente para que el cliente potencial esté dispuesto a pagar. Este concepto será básico a la hora de identificar los costes necesarios o innecesarios del proceso productivo.

**Despilfarro:** todo aquello que no añade valor al producto o que no es parte fundamental a la hora de fabricarlo. Es el concepto opuesto al valor añadido. Cabe destacar que a la hora de la fabricación puede haber productos o procesos que no añadan valor al producto final pero que sean necesarios a la hora del proceso productivo, es decir, toda actividad que aparentemente no tiene ninguna repercusión sobre el producto final deberá ser analizada con el fin de vislumbrar su necesidad para con el proceso productivo.

La forma más habitual a la hora de clasificar los despilfarros son las 7 Mudas (definidas por Taichii Ohno, ilustración 3). Muda es la traducción del desperdicio o despilfarro en japonés. Aunque ha habido numerosas actualizaciones respecto a la primera clasificación empezaré por la primera (ilustración 3) ya que es la base a partir de la cual se desarrollan las demás.



Ilustración 3: Los 7 tipos de desperdicios. Fuente: Gestion y control de calidad leg.Blogspot.com.es. (2016)

Según vemos en la imagen las 7 Mudras principales son:

- **Movimientos:** Todo movimiento de equipamientos y personas de forma que no añadan valor es un desperdicio (incluso caminar innecesariamente). Las causas más comunes de dichos movimientos se deben a la falta de orden, limpieza y organización, un layout (distribución en planta) incorrecto, malos métodos de trabajo y una baja eficiencia de los trabajadores ocasionada por la fatiga y el cansancio acumulado.
- **Inventarios:** esta muda se refiere al almacenamiento de productos terminados y materias primas con el fin de prevenir cualquier tipo de variación en la demanda o infortunio (just in case), pero que puede esconder cosas como la ineficiencia en el proceso productivo. Todo inventario que esté por encima de las necesidades del cliente provoca un impacto negativo en la economía de la empresa y emplea un espacio valioso para la realización de otras actividades. La acumulación de inventarios lleva consigo múltiples consecuencias que afectan a todo el sistema Lean ya que es la muda más importante de todas debido a la gran cantidad de recursos no solo económicos sino también de almacenamiento que acarrea consigo. La acumulación de inventarios puede indicar que el proceso productivo no es continuo pudiendo obviar la existencia de “cuellos de botella” en operaciones críticas. Añadir además que durante el periodo de acumulación de inventarios estos pueden sufrir depreciación, obsolescencia, pérdida, roturas, etc.
- **Esperas:** es el tiempo improductivo durante la realización del proceso productivo. Incluye a esperas por máquina, información, materiales, herramientas, averías... Los “cuellos de botella” son esperas que surgen en el proceso productivo debido a que una etapa va más rápido que la posterior, con lo cual el material llega a la siguiente etapa antes de que se pueda fabricar o procesar. Las principales causas de esta muda podrían ser un mal uso de la automatización del proceso, mala planificación de la producción, largo tiempo de arranque del proceso, mala gestión de las compras, escasa estandarización de los puestos de trabajo, grandes lotes.
- **Defectos:** Los errores de servicio y los defectos de producción pueden ocasionar desperdicios enormes, mano de obra para reprocessar pero sobretodo uno de los mayores puntos negativos que es la insatisfacción del cliente. Es primordial buscar estos defectos y eliminarlos. La baja calidad, mantenimiento mal organizado, falta de control de las operaciones, mal diseño del producto son unas de las principales causas para la aparición de defectos.
- **Sobreproducción:** consta tanto de producir más de lo demandado como de la producción antes de la necesidad real. Supone un gran desperdicio en cuanto a recursos económicos, mano de obra, materias primas que podrían haberse destinado a otros procesos obteniendo un mayor rendimiento. Esto no solo influye sobre el producto terminado, sino también producir sobre el siguiente proceso, más rápido que el siguiente proceso o antes de que lo



necesite el siguiente proceso. La causa más tradicional de esta muda es el **Just in Case**, es decir, producir más de lo necesario “por si acaso”, a esta la acompañan otras como la mala planificación de la producción o una incorrecta planificación.

- **Transporte:** cualquier movimiento innecesario o no optimizado de productos y de materias primas ha de ser reducido o minimizado. Es necesario prever un recorrido eficiente tanto interno de la propia empresa como externo. Este concepto va arraigado a la muda **movimiento** puesto que generalmente se denomina al transporte para referirse a materiales y productos mientras a movimiento va parejo a las personas, pero resulta obvio que pueden entrelazarse. La principal causa de los sobrecostes de transporte suele ser un incorrecto **Layout** o un flujo de producción con continuo.
- **Sobreprocesos:** Hacer un trabajo extra sobre un producto es un desperdicio que debemos eliminar ya que el cliente no está dispuesto e incluso no nota esta acción sobre su producto, es decir, se están aumentando los recursos necesarios para su producción reduciendo el beneficio que la empresa obtiene sobre dicho producto. Es el despilfarro más difícil de detectar ya que incluso hasta el responsable del sobreproceso no sabe lo que está haciendo. Las causas principales de este concepto residen en el desconocimiento de las necesidades del cliente ya que es en ocasiones difícil de descubrir.

Como ya he dicho en la introducción de este capítulo estos son los siete despilfarros que clasifico Taichii Ohno pero actualmente se han añadido varios en los que destaca el **gasto innecesario de energía y desaprovechamiento del talento humano** (se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia del trabajo insitu para eliminar desperdicios y puede deberse a diferentes causas como la insuficiente formación de los trabajadores, salarios bajos, cultura empresarial donde se subestima al operario...)

#### 2.4.2. Calidad perfecta a la primera

“**La calidad no se controla, se fabrica**” Edward S. Deming (Deming, E.S, 2000)

Consiste en la búsqueda de cero defectos, detección y solución del problema en origen. Bajo este lema se consigue no solo que la empresa sea más competitiva en calidad, sino que se reducen costes que podrían estar repercutiendo en el precio final del producto sin añadir valor al cliente.

La muda del sobreproceso, que consiste en eliminar aquellos trabajos extras sobre un producto que no le añaden valor es un desperdicio que se debe eliminar. La consecución de los objetivos sobre esta muda podría suponer un gran aliciente para la organización y provocaría la reducción del gasto que acarrea dicho despilfarro.

Es importante a la hora de analizar un proceso el preguntarnos si es necesario y el por qué de la producción de un producto o productos. Si llegamos una vez realizada la reflexión a una conclusión que nos lleve a la raíz del despilfarro se estará en condiciones

de eliminarla del proceso o procesos. Una de las prácticas más extendidas de este tipo de despilfarros es “hacer algo por si acaso”.

### 2.4.3. Kaizen y mejora continua

Kaizen destaca dentro de los métodos de Gestión de la Calidad Total por su sencillez y sentido práctico. Trata de desarrollar una cultura donde da participación a todos los trabajadores, desde la alta dirección hasta el personal de línea. Fue desarrollado en Japón durante la Segunda Guerra Mundial y consiste en la unión de las palabras japonesas “Kai” y “Zen” (ilustración 4) dando lugar al conjunto que significa “acción del cambio y mejoramiento continuo, gradual y ordenado”.

改善

**Kai = Change Zen = Good**

Ilustración 4: Kaizen. Fuente: OptimaLize (2016).

Se trata de un reto continuo para mejorar los estándares: todo proceso de cambio debe comenzar con una decisión y debe ser progresivo en el tiempo, sin marcha atrás. (Véase tabla 1).

El Kaizen se basa en las técnicas de Control de Calidad diseñadas por Edgard Deming (Ciclo de Deming, ilustración 5), incorporando el mensaje de que no debe pasar un día sin que se haya hecho alguna clase de mejora siendo la complacencia el enemigo número uno del Kaizen

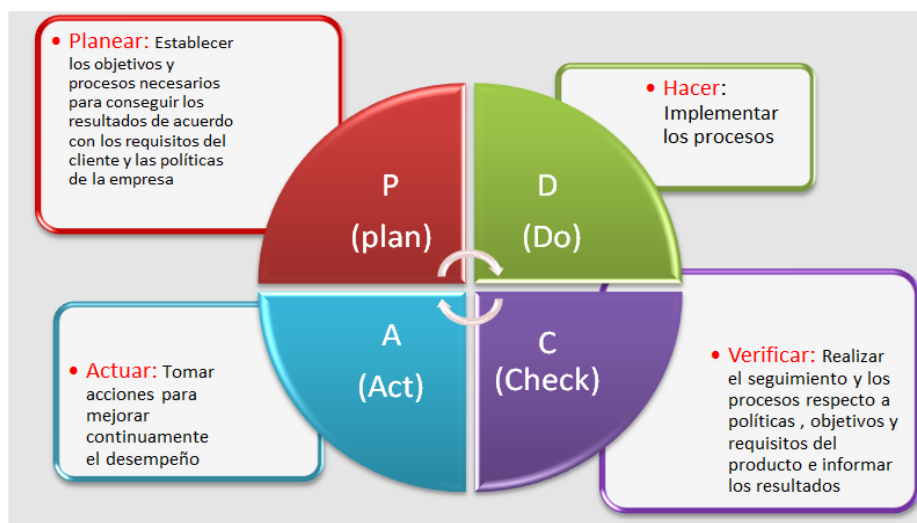


Ilustración 5: Ciclo de Deming. Fuente: Administración de la calidad (2017).

<b>EXCELENCIA EN LAS OPERACIONES. LA MEJORA CONTINUA</b>
<b>Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen</b>
1) Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas
2) En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo
3) Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora
4) No buscar la perfección, marcar objetivos medibles y asumibles
5) Corregir un error inmediatamente e in situ
6) Encontrar las ideas en la dificultad
7) Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución
8) Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola
9) Probar y después validar
10) La mejora es infinita

Tabla 1: Mejora continua. Fuente: Hernandez, J.C y Vizán, A [2013]

#### 2.4.4. Procesos Pull

La entrada en acción del Lean Manufacturing supuso gran cantidad de cambios, pero uno de los más importantes fue el cambio de pasar de un proceso **Push** a uno **Pull**.

La metodología Push era la forma más tradicional de fabricación hasta la entrada del sistema Lean que consiste en seguir produciendo un producto sin importar la necesidad para el siguiente proceso o por el consumo.

La metodología Pull está totalmente enfocada al cliente (tanto interno como externo) siendo este el que decide lo que se fabrica, ya que se va a fabricar en función de su demanda.

Como podemos observar ya se ha detectado un despilfarro, que es la sobreproducción (véase el apartado 2.4.1), ya que estamos generando más de lo que el cliente necesita con todas sus repercusiones sobre el proceso. La utilización de un sistema Pull no va a ayudar a conseguir que la producción sea precisa, en los lotes adecuados, siendo generalmente pequeños por lo que se reduce el stock y desperdicios, siendo todo ello un proceso más sencillo y por lo que podrá ser controlado de una forma mucho más eficaz.

#### 2.4.5. Flexibilidad

En un entorno Lean se podría explicar cómo la capacidad que tiene la organización para adaptarse a las exigencias del cliente de una forma rápida y eficiente. Esto se debe a la gran variabilidad que tiene el mercado y nuestro entorno.

Dicha variabilidad puede atajarse de dos formas, la primera sería asumirla y por lo tanto se debería enfocar el trabajo en reducir los efectos de la misma. La segunda forma consiste en reducir la variabilidad lo que implicaría que poco a poco se fuese más flexible.

Una pronta adaptación al entorno globalizado y de variabilidad de mercado podría suponerle a la empresa una gran ventaja competitiva ya que puede producir una cantidad

variable de productos sin sacrificar la eficiencia debido a una disminución del volumen de producción y por consiguiente, sin generar gran cantidad de inventario.

## 2.5. Principales técnicas

En capítulos anteriores se ha hablado que para el correcto funcionamiento y la implantación de un sistema Lean hay multitud de técnicas a disposición de la organización para llevar a cabo los objetivos marcados y asegurar su cumplimiento.

Se ha decidido clasificar las principales técnicas Lean (tabla 2) del siguiente modo:

<b>PRINCIPALES TÉCNICAS LEAN</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>TÉCNICA</b>
Grupo 1	Aplicables a cualquier casuística de empresa/producto/sector.	5S
		SMED
		Estandarización
		TPM
		Control visual
Grupo 2	Exigen mayor compromiso de todas las personas de la organización.	Jidoka
		Técnicas de calidad
		SSP(Sistemas de participación del personal)
Grupo 3	Más específicas, cambian forma de programar, planificar y controlar.	Heijunka
		Kanban

Tabla 2: Principales técnicas Lean.

Con la puesta en marcha de estas técnicas sería necesario además basarlo en los principios que expusimos en el apartado 2.4, centrándose en la meta principal que sería el cambio de mentalidad teniendo un compromiso a la hora de invertir en su personal y promover la mejora continua o Kaizen. Lo ideal para arraigar el pensamiento que implica esta transformación cultural podría ser empezar marcándonos mini-éxitos de tal manera que planteando pocas técnicas se obtenga. El largo plazo debe de ser un planteamiento principal para que cambie el saber hacer de una empresa.

### 2.5.1. Grupo 1

El primer grupo estaría formado por técnicas “cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier casuística de empresa/producto/sector”. Para cualquier empresa que compita en el mercado actual independientemente de si se quiere implantar o aplicar la sistemática Lean dichas técnicas deberían ser de obligado cumplimiento ya que su enfoque práctico, llegando al sentido común, así lo sugiere.

## DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. LEAN MANUFACTURING

### 2.5.1.1. Las 5S

Esta herramienta es la más básica y fácil ya que se corresponde con la aplicación de principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que de alguna forma, ya formaban parte de los conceptos elementales de organización de los medios de producción. Dicha herramienta no requiere grandes conocimientos y no necesita de inversiones económicas significativas, la mayor inversión es el tiempo, ya que formar a los trabajadores y conseguir el cambio de mentalidad de toda la organización requiere de ello.

El nombre de esta técnica viene del acrónimo de las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen la técnica: **Seiri**(eliminar lo innecesario), **Seiton**(ordenar), **Seiso**(limpiar), **Seiketsu**(estandarizar), **Shitsuke**(crear hábito). (Ilustración 6).

La finalidad es organizar el trabajo de forma que se reduzcan los desperdicios, asegurando en todo momento la seguridad de las zonas de trabajo de forma que estén ordenadas y limpias. Dicha técnica produce resultados tangibles y cuantificables ya que el gran componente visual sirve de gran ayuda.

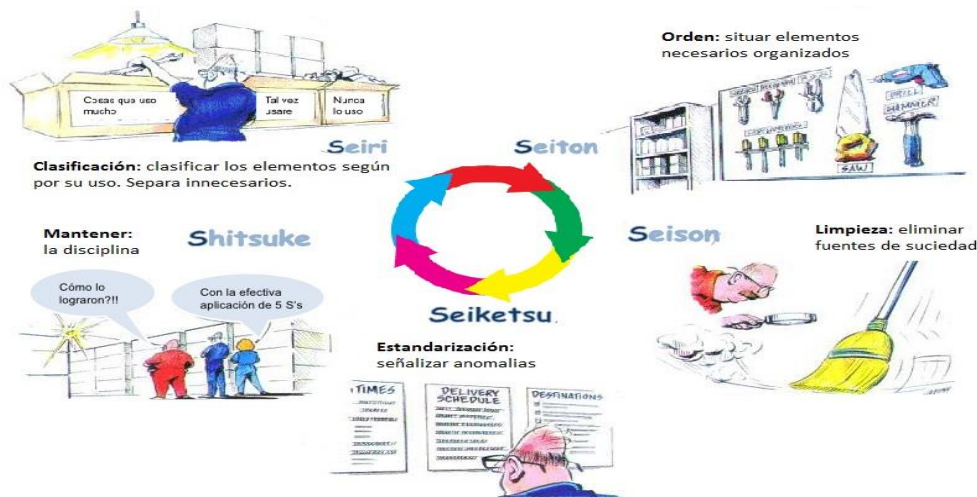


Ilustración 6: Las 5S. Fuente: DOrganizacional en Perú.

#### SEIRI (CLASIFICAR):

Es el primer paso a dar que consiste en eliminar del puesto o área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles, de tal manera, que separemos lo necesario de lo innecesario para así controlar el flujo con el fin de evitar despilfarros, pérdidas de tiempo en buscar cosas, falta de espacio, etc.

#### SEITON (ORDENAR):

Eliminados los elementos innecesarios del puesto de trabajo vamos a ordenarlos conforme a su necesidad, de forma que su localización sea rápida y accesible no solo a la hora de facilitar su búsqueda como del posible retorno.

Como se observa en la ilustración 6, es conveniente que todos los elementos del puesto de trabajo les tengamos identificados con etiquetas de tal manera que no solo sea fácil la identificación de la ubicación por el trabajador sino por cualquier persona.

#### SEISO (LIMPIEZA):

La finalidad de esta herramienta es la de inspeccionar e identificar las fuentes de suciedad y eliminarlas cuando se producen de tal forma que el puesto de trabajo en todo momento sea perfectamente accesible.

Identificar los focos de suciedad puede llevar a la eliminación de numerosos problemas en el proceso productivo, así como problemas de calidad que podrían no detectarse fácilmente por la carencia de ella, por ejemplo, una fuga de aceite del motor.

#### SEIKETSU (ESTANDARIZAR):

Una vez realizados los tres pasos anteriores se deben considerar las metas obtenidas porque sistematizar o estandarizar lo conseguido hace que sus efectos perduren en el largo plazo.

Haber generado y utilizar un estándar propio es la forma más práctica y fácil de trabajar para todo el mundo ya que el gasto en tiempo a la hora de pensar como ejecutar una operación ya no tiene sentido, pero ha de seguirse unos procedimientos a la hora de implantar un estándar:

- Asignar responsabilidades para que los operarios sepan dónde, cómo, cuándo y qué hacer en cada momento.
- Integrar las actividades de las 5S en trabajos regulares.
- Chequear de forma que se evalúe la eficiencia y rigor de la aplicación.

#### SHITSUKE (MANTENER):

El objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Dicho objetivo la convierte en la fase más difícil ya que su correcta aplicación depende en gran medida de como tengamos arraigada en la organización la cultura de las 5S.

#### 2.5.1.2. Reducción de los tiempos de Setup (SMED)

El SMED (Single Minute Exchange of Die) es una herramienta para reducir el tiempo de cambio de utillaje (setup o preparación de los equipos), pero también puede utilizarse, con pequeñas modificaciones, para mejorar cualquier operación. Puede ser considerado un método de mejora continua.

Nace con la finalidad de reducir tanto los tiempos de preparación de la máquina donde se llegaría al ideal de no sustituir la herramienta nunca. Para llegar a este ideal se debe ir reduciendo los **tiempos de preparación** (que es el plazo que pasa desde que sale o termina la última pieza de un lote hasta que se empieza o se obtiene la primera pieza buena del siguiente lote) muy paulatinamente además de conocer en profundidad la

máquina donde se va a llevar a cabo el proceso, los utillajes y herramientas necesarias en dicha operación.

Para poder trabajar en JIT con pocos inventarios es necesario trabajar con lotes pequeños. Para que sea posible es necesario eliminar o disminuir los costos y tiempos de preparación donde las actividades de preparación son un despilfarro.

El procedimiento para conseguir una acción SMED satisfactoria llevará consigo un estudio detallado de tiempos y métodos de las actividades de preparación dividido en 7 fases.

Fase 1: Evaluación de la situación actual y definición de objetivos.

Consistirá en realizar los **5W** o las preguntas clásicas: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Quién? Y sus correspondientes ¿Por qué? Sería conveniente cuantificar el objetivo real para una mejor orientación de los recursos para la consecución de dicho objetivo.

Fase 2: Selección y formación del equipo.

Debe realizarse una selección y formación del equipo que va a participar en el proyecto. El equipo debe de estar formado o si no se ha de incluir personas que conozcan el proceso de fabricación donde se quiere aplicar.

Fase 3: Documentación del procedimiento actual.

Fase 4: Análisis y mejora.

Sera necesario diferenciar claramente dos conceptos clave: la **preparación interna** y la **preparación externa**. Se conoce la preparación interna como aquella actividad que ha de realizarse con la máquina parada (amarrar, posicionar, limpieza) mientras que la preparación externa puede realizarse con la máquina operando (acopiar, buscar, trasladar, limpiar utillaje...).

Los siguientes pasos a realizar son tres, el primero consistirá en realizar una clasificación de las operaciones, el segundo convertirá las operaciones internas o parte de ellas en externas y el tercero intentará mejorar las operaciones reduciendo al mínimo el tiempo de ajuste.

Fase 5: Plan de acción.

Fase 6: Seguimiento del cambio.

Fase 7: Mantenimiento del cambio.

#### 2.5.1.3. Estandarización

Junto con SMED y las 5S supone uno de los cimientos principales del Lean Manufacturing y está muy relacionado con la mejora continua y Kaizen. Una definición que marque todos los aspectos del sistema Lean podría ser “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficientes y fiables de una fábrica las cuales nos proveen de los conocimientos precisos sobre

personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones, e información, con objetos de hacer productos de calidad de modo fiables, seguro, barato y rápidamente”. (Hernández y Vizán, 2013).

La estandarización puede ser la herramienta más eficiente para la comprobación de éxito de un sistema ya que se ha convertido en el punto de la partida y culminación de la mejora continua.

Se podría dividir en tres pasos donde el primero, consiste en definir el estándar de cómo hacer las cosas. El segundo es donde se verifica el efecto de la mejora y se estandariza este nuevo método, siendo el tercer paso, la mejora continua donde se repite este ciclo.

Una estandarización de las operaciones realizadas por cada trabajador dentro de una fábrica podría consistir en:

- La estandarización de operaciones se orienta a utilizar un número mínimo de trabajadores, por lo que, el primer objetivo es alcanzar una alta productividad mediante el trabajo en activo.
- Segundo objetivo es conseguir el equilibrio de la línea entre todos los procesos en términos de tiempo de producción.
- Tercer objetivo sólo la mínima cantidad de trabajo en curso se tomará como cantidad estándar de trabajo en curso.

Así pues, la estandarización de operaciones consta de ciclo de fabricación, ruta estándar de operaciones y cantidad estándar de trabajo en curso.

#### 2.5.1.4. Control visual

La cantidad de información que se maneja diariamente en una organización es elevadísima donde cabe destacar que dicha información suele ser muy específica y está destinada para una pequeña minoría de trabajadores especializados siendo este el enfoque más clásico dentro de una organización. El Lean Manufacturing utiliza el control visual de tal modo que el complejo sistema de conocimiento se convierta en un sistema de gestión simple con información concisa para todos los miembros de la organización. Se pretende dar una vuelta de tuerca a la gestión de la información para que sea accesible a todos los departamentos.

Las técnicas de control visual buscan plasmar la situación del sistema productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. Se pretende hacer un análisis exhaustivo sobre aquella información que ponga en evidencia las pérdidas del sistema y la posibilidad de mejora por lo que tiene un alto valor añadido. En este sentido, esta herramienta Lean se utiliza para “estandarizar la gestión”.

El control visual se define como un estándar que se representa por medio de un elemento tipo gráfico o físico, de color o numérico y muy sencillo tanto de visualizar como de interpretar, aunque se campo de aplicación es amplísimo. La eficiencia del



## DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. LEAN MANUFACTURING

método se basa principalmente en que con un vistazo rápido de cualquier trabajador de la empresa sea capaz de entender e interpretar los resultados y lo que acontece de la misma en un momento determinado.

No todas las organizaciones tendrán el mismo control visual ni todas deberían tener el mismo ya que como se observar en las imágenes (ilustración 7 y 8), existen muchas formas de realizar el control visual.



Ilustración 7: Control visual. Fuente: CNCCookbook!



Ilustración 8: Control visual. Fuente: A Lean Journey.

### 2.5.2. Grupo 2

Dentro de este grupo se encontrarán las técnicas y herramientas que requieren de un mayor compromiso como de un cambio de mentalidad de toda la organización.

- Jidoka.
- Técnicas de calidad.
- SPP. Sistemas de participación del personal.

#### 2.5.2.1. Jidoka

El Jidoka es uno de los pilares fundamentales del TPS (casa del sistema de producción de Toyota), por ello ya hemos hablado en capítulos anteriores respecto a esta técnica (Véase capítulos 2.2 y 2.3).

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
LEAN MANUFACTURING

En este capítulo vamos a explicar ampliamente en que consiste así de sus ventajas para la organización.

Jidoka es un término japonés que significa “automatización con un toque humano” donde no debe ser confundida con automatización. Dicha técnica Lean se basa en incorporar al proceso el control de calidad de forma que la calidad se produzca y no se controle, es decir, busca su propio autocontrol de calidad. Si existe alguna anomalía, el proceso se detendrá impidiendo que las piezas defectuosas avancen y se sigan produciendo. El concepto va a ser dividido en cuatro apartados para su estudio:

- Paradas automáticas: Se instalan dispositivos, sensores, etc. Para detectar problemas y detener las líneas. Aquí se otorga a los trabajadores la autoridad de para la línea de producción o activar los sistemas de alerta, para que acudan en su ayuda para resolver el problema de raíz.
- Sistemas Andon: la palabra “Andon” significa cuerda en japonés, y hace referencia a una cuerda que permite al operario activar el sistema de alerta.

El sistema evidencia los problemas o defectos en el proceso a partir de sistemas de señales visibles y/o audibles que permiten fácilmente identificar la fuente del problema y el tipo (mediante códigos de colores).

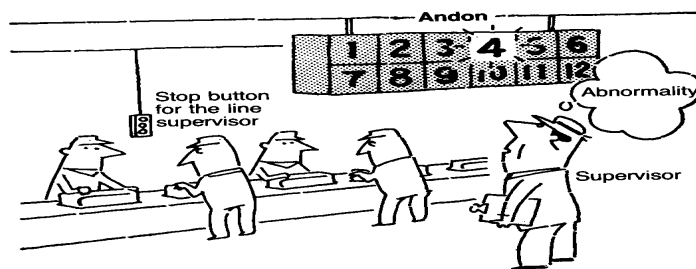


Ilustración 9: Andon. Fuente: Andon Technologies.

- POKA-YOKE: es una expresión japonesa que significa “a prueba de errores”. Es una técnica de calidad que se aplica con el fin de impedir errores en las operaciones de producción.

La idea fue introducida en los 60 por el ingeniero Shigeo Shingo (Toyota). Propuso dos alternativas:

1. **Prevención:** imposibilitar el error. Ejemplo, conectores que solo pueden ser conectados al enchufe adecuado. (Ilustración 10).
2. **Detección:** resaltar el error cometido de tal manera que sea obvio que se ha cometido. (Ilustración 11).

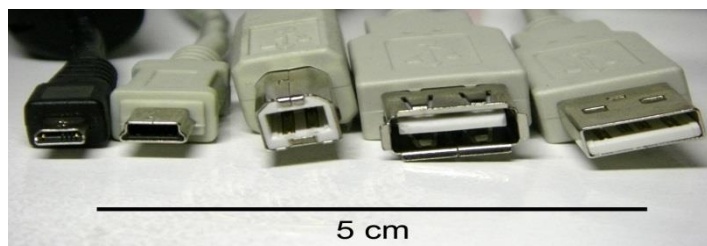


Ilustración 10: Poka Yokes USB. Fuente: Geeks with blogs.

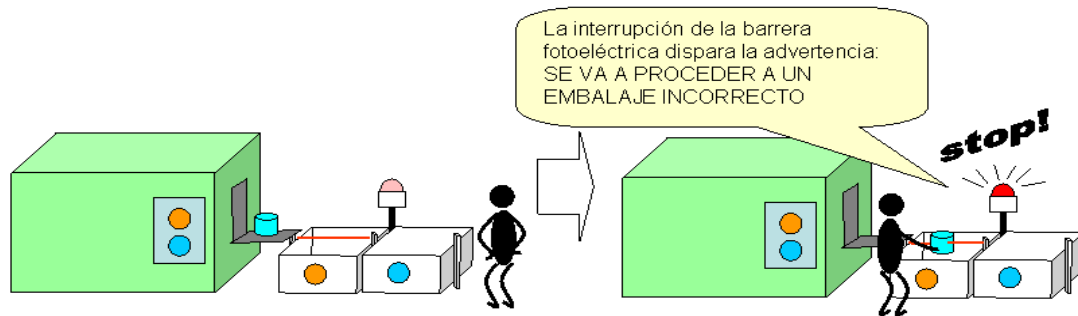


Ilustración 11: Poka Yoke de alarma. Fuente: Giraldo.M.A (2013).

Solución de problemas: Buscar la raíz de problemas y eliminarlos para que no vuelvan a ocurrir. Muchas veces la solución permanente puede ser un sistema POKA-YOKE.

#### 2.5.2.2. Técnicas de calidad

La finalidad de esta serie de técnicas que englobaremos dentro de este capítulo será la de garantizar la calidad del producto, por ello, se eliminarán defectos y operaciones con valor no añadido para conseguir la necesidad del cliente.

“En la carrera por la calidad no hay metas” Robert.L. Kearns (Kearns, 1992).

Como se ha indicado en capítulos anteriores y con ánimo de recordar los objetivos del sistema Lean respecto a la calidad es hacer bien las cosas a la primera y mejorar día a día sin marcarnos límites.

Con el objetivo de dar soporte al operario en la detección de anomalías como en la difusión y solución de problemas los sistemas Lean ofrecen diversas herramientas y técnicas englobadas en **TQM** (Total Quality Management).

#### MATRIZ DE AUTOCALIDAD (MAQ)

La MAQ (tabla 3) es una herramienta que da soporte de calidad a la hora de medir la frecuencia y el lugar donde se generan y detectan los defectos. Su empleo se fundamenta en el registro de los defectos producidos con el objetivo de detectar el lugar donde se producen y que así no sigan escalando en la cadena productiva, es decir, permite comprobar el grado de control autónomo de defectos.

Características:

- Las filas y columnas representan cada una de las fases del proceso productivo.
- Las filas muestran la fase en la que se ha detectado un defecto, las columnas indican la fase que lo ha originado.
- Se incluyen dos columnas destinadas a proveedores, una reservada a los proveedores externos y otra a los internos.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
LEAN MANUFACTURING

De igual modo se incluyen dos filas para los clientes finales, una para los de carácter externo y otra para los clientes internos.

	PROV. EXT.	PROV. INT.	F10	F20	F30	F40	F50	F60	TOTAL. ppm
F10									
F20									
F30									
F40									
F50									
F60									
CLIENTE INT.									
CLIENTE EXT.									
TOTAL ppm									

Tabla 3: Matriz MAQ.

Una vez introducidos los datos en la matriz, se elaborará un plan de acción para corregir cada defecto y si es posible eliminarlos. Por lo tanto, en este proceso están implicados el operario, el supervisor de la línea y el responsable de calidad.

#### CICLO DE DEMING O PDCA

Una de las técnicas más utilizadas a la hora de identificar y corregir errores es el ciclo de Deming, donde ya se mencionó en otros capítulos de este proyecto (véase el capítulo 2.4.3).

El ciclo PDCA es de gran utilidad a la hora de gestionar la calidad basándose en la mejora continua. A la hora de aplicar la metodología podemos ir paso por paso donde empezaremos analizando la situación actual, continuaremos con una planificación y acabaremos con el estudio de la viabilidad. A continuación, seleccionaremos unas líneas o áreas pilotos para la mejora, así como el cumplimiento de los estándares de calidad. Formaremos al personal con el fin de incrementar su motivación y capacitación. Verificaremos la eficiencia de las mejoras y terminaremos el ciclo planificando el trabajo en el resto de líneas o áreas de producción.

#### CERO DEFECTOS

Las técnicas de calidad tienen como objetivo final de todas ellas la obtención de ceros defectos de calidad que englobe a los cinco elementos claves de todo sistema productivo: operarios, materiales, máquinas, métodos e información. El plan de acción que se base en los siguientes puntos sería la idea perfecta para todo sistema. Plan de acción:

- 5S.
- Operaciones estandarizadas (operaciones).
- Flujo de producción (operaciones).

## DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. LEAN MANUFACTURING

- Inspección preventiva (materiales).
- Formación básica (personal).
- Entrenamiento en habilidades múltiples (personal).
- Mecanismos anti-error (máquinas y personas).
- Mantenimiento preventivo (maquinas).
- Control visual (información).

### SEIS SIGMA

Es una iniciativa a realizar a largo plazo, basada en la plena comunicación entre todos los miembros y departamentos con el fin de crear una nueva cultura de organización.

La Seis Sigma no es tanto una herramienta sino una técnica donde se mejora la metodología de los procesos o productos y su principal enemigo a batir es la **variabilidad de los procesos**. Técnicamente, calidad Seis Sigma equivale a un nivel de calidad con menos de 0,0000034 defectos por oportunidad (3,4 defectos por millón de oportunidades, DPMO), entendiéndose como defecto cualquier fallo que en un producto o servicio no logre cumplir con los requisitos del cliente.

#### 2.5.2.3. Sistemas de participación del personal (SPP)

El objetivo consiste en identificar los problemas y oportunidades de mejorar para plantear e implantar acciones que permitan su resolución de tal manera que sean una pieza más de todo el proceso de mejora continua. El trabajador es el que mejor conoce su puesto de trabajo y el primero en ver los problemas que le puedan surgir en el transcurso de las horas en las que desarrolla su labor. Aprovechar estos conocimientos del trabajador es un pilar básico a la hora de buscar e identificar posibles fallos de ahí que los sistemas de participación de personal (SPP) busquen aprovechar la muda del **Talento Desaprovechado**.

Conseguir la colaboración e implicación de los empleados nunca ha resultado ser una labor sencilla, aunque a priori parezca que es una misión fácil ya que no solo aporta grandes beneficios a la empresa, sino que puede repercutir sus mejoras en su salario. Tradicionalmente se apelaba a la poca importancia del trabajador dentro del sistema ya que la mayoría de las funciones que desempeñaban eran trabajos repetitivos donde era casi imposible que estos propusiesen o hablasen con sus superiores para proponerles mejoras.

Para conseguir que los sistemas SPP funcionen y que el trabajador se involucre es necesario que las condiciones de trabajo sean seguras y confortables para que inviten al trabajador a emprender un camino de mejora, ofrecerle al trabajador formación extra no solo es un beneficio para la organización ya que se puede ayudar en un futuro sino para la satisfacción personal del mismo. Conseguir que la comunicación entre las distintas jerarquías de la organización sea fluida y sin miedos, así como fomentar la implicación de todo el personal son las dos grandes premisas para el correcto funcionamiento de los sistemas SPP.

Dentro del sistema Lean, los sistemas de participación de personal más utilizados son: Sistemas de sugerencia y Grupos de mejora.

### SISTEMAS DE SUGERENCIAS

Dirigidos a aprovechar todo el potencial individual mediante la canalización de sus sugerencias. Se considerará sugerencia a toda idea que suponga una modificación, simplificación o mejora de los métodos de trabajo.

Toda sugerencia debe incluir una situación “previa” y una situación propuesta “posterior” de modo que no se permitiría la sugerencia de propuestas idealistas.

### GRUPOS DE MEJORA

En un entorno Lean, los grupos de mejora se encargan de implantar, mejorar y mantener los proyectos del sistema. La forma más común de organización de los equipos se divide en:

- Equipos Kaizen o de mejora: equipos formados entre seis a ocho miembros que abordan la resolución de problemas específicos, el despliegue de nuevas técnicas Lean y la eliminación de los desperdicios.
- Grupos autónomos de producción (GAP): son decisivos a la hora de pilotar la implantación inicial de las técnicas Lean en un área determinada de la fábrica. Su trabajo consiste en organizar el trabajo orientado a los procesos en un área determinada persiguiendo en todo momento la mejora continua.

Los dos grupos de trabajo se caracterizan por:

- Disponer de estructuras definidas de soporte operativo.
- Utilizan la gestión visual como soporte al sistema.
- Pertenecen a una estructura perfectamente jerarquizada dejando claras las reglas de comunicación y gestión.

#### 2.5.3. Grupo 3

En este grupo se tratarán técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística. Véase el apartado 2.5.

Como la gran mayoría de todas las técnicas que se han analizado, las técnicas que se van a desarrollar en este apartado tiene su origen y principal desarrollo en Japón y más específicamente en Toyota. La relativa facilidad con la que se aplicaron y tuvieron éxito en Toyota las hizo que rápidamente fuesen aplicables a todo el sector automovilístico. Las técnicas pertenecientes a este grupo son las principales del Just in Time (JIT) ya se busca producir lo que se necesita en el momento oportuno. Todas estas técnicas no solo se aplican en la actualidad al sector de la automoción, sino que se han ido desarrollando y ampliando para muchos más campos y sectores variados.

Las dos principales técnicas de este grupo son el **Heijunka** y el **Kanban**.

#### 2.5.3.1. Heijunka

Heijunka es una palabra japonesa que designa el aislamiento del programa de producción mediante el control del volumen y mix de productos fabricados durante un tiempo dado. Esta herramienta no sería aplicable si hay poca o nula variación de tipos de producto.

Su descomposición en sílabas sería algo como:

- **HEI:** plano.
- **JUN:** nivel.
- **KA:** transformación.

El Heijunka permite amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, en pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea de producción. Al fabricar varios modelos en la misma línea se compensan las variaciones de demanda de unos modelos con otros (la demanda total es más uniforme que la de cada modelo por separado).

La gestión del Heijunka se basa en un conocimiento alto de la demanda de los clientes y los efectos que dicha demanda tiene sobre los procesos, por lo que se requiere una atención sobre los principios de estabilización y estandarización.

Se van a considerar dos sucesos, el primero donde se va a considerar un periodo grande de tiempo donde los pedidos de los clientes son relativamente constantes. En este caso, es en el propio proceso donde se van a producir las variaciones como pueden ser incidentes, tamaños de lotes, la planificación. En el segundo caso los pedidos de los clientes son impredecibles ya que el periodo de tiempo considerado es pequeño. Aquí el tamaño unitario de lote es aplicado, donde las empresas intentan ajustar instantáneamente la demanda soportando todas las variaciones de los pedidos.

Las técnicas Lean que nos van a asegurar un flujo constante, al ritmo adecuado y con un trabajo estandarizado que son las bases para una buena aplicación del Heijunka son:

- Células de trabajo.
- Flujo continuo pieza a pieza.
- Producción respecto a Takt time.
- Nivelar la producción.

### CÉLULAS DE TRABAJO

La implantación de un Sistema Lean requiere para su puesta marcha haber realizado en sus primeros pasos la creación de flujo en la planta, lo que lleva a un layout orientado al producto.

La distribución de las estaciones de trabajo va a consistir en situarlas una al lado de la otra siguiendo las fases del proceso productivo y el producto avanza conforme se van realizando las operaciones correspondientes.

Shojinka es un término japonés que significa la alteración (aumento o disminución) del número de trabajadores en una sección cuando cambia a su vez la demanda (por incremento o disminución). Cobra especial relevancia, cuando el número de trabajadores debe reducirse por una disminución de la demanda.

Para facilitar el Shojinka hay que conseguir:

- Diseño apropiado del layout o distribución en planta: el diseño que mejor cumple los requerimientos del sistema Lean es la “célula flexible” y que físicamente adopta la forma de “U”. Esta es la forma que permite que el tipo de tareas a realizar por cada operario pueda aumentarse o disminuirse muy fácilmente.
- Personas versátiles y bien entrenadas, es decir trabajadores polivalentes.

Las principales ventajas de la distribución en forma de U:

- **Reducción de distancias** entre máquinas.
- Existencia de buenas condiciones para las **relaciones humanas**.
- **Disminución de los tiempos de preparación y de fabricación** (una misma célula engloba varias etapas del proceso productivo).
- Se facilita la supervisión y el **control visual**.
- Reducción del movimiento o manejo de los materiales a través de la planta. **Se reduce el material en curso.**

#### FLUJO CONTINUO PIEZA A PIEZA

El flujo continuo se puede resumir en. “mover uno, producir uno” o “mover un pequeño lote, para fabricar un pequeño lote”. Esto es la base de los sistemas Pull que ya hemos visto en capítulos anteriores (véase el apartado 2.4.4 Procesos Pull) y que en un futuro durante el proceso de realización de la actividad veremos u profundizaremos en el concepto en detalle.

En los procesos continuos como su propio nombre indica la pieza nunca se detiene, por lo que el flujo se debe mantener constante durante todo el proceso de fabricación siendo el cliente, tanto interno como externo, el que mande en la demanda.

Para hacer que el flujo sea fluido es necesario que se completen tres niveles:

1. Flujo de información normalizado para la toma de decisiones: nivelación de la producción, tarjetas Kanban de necesidad e material, seguimiento diario en busca de desviaciones y problemas.



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
LEAN MANUFACTURING

2. Flujo de materiales: organización multiproceso, entregas frecuentes, maquinaria necesaria para el flujo de proceso y flujo Pull en todos los procesos.
3. Flujo de operarios. La flexibilidad se puede ganar vía formación de los operarios y una correcta asignación para aumentar la flexibilidad y eficiencia.

Las principales ventajas del flujo continuo:

- Reducción de stock, lo que genera menos desperdicios.
- Plazos de entrega más cortos.
- Aumento de la productividad.
- Detección instantánea de defectos llegando a la raíz de los mismos.
- Reducción de los plazos de entrega.

### PRODUCIR RESPECTO AL TAKT TIME

Se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas. El término Takt en alemán significa “compás” y se podría calcular como:

$$Takt\ Time = \frac{tiempo\ operativo\ por\ periodo\ (seg)}{demanda\ del\ cliente\ por\ periodo\ (uds)}$$

“Conociendo el Takt time con antelación, los responsables de cada departamento pueden preparar sus instalaciones, materiales y personal de forma que estén perfectamente preparados y organizados para esa demanda, lo que provocará que se pueda llevar a cabo esa fabricación empleando el menor número de recursos productivos.” [Palao, F. [2012]].

### NIVELAR EL MIX Y EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

La programación de grandes series o lotes en los procesos finales de montaje o procesos reguladores evita realizar muchos cambios, pero esto crea serios problemas en el resto del flujo de valor como la generación de volúmenes de stocks de productos terminados para satisfacer la demanda del cliente provocando una mayor inversión económica no solo por el aumento de los recursos en su fabricación como en el almacenamiento.

Fabricando lotes grandes no cumpliremos con técnicas esenciales del Lean como JIT, sistemas PULL, minimización de desperdicios, etc.

El SMED es esencial a la hora de dar una solución Lean frente al problema de producción de grandes lotes ya que si queremos trabajar en un proceso donde nivelemos el mix de producción o lo que es lo mismo, trabajar produciendo pequeños lotes e incrementar el número de cambios.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
LEAN MANUFACTURING

Nivelando la producción no solo se van a evitar los picos de producción que no son nada aconsejables, sino que al conseguir una producción más estable se van a obtener beneficios, los cuales ya hemos citado anteriormente.

### 2.5.3.2. Kanban

El Kanban es un sistema de información basado en tarjetas que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo, en cada uno de los procesos que tiene lugar tanto en el interior de la fábrica, como entre distintas empresas. Es una de las principales herramientas a la hora de asegurar una alta calidad y la cantidad justa.

Antes de empezar en explicar en qué procesos forman el sistema Kanban, se van a explicar los elementos que forman parte de él. Dichos elementos son:

#### TARJETAS

Las tarjetas actúan de testigo del proceso de producción. Se pegan en los contenedores de materiales y se despegan cuando los contenedores son utilizados, para asegurar la reposición de dichos materiales. Existen diferentes tipos de tarjetas Kanban (ilustración 12):

- Kanban de fabricación: se desplazan dentro del mismo centro de trabajo como órdenes de producción. La información que contiene es la siguiente:
  1. Centro de trabajo.
  2. Item a fabricar.
  3. Número de piezas por contenedor.
  4. Punto de almacenamiento de salida.
  5. Identificación y punto de recogida de los componentes necesarios.

<i>Proceso anterior:</i>	Pulido de rebaba
<i>Proceso posterior:</i>	Ensamble de suela y capellada
<i>Contenedor:</i>	Almacén proceso 2
<i>Referencia:</i>	F-026-39
<i>Nombre de la pieza:</i>	Suelas de EVA
<i>Tipo de calzado:</i>	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
<i>Capacidad del contenedor</i>	<i>Tipo de contenedor</i>
40 unidades	A

Ilustración 12: Tarjeta Kanban. Fuente: Ingeniero Industrial (2016).

- Kanban de movimiento: transmiten de un centro de trabajo a su predecesor las necesidades de material. Contienen la información de:
  1. Ítem transportado.
  2. Número de piezas por contenedor.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
LEAN MANUFACTURING

3. Número de orden de la tarjeta.
  4. Número de órdenes por pedido.
  5. Centro de trabajo de predecesor y sucesor.
- Kanban de proveedores: relaciona el centro de recepción de materia prima R, con el centro de fabricación F.

### CONTENEDORES

Recipientes para almacenar y transportar los ítems fabricados. Dichos contenedores suelen tener un lugar indicado y visible donde poner los kanban.

### TRANSPORTADORES

Carros, carretillas o cualquier otro medio para mover los contenedores de unos centros de trabajo a otros.

### BUZONES

Casilleros, paneles o cualquier otro lugar donde se colocan los Kanban pendientes de ejecutar.

El sistema se basa en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y estos proceden a producir solamente las piezas que se han retirado, produciéndose una sincronización entre el flujo de entrada de materiales por parte del proveedor, con los puestos de trabajo terminando con la línea de montaje final.

El proceso queda perfectamente resumido en la ilustración 13 que se muestra a continuación.

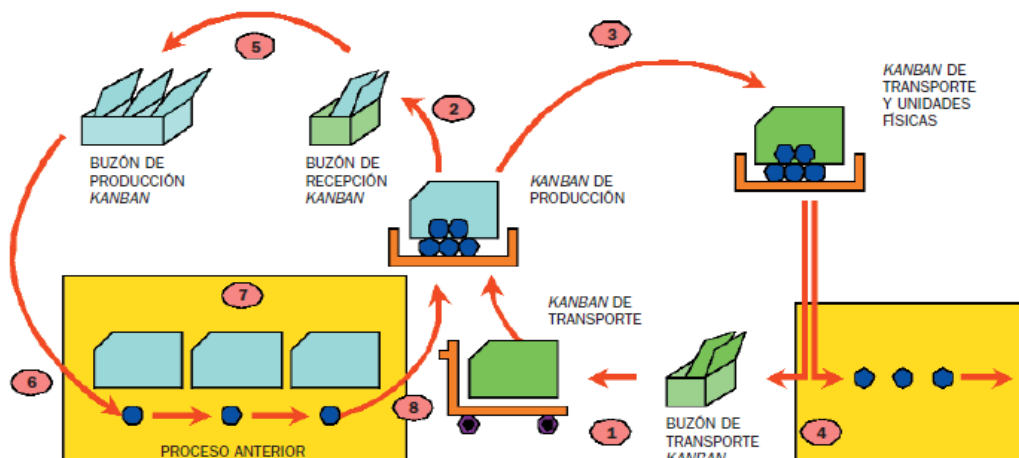


Ilustración 13: Kanban. Fuente: Hernandez, J.C y Vizán, A (2013).

### 3. APRENDER JUGANDO

Actualmente estamos viviendo un periodo de desarrollo de nuevas técnicas educativas ya que durante los últimos años se está tratando de dar otro enfoque a la forma de enseñanza de una más teórica a una más participativa y práctica donde sea el alumno una parte fundamental del sistema y se involucre en el proceso educativo.

Durante el capítulo se van a desarrollar técnicas educativas que se basen en la ayuda de una “juego” para el aprendizaje. Dos de las principales tendencias son: gamificación y juegos didácticos. Dichas tendencias no son novedosas ya que se han utilizado desde hace años, pero se están extendiendo debido al nuevo enfoque que se quiere dar a la enseñanza. En el caso de “gamificación” está unida al concepto de “aprender jugando” pero se ha de informar que el fin último no tiene porqué ser educativo necesariamente y exclusivamente.

“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 entorno 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”. (Marín, I y Hierro, E. 2013).

También en este capítulo se hablará de “Learning by doing” ya que es de importancia en este proyecto y su vínculo con los conceptos anteriores.

#### 3.1. Juegos didácticos

Debido a que el objetivo de este proyecto es desarrollar un juego didáctico para el aprendizaje, asimilación y optimización de diversos conceptos pertenecientes a la metodología y filosofía Lean Manufacturing (véanse capítulos 2.4 y 2.5), resulta imprescindible desarrollar este capítulo para saber que es un juego didáctico, sus características y los beneficios del mismo.

##### 3.1.1. ¿Qué es un juego didáctico?

La RAE define como juego:

-Acción y efecto de jugar.

-Ejercicio recreativo o de competición sometido a reglas, y en el cual se gana o se pierde.

Se han seleccionado estas dos definiciones ya que la palabra juego en la lengua española tiene muchas variantes dependiendo de autores incluso como es muy habitual en su uso tiene muchas derivantes y la sencillez de estas definiciones. Cabe destacar que las acepciones no correspondientes al contexto del proyecto han quedado excluidas.

Se define Didáctico/a:

- Adj. Pertenciente o relativo a la enseñanza.
- Adj. Propio, adecuado para enseñar o instruir.
- Adj. Pertenciente o relativo a la didáctica.
- F. arte de enseñar.

Un juego dinámico se definiría como un ejercicio cuyo fin es el aprendizaje o la enseñanza de los jugadores que participan mediante una práctica o desarrollo de la actividad totalmente recreativa e interactiva.

### 3.1.2. El juego didáctico

Desde la antigua Grecia, grandes pensadores como Aristóteles hablaban de la importancia del aprendizaje por medio de juego y animaban a los padres a proporcionar juguetes a sus hijos, había quien creía que por medio de los juguetes se desarrollaban las condiciones más elementales para el desarrollo de la mente e involucraba a los niños en futuras actividades que harían como adultos.

Es común en la sociedad actual que un niño sea instruido a través de juegos dinámicos para el desarrollo y conocimiento de principios básicos desde muy temprana edad (ilustración 14), estos ejercicios pueden ser de diferentes tipos y sobre todo están muy especificados en adquirir un tipo de conocimiento como pueden ser números, colores, formas, letras, psicomotricidad. Es una realidad que a medida que crece el niño la dificultad del juego crece casi de forma exponencial no solo por la dificultad del juego sino por los conocimientos que se quieren enseñar a través del mismo.



Ilustración 14: Juego Alfabético niños. Fuente: internet.

El medio didáctico por el que se desarrolla el juego no tiene porqué ser tangible físicamente lo importante es la eficacia para su finalidad educativa como pueden ser las canciones infantiles, por ejemplo, es habitual en los primeros años de docencia de inglés que el profesor te ponga la canción “Head, shoulder, knees and toes” mientras intentas señalarlos al ritmo de la canción. Cabe destacar que no todos los juegos ni canciones tiene

porque tener un fin didáctico pueden ser única y exclusivamente dirigidos al entretenimiento tiene que existir en ellos un fin didáctico claro y marcado.

Actualmente con el desarrollo y aumento del uso de las nuevas tecnologías donde en los últimos veinte años han crecido de forma exponencial y gracias a la fácil asimilación y manejo por parte de los niños en edades cada vez más tempranas se pueden encontrar multitud de juegos didácticos para todas las edades. Dichos juegos son cada vez más habituales de practicar en el sistema educativo, por ejemplo, en la educación primaria es habitual a la hora de enseñar vocabulario el uso del juego “del ahorcado”.

Conforme los niños suelen ir creciendo existe la tendencia de disminuir paulatinamente la presencia de esto juegos dando paso a fomentar más la vertiente lúdica del mismo ya que conforme se avanza en el nivel educativo la existencia de juegos tienden a disminuir debido a la poca conciencia de participación que se fomenta en el aula.

La gran ventaja del uso de estos juegos en la enseñanza es que provoca en el alumno una mayor predisposición a la hora de recibir conocimientos ya que afronta este aprendizaje de una forma recreativa y no por medio de la clase magistral tradicional. esta clase de juegos despierta el interés también por materias que desconocían y les ayuda a memorizar y ser constantes para lograr el éxito. A medida que aumenta la edad estos juegos didácticos pueden ir derivando en otras formas de aprendizaje como pueden ser los debates, foros, consultas, donde es posible combinarlos con otras actividades.

### 3.1.3. Características de los juegos didácticos

La realización y funcionamiento de un juego didáctico requiere de una serie de características necesarias para alcanzar su finalidad. No solo es necesario e imprescindible que el juego tenga que enseñar, sino que es básico que los jugadores se impliquen en el desarrollo del mismo. Para ello se ha buscado diferentes consultas en diferentes páginas web acerca del tema, obteniendo:

-**La participación** es básica para el desarrollo de la actividad lúdica. El estudiante es parte fundamental en la aplicación del juego.

-**Didáctico**, es decir, el objetivo es enseñar al jugador un conocimiento, habilidad o prácticas.

- **Reglas y limitaciones**, deben de ser claras y estar estipuladas previo inicio del juego además de ser conocidas por todos los participantes para que no sea solo el guía del juego el que pueda detectar posibles fallos o irregularidades. El cumplimiento de las reglas hará que el juego sea más dinámico y siguiendo el diseño del mismo.

-**El dinamismo**, es la influencia del tiempo en el juego. Al tener un principio y un final, el tiempo en el juego tiene el mismo significado que en la vida.

-**Edad específica**, es una de las características más influyentes por parte de ciertos autores a la hora de catalogar un juego siendo la más común la división en niños, jóvenes y adultos. Es fundamental una buena estipulación de las franjas a las que está orientado el juego, ya que el objetivo didáctico del juego puede verse alterado incluso imposible de ser conseguido. Un ejemplo claro sería aquel en el que un adulto jugase a un juego para

una franja de edad inferior a la estipulada, por lo que, el ya conocería el conocimiento que se intenta adquirir con el juego por lo que su capacidad de atención se vería reducida drásticamente e incluso si no conociese el conocimiento los medios por lo que se desarrolla el juego le podría resultar aburridos viendo reducida su capacidad de aprendizaje.

-**Número de jugadores**, Debe de estar fijado de antemano y en el caso de que el juego admitiese variantes según el número de participantes es obligatorio que dichas variaciones sean conocidas y se encuentren redactadas en algún lugar. Resulta obvio que, si un juego está destinado a un número fijo de jugadores y se aumenta, la capacidad de atención de los jugadores se traduciría en una falta de interés ya que se recortan sus objetivos, además puede influir en una disminución de la diversión del propio juego debido a un posible aumento de las ralentizaciones y problemas de organización.

-**Diversión**, ocurre de forma similar con las diferentes modalidades de juegos, que si resulta que el jugador se aburre con el desarrollo del juego es probable que desista o que disminuya su atención. En el caso específico de los didácticos esto provocaría que no se asimilasen todos los conocimientos.

-**La competencia**, El valor didáctico es importante ya que sin competencia no hay juego, ya que está incita a la actividad independiente dinámica y moviliza todo el potencial intelectual del jugador.

Cabe destacar que durante la fase de diseño del juego didáctico donde se intenta que reúna las características anteriormente citadas es fundamental realizarse una serie de preguntas, como pueden ser:

- ¿**Qué** se pretende enseñar con el juego?
- ¿**Cómo** se va a desarrollar el proceso de aprendizaje?
- ¿**Cantidad** de recursos necesarios?
- ¿**Para qué** sirve?
- ¿**Cuándo** se va a desarrollar el aprendizaje?
- ¿**Dónde** se va a realizar el juego?
- ¿**Por qué** ese aprendizaje?

Véase que dichas preguntas guardan una gran similitud con las técnicas empleadas en el Lean Manufacturing, en especial con las 5W (véase capítulo 2.5.1.2 y en general con el capítulo 2).

#### 3.1.4. Clasificación

Se va a mostrar una clasificación en este apartado que es la más nítida y que mejor se amolda a nuestro contexto en este proyecto. Se ha de remarca que como sucede en el apartado 3.2.1 con la definición del juego didáctico, ahora a la hora de ver características pertenecientes a diferentes autores hay gran cantidad de las mismas ya que hay muchos factores que influyen en dicha clasificación como la época en la que se realizó la definición, la profesión o incluso a que didáctica donde son influyentes las preferencias del autor.

CLASIFICACIÓN DE LOS JUEGOS DIDÁCTICOS	
Características a tener en cuenta	Clasificación
Cultura	Tradicionales
	Adaptados
Número de jugadores	Individual
	Colectivo
Director de juego	Dirigidos
	Libres
Edad	Niños
	Jóvenes
	Adultos
Discriminación de formas	De engranaje
	Rompecabezas
Probabilidades para ganar	Azar
	Razonamiento lógico

Tabla 4: Clasificación de los juegos didácticos. Fuente: Yvern, A [1998].

Como se ha comentado anteriormente no existe una estandarización entre los diferentes autores se ha decidido la anterior clasificación que fue dada por YVERN. A. en 1998 (¿A que jugamos? Buenos Aires. Bonum.) (Tabla 4). Dicha clasificación resulta de enorme utilidad a la hora de clasificar un juego didáctico como cualquier otro tipo de juego.

Otra clasificación muy extendida en aquellos juegos cuyo fin último sea la didáctica. Con esta clasificación lo que pretende el autor es dar una definición de cualquier juego con estas tres categorías, pero eso no quiere decir que un único juego ha de pertenecer única y exclusivamente a una de ellas. La clasificación propuesta [Ortiz, 2009]:

- Juegos para la consolidación de conocimientos.
- Juegos para el fortalecimiento de los valores de competencia ciudadana.
- Juegos para el desarrollo de habilidades.

### 3.2. Gamificación

Gamificación o también conocida como ludificación, es el empleo de mecánicas, dinámicas y elementos de juegos tradicionales en aplicaciones y entornos no lúdicos con el fin de potenciar la motivación, la concentración, la fidelización y los valores más positivos a todos los juegos es además una buena estrategia a la hora de motivar e involucrar a grupos de personas en la realización de un aprendizaje. Es también el proceso de cambio de una actividad monótona y teórica en otra que con algún aliciente involucre a los participantes en ella.

Es importante hablar de esta herramienta, que se empezó a comentar y referenciar aproximadamente por 2008 lo cual indica que es bastante reciente, ya que con el auge actual que tienen las tecnologías en todos los ámbitos de la vida ambos conceptos (gamificación y ludificación) están muy relacionados con ella y se sustenta mucho en ella para su desarrollo.

Como la propia raíz “ludo” indica, se ha incluido elementos lúdicos en este juego, cosa que no tiene porqué compartir el mismo fin que los juegos didácticos ya que estos se



basan en un juego para alcanzar un fin claro que es el aprendizaje por medio de él. En los juegos lúdicos se busca que este carácter lúdico aporte a la actividad lograr metas diferentes como pueden ser la motivación de las personas involucradas, la fidelización de clientes, mayor participación en la actividad, recompensas. En nuestra vida cotidiana incluso diaria es muy usual ser partícipe de forma voluntaria o involuntaria en campañas comerciales e incluso estrategias comerciales. Uno de estos ejemplos es el uso de descuentos por parte de los grandes supermercados a la hora de regalar puntos o descuentos cuanto mayor sea el importe de la compra y uso de la tarjeta o las bonificaciones en forma de ahorro que se van obteniendo conforme se aumenta el importe de la factura o el tiempo de pertenencia por parte de las empresas telefónicas.

El desarrollo de las tecnologías como se ha mencionado anteriormente ha sido un gran trampolín a la hora del desarrollo de esta técnica e incluso gran parte de las mayores plataformas de redes sociales se basan en estrategias como esta para seguir atrayendo usuarios. Es una ley básica de la mayoría de los foros que la forma de ir escalando en relevancia dentro de él sea por medio de ir aumentando el número de participaciones ya sea por medio de comentarios, agregando archivos, generando post nuevos. Por volver a las redes sociales, a quien no se le han aplicado ventajas especiales durante un periodo de tiempo por agregar o invitar a una persona a una red social y que está se registrase. Con esta clase de estrategias se fomenta la competitividad entre usuarios, la fidelización de los mismos y la generación de suculentos beneficios por parte de las empresas desarrolladoras ya que con un coste mínimo están atrayendo a gran cantidad de clientes los cuales, no son conscientes en la mayoría de los casos de la dependencia que generan estos premios ni del trasfondo que hay detrás de los mismos. Es tan sencillo como hacer un “click” para caer en las garras de dichas campañas.

En la mayoría de los casos estos procesos de gamificación suponen una incitación al consumo, por ejemplo la mayoría de las casas de apuestas utilizan en numerosas ocasiones por eventos puntuales como puede ser por el inicio de las grandes ligas europeas de fútbol en agosto o por eventos especiales como grandes festivales de caballos a las cuales hay dos métodos claros el primero sería que jugando a un simulador de resultados se acertase un resultado de los numerosos partidos para así conseguir una cantidad de dinero virtual que se cambiaría por dinero real una vez registrado en la casa de apuestas, otro método sería la obtención del doble de la cantidad realizada en la primera apuesta acertada e incluso algunas reintegran el dinero en caso de fallar. Es decir, con esto se pretende la adquisición de nuevos clientes que inicialmente no estaban interesados y que seguían el fútbol por entretenimiento a creer que jugando a ese sencillo juego como es acertar un resultado ser capaces de ganar dinero.

Los ejemplos anteriores llevan a la conclusión que juego didáctico y gamificación no tienen por qué ir unidos pues como se puede ver en los ejemplos existe gamificación pero o finalidad didáctica. Estos conceptos van unidos en muchos juegos con fin didáctico ya que se pretende enseñar de la forma más amena y buscando la mayor participación posible por parte del jugador.

### 3.2.1. La gamificación en la educación

Aunque hayamos comentado que el término gamificación es relativamente nuevo y que cada vez ganando terreno en más facetas de la enseñanza a técnicas tradicionales no podemos dejar pasar el hecho de que siempre ha estado un poco presente esta técnica ya que por ejemplo es algo habitual en ciertas aulas que el alumno pueda conseguir puntos positivos por un buen comportamiento en el aula o por participar en el momento oportuno a una duda presentada a la clase. Cabe subrayar que estos ejemplos son un claro tipo de gamificación pero se ha de caer en la cuenta que el docente en la mayoría de los casos no conocía o conoce el concepto sino que lo hace para fomentar la participación y el aprendizaje que este método consigue en los alumnos.



Ilustración 15: Pilares Gamificación. Fuente: Gaitán, V(2013)

Como podemos observar en la ilustración 15, estos son los cuatro pilares en los que se sustenta la gamificación, y por lo que funciona bien, ya que el alumno participa activamente debido a que por medio del juego se obtiene una recompensa que hace que el proceso de aprendizaje no se asuma como algo aburrido sino como un medio para obtener un beneficio.

El modelo de juego realmente funciona porque consigue motivar a los alumnos, desarrollando un mayor compromiso de las personas, e incentivando el ánimo de superación. Se utiliza una serie de técnicas mecánicas para recompensar a los alumnos en función de los objetivos que se vayan alcanzando, se van a enumerar algunas técnicas:

- **Acumulación de puntos:** se asigna un valor cuantitativo a determinadas acciones y se van acumulando a medida que se realizan.
- **Escalado de niveles:** se definen una serie de niveles que el usuario debe ir superando para llegar al siguiente.
- **Obtención de permios:** a medida que se consiguen diferentes objetivos se van entregando premios a modo de “colección”.
- **Regalos:** bienes que se dan al jugador o jugadores de forma gratuita al conseguir un objetivo.

- **Clasificaciones:** clasificar a los usuarios en función de puntos u objetivos logrados, destacando los mejores en una lista o ranking.
- **Desafíos:** competiciones entre usuarios, el mejor obtiene los puntos o el premio.
- **Misiones o retos:** conseguir resolverlo o superar un reto u objetivo planteado, ya sea solo o en equipo.

### 3.3. Aprender haciendo o Learn By Doing

Este método se basa en intentar que el aprendizaje se asemeje lo máximo posible a cómo sería dicho aprendizaje si se realizase de una forma natural por medio de la realización de acciones, prueba y error o razonando acerca de cómo solucionar los problemas.

Con esta técnica de aprendizaje se pretende que el alumno sea más importante y por lo tanto para su correcto desarrollo depende más de él que del docente. El papel del docente aquí se debe basar a un facilitador el desarrollo de destrezas y habilidades como por ejemplo la toma de decisiones. El docente para conseguir el éxito de esta técnica tiene que fomentar situaciones donde se les motive a investigar para después aprender y participar. Para fomentar la participación de los alumnos se deben emplear diferentes elementos tales como juegos didácticos, de rol, textos, medios audiovisuales para que los alumnos puedan ponerse a prueba.

El ejemplo más recurrido por esta técnica es el de aprender a montar en bicicleta donde no se aprende estudiando el tema o recibiendo lecciones visuales, para aprender hay que probar, caerse, levantarse y volver a intentarlo ya que se tiene que acostumbrar uno y acostumbrar al cuerpo.



Ilustración 16: Cono del aprendizaje de Edgar Dale. Fuente: Innocreativity (2011)

La pirámide de la ilustración 16 fue desarrollada por Edgar Dale, famoso pedagogo norteamericano y docente en la Universidad de Ohio State, el cual se dedicó la mayor parte de su tiempo al estudio del proceso de aprendizaje, realizando numerosas investigaciones sobre diferentes procesos cognitivos de comprensión y retención, en busca de la eterna pregunta: ¿Cómo aprendemos?

Con el gráfico se pretende diferenciar las dos formas de alumno pasivo y activo en función de cómo se esté involucrando en el aprendizaje. Con la realización de la imagen se pretendía que fuese un ejemplo pragmático, ya que con un vistazo rápido se puede llegar a la conclusión inequívoca de que aprendemos más y mejor las cosas que requieren de nuestra implicación directa.

Una curiosidad que se obtiene al estudiar el gráfico es que la metodología tradicional consiste en la cúspide de la pirámide es que se encuentra la simbólica forma habitual de clase magistral impartida por un profesor. Esto nos indica que, aunque fueran de gran utilidad en el pasado ya que eran pocas las personas que sabían leer y escribir, por lo que era necesario que para transmitir el conocimiento dichas personas tuviesen que explicar a los alumnos lo que indicaban las escrituras ya que la mayoría eran analfabetos. Actualmente este sistema de enseñanza se está quedando anticuado.

Conforme vamos descendiendo en la pirámide nos encontramos otra forma de aprendizaje que es la lectura, la cual ya no es un lujo al servicio de unos pocos privilegiados es casi un bien común ya que cualquier ciudadano tiene acceso a una biblioteca. Escuchando, el alumno solo funciona con el oído debido a que no tiene mucho que participar en la actividad, con la lectura ocurre casi parecido ya que, aunque sea una actividad que realiza el solo y logre retener más no deja de ser una actividad pasiva.

#### 3.4. The LEGO Flow Game

En la actualidad existe una gran variedad de juegos didácticos que abarcan diferentes características tanto en forma física como en formato virtual y por lo tanto hay un gran espectro para poder elegir uno que se adapte perfectamente tanto a los objetivos como a la forma en que se quiere plantear. Como ya hemos indicado la existencia de internet como de nuevas tecnologías hace que las posibilidades en cuanto a juegos didácticos son infinitas.

A la hora de elegir un juego para desarrollar este TFG estaba bastante definido en tanto que tenía que realizarse con piezas Lego pero a partir de aquí se abre un abanico de posibilidades donde se tenían que cumplir una serie de características tales:

- Tener un carácter didáctico ya que a través de su realización se va a tratar de aprender herramientas del sistema Lean.
- Posibilidad de modificaciones del juego.
- Tener relación con los contenidos aprendidos y cursados durante la etapa de grado.
- Jugabilidad sencilla.
- Facilidad y rapidez a la hora de presentarlo a los futuros usuarios.
- Generación de un debate postjuego entorno a él.

- Posibilidad de realización en cualquier aula sin necesidad de una infraestructura complicada.

“**THE LEGO FLOW GAME**” ha sido el elegido tras varias consultas ya que es el que mejor se adapta a las características citadas y por considerarlo un juego muy familiar para casi todas las personas jóvenes-adultas ya que para muchos ha sido uno de sus principales juegos en la infancia. Este juego está diseñado para explicar los tipos de sistemas de producción habituales y sin la realización de muchas modificaciones del mismo se pretende que los jugadores una vez acabados los diferentes procesos entren y sean participantes en un debate donde se pongan sobre la mesa las teorías **LEAN MANUFACTURING** y modificaciones sobre posibles mejoras para las próximas partidas o versiones del juego.

Vamos ahora a realizar una introducción del juego para posteriormente estudiar su viabilidad, así como posibles modificaciones que pudiesen surgir respecto al original.

#### 3.4.1. Introducción

LEGO FLOW GAME nace de la colaboración de ideas entre Karl Scotland y la Dra. Sallyann Freudenberg. La primera versión del juego salió bajo el nombre “Flow Experiment” en el año 2010. La Dr Sallyann estaba entre la audiencia el día que se dio la conferencia y aunque le gusto el concepto consideró que las ecuaciones necesarias para su desarrollo eran tediosas y requerían mucho esfuerzo, por lo que el aprendizaje deseado con el juego no fuese el deseado. Ella fue la encargada de replantear el juego usando Legos en lugar de matemáticas, consiguiendo así que el juego resultase mucho más interesante y didáctico. A raíz de esta colaboración en el año 2013 publicaron LEGO FLOW GAME.

#### 3.4.2. Resumen del juego

“LEGO FLOW GAME” es un divertido ejercicio diseñado con el fin de comparar y contrastar diferentes enfoques para los procesos con respecto a cómo fluye la producción. La finalidad del juego consiste en construir un calendario para la producción marcando así el siguiente producto a fabricar (**análisis**), localizando luego el siguiente set de piezas Lego necesarias para fabricar dicho producto y suministrárselas a los montadores (**proveedor**), montar dichas piezas para conseguir así fabricar el producto planificado (**montaje**), comprobar que el producto se ha construido correctamente según las especificaciones y de forma robusta (**Control de calidad interno**).

Antes de la realización del juego se sortearán o asignarán una serie de roles para cada etapa del proceso: analistas, proveedores, montaje y control de calidad. Además, durante todo el juego será necesaria la existencia de un coordinador general y algún representante del mercado a modo cliente.

El juego consistirá en tres etapas: push, time-boxed y pull.

### 3.5. LEGO Flow Game original

El LEGO FLOW GAME original proponía la fabricación de unos montajes muy sencillos para la realización del juego ya que como se puede observar en la ilustración 17, las piezas consideradas para su montaje son muy reducidas. El juego consistía en montar con la ayuda de diecisiete piezas la fabricación de un animal.



Ilustración 17: Lego Flow Game original. Fuente: Scotland, K (2015).

A continuación, se procede al desarrollo completo del juego original analizando sus roles y etapas o rondas para que se pueda contrastar en capítulos posteriores con la idea de juego propuesta.

#### 3.5.1. Materiales necesarios

El coordinador debe disponer antes del inicio del juego:

- Instrucciones del juego.
- Hoja de cálculo para apuntar los resultados obtenidos.

Cada equipo (formado por 5 personas mínimo) necesitará tener en su haber:

- “1 Lego Advent Calendar Kit”, con 24 números en tarjetas cortadas individualmente y sus correspondientes sets de montaje de las 24 tarjetas desmontados e individualmente puestos en bolsas.
- Tarjetas en blanco, aproximadamente 50.
- Una grapadora.
- Masilla adhesiva.
- 3 Plantillas (una para cada ronda).
- 2 Bolígrafos.
- Cronómetro.

### 3.5.2. Roles

Antes de comenzar a jugar. Las 24 tarjetas deben de estar mezcladas y ordenadas en una única pila, además las 24 bolsas con las piezas de montaje de cada modelo y sus correspondientes instrucciones deben de ser mezcladas y colocadas en el mismo lugar que las tarjetas.

Para poder comenzar el juego de una manera correcta, los diferentes roles deben de estar preparados y saber realizar su trabajo de la forma redactada en los siguientes puntos.

#### 3.5.2.1. El analista

El trabajo desempeñado por este rol va a consistir en sacar una tarjeta de producto de la pila y las irá numerando de forma creciente desde el uno. Nada más sacar la primera tarjeta deberá escribir el número correspondiente en la parte superior de una de las tarjetas en blanco, pegará la “tarjeta de producto” en la blanca y pasará el conjunto al proveedor.

La realización de este rol requiere para su funcionamiento como ya hemos mencionado antes, las 24 tarjetas barajadas y en una pila, tarjetas en blanco y un bolígrafo.

#### 3.5.2.2. El proveedor

Este rol es muy sencillo, su material para el desarrollo de su trabajo son las bolsas de las piezas de Lego y la grapadora.

El proveedor se encargará para la realización de su trabajo en recibir la tarjeta del analista y graparla en la bolsa del conjunto seleccionado. Dicha bolsa se la enviará al montador.

#### 3.5.2.3. El montador

Recibida la tarjeta por parte del proveedor, su trabajo consistirá en montar el producto que se va a fabricar siguiendo las instrucciones dadas en la misma, Una vez montado el producto según las especificaciones, pasará la tarjeta recibida del proveedor y el producto ya montado al control de calidad interno.

#### 3.5.2.4. Control de calidad interno

El objetivo del control de calidad será la de comprobar que coincide exactamente la descripción de la tarjeta con el montaje realizado. Para ello recibirá el producto del montador una vez finalizado y realizar pruebas de comprobación de la robustez y del montaje, por ejemplo, que todas las piezas se encuentren en su posición correcta y que estén perfectamente ensambladas sin que queden holguras entre sí.

Si una vez realizado el control de calidad el producto cumple con todos los requisitos y especificaciones se clasificará como producto terminado. De no cumplir alguna de las especificaciones se rechazará. Dependiendo de la ronda en que se encuentre el juego se realizarán las diferentes políticas para los productos rechazados.

#### 3.5.2.5. El supervisor del juego

El material necesario para la realización de su trabajo es un cronómetro, un bolígrafo y las plantillas para anotar los resultados. Su trabajo es supervisar que se cumplen las reglas estipuladas para cada ronda y las políticas del juego, además puede encargarse de controlar el tiempo de cada uno de los equipos, esperas, inicio y fin de las rondas.

Puede utilizar plantillas para tomar notas de los resultados de las métricas de cuantos productos se han llegado a fabricar en cada etapa de 30 segundos de duración. La cantidad de productos no solo incluye los terminados, sino todos los elementos, desde los que están en proceso de fabricación hasta los que están pendientes del control de calidad. El número de productos en fabricación o terminados es gradual, de tal forma que nunca se verá disminuida su cantidad.

#### 3.5.2.6. Mercado

Rol opcional en la realización del juego, pero muy conveniente debido a su utilidad y a la hora de equilibrar ciertos roles. Es opcional porque su trabajo consiste en supervisar los productos terminados, es decir, aquellos que el control de calidad ha dado por aceptables aquellos que deberían estar en rechazados. Las causas de estos fallos son múltiples, propios errores en la hora de visualización de las holguras o la posición de las piezas de tamaños similares pero diferentes colores hasta dejando pasar fallos con el afán de que su equipo sea el ganador de la ronda dejando pasar productos rechazados como terminados. Por lo que se pretende que, teniendo una alternativa a dicho control, se pretende que el control de calidad actúe de forma independiente en todos los casos.

Este rol podría ser muy útil a la hora de realización de un debate post juego ya que podría generar una discusión o añadir otro punto de vista de una forma razonada sobre la idoneidad de este producto o la cantidad del mismo a ojos del mercado.

La formación de este rol se debe de hacer de forma privada ya que no puede comprobar los productos terminados y se deben indicar antes del comienzo de la ronda los criterios a considerar para que un producto sea aceptado o no. Además, este rol requiere que se obtengan voluntarios para representarlo.

#### 3.5.3. Rondas

Lego Flow Game, consta de tres rondas de procesos como se ha mencionado en anteriores apartados. En estas rondas se realizan tres tipos de procesos diferentes; Push, Time-Boxed y Pull.

Después de cada ronda se deberá recoger las hojas donde se han anotado los datos e introducirlos en la hoja de cálculo, teniendo cada equipo una hoja de cálculo propia. Una vez se recopilen todos los datos, los equipos deben preparar y en caso de que sea necesario ordenar todos los materiales y puestos de trabajo para la realización de la siguiente ronda. En el proceso de recogida se devolverán todas las tarjetas a la baraja. Con esta operación se consigue que el trabajo del analista sea cada vez más difícil al reducirse el número de tarjetas en la baraja.



## DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. APRENDER JUGANDO

Al final de cada ronda los equipos deberán discutir sobre qué cosas funcionaron correctamente y donde se encontraron algunos problemas. La finalidad de este paso consiste en que no solo se piense cual es el mejor sistema, sino que se analice cada sistema para saber sus pros y contras.

### 3.5.3.1. Ronda 1: Fabricación por lotes/Sistema PUSH

Esta ronda durará exactamente seis minutos. A cada equipo se le asignará un número de productos por lotes, los cuales son un total de 5 y tendrán que ser completados antes de avanzar a la siguiente etapa.

El analista comenzará sacando cinco tarjetas de producción y operará según se vio en el apartado 4.1.2.

Como cada etapa del proceso productivo en esta ronda es independiente y los roles poseen diferentes actividades, queda prohibida la ayuda de un trabajador a otro con diferente rol.

Todas y cada una de las etapas del proceso que durante la realización de la ronda el resultado estuviese por debajo del estándar marcado serán rechazadas y retenidas en el lugar de producción con el fin de que el trabajo se desarrolle con calidad a la primera.

### 3.5.3.2. Ronda 2: Time-Boxed

En esta ronda hay tres juegos de dos minutos (time-boxes). Antes de que el tiempo de que cada time-box empiece, cada equipo debe estimar o planificar cuantos productos serán capaces de completar durante el mismo y cuando se termine el tiempo fijado deben revisar si han cumplido sus estimaciones. Para esta discusión inicial 30 segundos debería ser tiempo suficiente para llegar a un acuerdo.

Cuando comience el time-box, cada jugador debe completar las actividades que tiene que realizar sobre las tarjetas o sobre el producto, los pasara inmediatamente a la etapa siguiente. No se esperará a que todo el lote este completo (desaparece la limitación de la producción por lotes en esta etapa). Las actividades primarias de cada rol explicadas anteriormente se continúan aplicando en esta ronda, pero ahora los equipos pueden trabajar en equipo y ayudar a otros miembros del equipo siempre y cuando en ese momento el trabajador que ayuda no tenga trabajo en su puesto.

Gracias a este trabajo en equipo, los productos rechazados pueden retroceder en la producción y ser mejorados. Al final de un “time-box”, si hay productos parcialmente completos estos se mantienen y se continuará su montaje durante el comienzo del siguiente time-box. Si un equipo completa todo el trabajo que ha estimado que podría asumir durante la discusión inicial, podría coger más carga de trabajo. Esta carga de trabajo SOLO podría comenzarse cuando todos los productos hayan sido aceptados como “producto terminado”, es decir cuando hayan pasado el control de calidad interno con una valoración positiva. Esto implica que siempre y cuando haya productos rechazados no se podrá coger trabajo nuevo, sino que se tendrá que convertir esos rechazados en productos terminados.

En esta ronda se debe de animar a los equipos a que intenten ser realistas en la planificación de su producción durante el time-box sin tener en cuenta que si se quedan cortos podrían coger más carga de trabajo o que si su estimación inicial resulta excesiva podrían continuar con el trabajo planificado en el siguiente periodo de time-box.

### 3.5.3.3. Ronda 3: Fabricación basada en el flujo/Sistema PULL

Esta ronda se distribuye al igual que la primera en una única partida de 6 minutos. No es necesario en ella estimar cuantos productos llegarán a fabricarse, pero en su lugar se introduce un límite de un WIP de un elemento por etapa. Esta limitación afecta tanto a los productos que se estén procesando como a los que ya están completos y listos para el trabajo en la próxima etapa. Por consiguiente, esto provoca la creación de un sistema pull muy básico, de forma que solamente cuando una etapa está vacía se puede tirar (pull) de un producto listo procedente de la etapa anterior. Esto implica, por ejemplo, que cuando el proveedor ha terminado su trabajo en un producto, no podría pasar ese producto al montador y comenzar un nuevo producto con las instrucciones del analista hasta que sea el montador el que termine su trabajo en el producto anterior y reclame el siguiente producto listo del proveedor.

De igual manera que sucedía en la ronda 2, las actividades primarias asignadas a cada trabajador siguen siendo la prioridad, aunque los miembros del equipo pueden ayudarse unos a otros si no hubiese nada que hacer en su puesto de trabajo. Los productos que hayan sido considerados como productos rechazados por el control de calidad interno pueden retroceder y ser corregidos.

## 3.6. Renault Consulting. Lego Flow Game.

En el capítulo de Introducción se mencionó que la participación en el curso de Lean Manufacturing desarrollado por Renault Consulting fue una motivación y un impulso para poder realizar este trabajo, se va a hacer una mención en este capítulo a dicho juego ya que representa una alternativa no solo viable, sino que se está llevando a la práctica como un juego didáctico basado en el Lego Flow Game por lo que se va a tratar de explicar el desarrollo del juego de Lego que se imparte en el curso.

El curso trata de simular una planta de producción de camiones en línea de la internacional francesa donde se pretenden fabricar tres modelos diferentes de camiones: Remolques, Grúas y Volquetes. (Véase ilustración 18).

Cada uno de ellos tiene una parte del proceso de fabricación independiente, ya que las herramientas y piezas que necesita para la fabricación de ciertos subconjuntos son diferentes, pero la peculiaridad de este juego y que lo hace tan atractivo es que hay un subconjunto común a los tres modelos que es la Cabina de los mismos.

Esta peculiaridad es una parte fundamental en la realización del juego que se desarrolla en el curso, ya que, comparado con el Lego Flow Game original es completamente diferente.

## DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. APRENDER JUGANDO

La realización del curso se compone de tres rondas de fabricación donde en la primera ronda se empieza con un sistema de fabricación Push y acabas fabricando con un sistema "Pull". Antes de la realización de cada ronda tienes una sesión teórica sobre los diferentes conceptos de Lean Manufacturing que se van a desarrollar conforme avance la actividad y después de cada ronda hay un análisis de la misma donde se intentan ver los pros y contras surgidos durante el proceso y como se mejorarían o aplicarían esos conceptos teóricos en el juego para mejorar el proceso productivo.

La simulación del proceso productivo para cada ronda seguiría la siguiente frecuencia:

El proceso empieza con una petición del **cliente**, el cual cada intervalo de tiempo preestablecido hace una petición a la **jefa de producción** de uno de los tres modelos.

El **proveedor de chasis** se encarga de fabricar dicho componente para cada uno de los tres modelos, recibiendo la orden por la empresa y lo que es más importante dependiendo las rondas del juego entregando primero por lotes y terminando por petición individual.

El **proveedor de ruedas** suministra los dos tipos que hay de las mismas dependiendo de la orden de entrega del producto.

Ahora hay tres procesos productivos en cadena, lo que sería una línea de montaje de una fábrica donde el **primer proceso** son las Cabinas, las cuales son las mismas para los tres modelos y he aquí una de las peculiaridades de este juego. El **segundo proceso** consiste en fabricar para cada petición del modelo la parte posterior del mismo y termina con el **tercer proceso** donde se produce a la instalación de todos los componentes del vehículo.

Al final del proceso se encuentra el encargado del **control de calidad** el cual supervisa la petición del cliente con el producto finalizado en busca de que se cumplan las especificaciones del mismo para su venta.

Cabe destacar que en el juego también intervienen otros roles importantes como pueden ser el **almacén y logística interna**, y sin embargo otros roles que debido al desarrollo y aprendizaje de los diversos conceptos de fabricación se va viendo que se van quedando obsoletos.

El curso en una experiencia muy instructiva a la hora de aprender de una forma didáctica no solo los conceptos de este sistema de producción como es el Lean sino de las diferentes etapas que componen un proceso productivo como es la fabricación de automóviles por medio de una profesional que trabaja en una de las principales marcas del sector.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
APRENDER JUGANDO

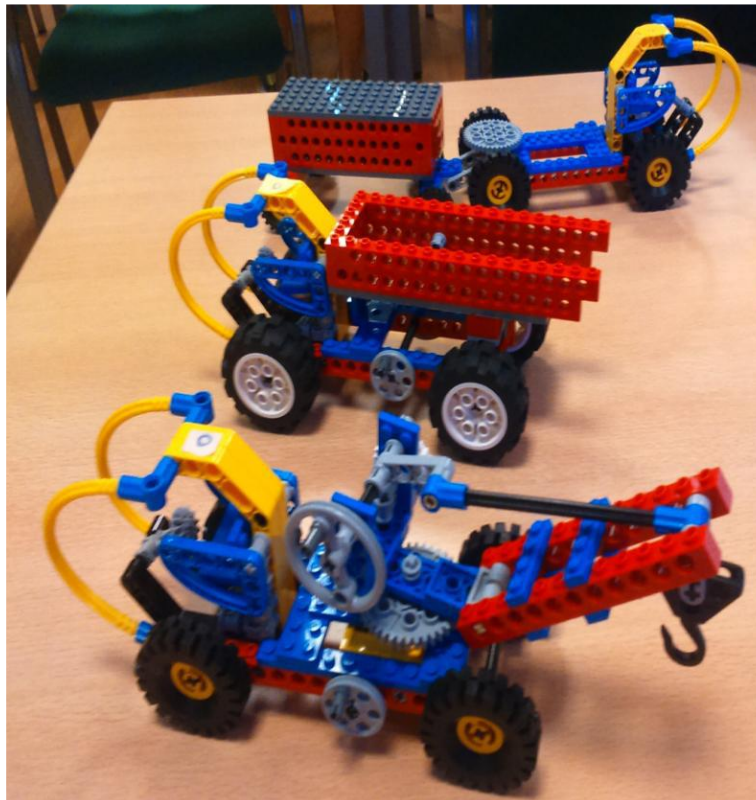


Ilustración 18: Modelos Curso Renault Consulting.

## 4. MI PROPUESTA DE LEGO FLOW GAME

A la hora de la realización del juego se ha elegido un montaje más complejo tanto en número de piezas (100 aproximadamente para cualquiera de los diferentes modelos) como en la capacidad de montaje de diferentes modelos según las necesidades a la hora de la realización del juego. Este cambio de modelo es necesario debido a que el Lego que se práctica en el Curso de Renault Consulting y de la Escuela Lean necesita de un complemento de otro Lego diferente para que la realización del curso no sea siempre la misma y haya más variedad a la hora de la puesta en práctica de más procesos de fabricación.

El modelo seleccionado y elegido como alternativa al original ofrece una mayor variabilidad a hora de mejorar la mecánica del juego y la asignación de trabajo para los distintos roles ya que en el juego original la carga de trabajo del montador era superior a la del resto de roles, haciendo que roles como control de calidad o proveedor fuesen demasiado sencillos.

Así pues y considerando que con este juego no tiene como finalidad única enseñar sino también entretener y que cuanta más implicación en el proceso tengan los diferentes roles se ha optado como se ha mencionado anteriormente por cambiar el modelo inicial por el de la ilustración 19.

Como se ha mencionado anteriormente, la elección de este modelo por el aumento del número de piezas hará que a la hora de fabricar los productos se complicará debido al aumento de piezas totales de producto como de cada uno de los procesos de montaje.

El aumento del número de piezas tan significativo implica que la variación del tiempo de montaje con respecto al juego original sea superior lo que implica que será necesario implantar diversas modificaciones que afectarán a los tiempos de cada etapa, roles y control de las etapas.



Ilustración 19: Modelos escogidos para el juego. Fuente: Lego Oficial.

Como resulta difícil implantar este nuevo producto de Lego con el desarrollo del juego original debido a las condiciones que hemos numerado anteriormente, será necesario implantar modificaciones para un mejor desarrollo del juego y de la fluidez del mismo en la realización.

A lo largo de este capítulo se van a definir los materiales y roles originales en la realización del juego original y conforme vaya avanzando el capítulo se desarrollarán con detalle las distintas modificaciones, así como nuevas propuestas con el motivo de mejorar el juego.

Para ello se tendrá que realizar un estudio detallado de cada uno de los modelos, así como los cambios necesarios o inventados para los diferentes roles. Al finalizar el capítulo se propondrá una guía de instrucciones que permita a los usuarios del juego con una rápida visualización ver cómo afectan estos cambios al juego final y simplificar el entendimiento del mismo de una forma rápida y sencilla.

#### 4.1. Mi LEGO Flow Game

Como ya se mencionó en el apartado 4, la versión original del juego contaba con unos montajes muy sencillos que si bien estaban destinados a la realización de un juego sencillo donde las rondas eran muy cortas y se adaptaban bien al objetivo.

El objetivo de este TFG es la realización de un juego más complejo donde tuviesen cabida más factores de los del juego original por ello se han seleccionado modelos más complejos en número de piezas, llegando a las noventa en uno de los modelos. También los roles van a sufrir en cambios, tanto por el aumento de trabajo como un incremento de los mismos ya que es necesario para la realización del juego.

La idea de realizar este TFG viene a raíz de la realización del curso de la Escuela Lean, por lo que en este trabajo se va a intentar proponer una alternativa a la que se desarrolla en la escuela, por lo que habrá similitudes con este juego didáctico.

En la ilustración 18 se pueden observar los tres modelos de los que va a constar este juego, el cual procederemos a detallarlo en los siguientes apartados.

##### 4.1.1. Primer estudio de los modelos

En este apartado se van a explicar las características de los modelos definidos uno a uno y las conclusiones que se obtuvieron de los mismos. Lo primero en que consistió la toma en contacto fue en montar y desmontar los modelos en busca de identificar las piezas que comparten todos los modelos y las que solo participan en alguno de los tres. Una vez que se conoció el proceso de montaje según el catálogo proporcionado por el fabricante se procedió a una toma de tiempos empleados a la hora de montar cada uno de los modelos. Para la toma de tiempos se desperdiciaron aquellos obtenidos en los primeros montajes de cada uno de los modelos ya que se consideran como un trabajo de familiarización con el montaje y el producto. Como se puede apreciar en la tabla de tiempos de los próximos apartados los tiempos aun eliminando los primeros disminuyen mucho conforme se iban aumentando las repeticiones del proceso.

Con estos datos y la experiencia de la infancia en la utilización de piezas Lego, se procedió a realizar varios despieces de cada modelo con el fin de encontrar conjuntos comunes para los diferentes modelos con el objetivo de buscar un proceso de fabricación común para los tres ya que nuestro juego debía intentar incluir en la medida de lo posible esta peculiaridad. Para la realización de este testeo se contó con la colaboración de un programa oficial y de versión gratuita llamado “Lego Digital Designer”. Este programa consiste en fabricar diseños con piezas Lego de todas las disponibles en el mercado actual por lo que se puede llegar a montar multitud de productos tanto existentes como de fabricación propia.

La utilización de este programa ayudo por su gran versatilidad, a la hora de dar una perspectiva y simplificar el proyecto paso a paso y en poco tiempo ya que se pueden realizar diversos procesos como despieces y adicción de piezas nuevas sin tener que desmontar el modelo completo en piezas únicas. Además, proporciona un catálogo paso a paso del montaje de tu prototipo y un listado completo de las piezas utilizadas al finalizar el proceso.

#### 4.1.1.1. Despiece de modelos inicial

En este apartado se van a analizar los despieces iniciales de cada uno de los modelos para así obtener un mayor conocimiento acerca de las características de cada uno. Este despiece busca además de aportar conocimiento sino utilidad al proveedor y jugadores en posición de línea de montaje durante el desarrollo del juego.

##### 4.1.1.1.1. Modelo Caza

Este modelo está compuesto por 100 piezas totales. En la ilustración 20 se muestra un despiece detallado de los subconjuntos. El despiece del modelo y de los distintos subconjuntos se incluye en el Anexo I.

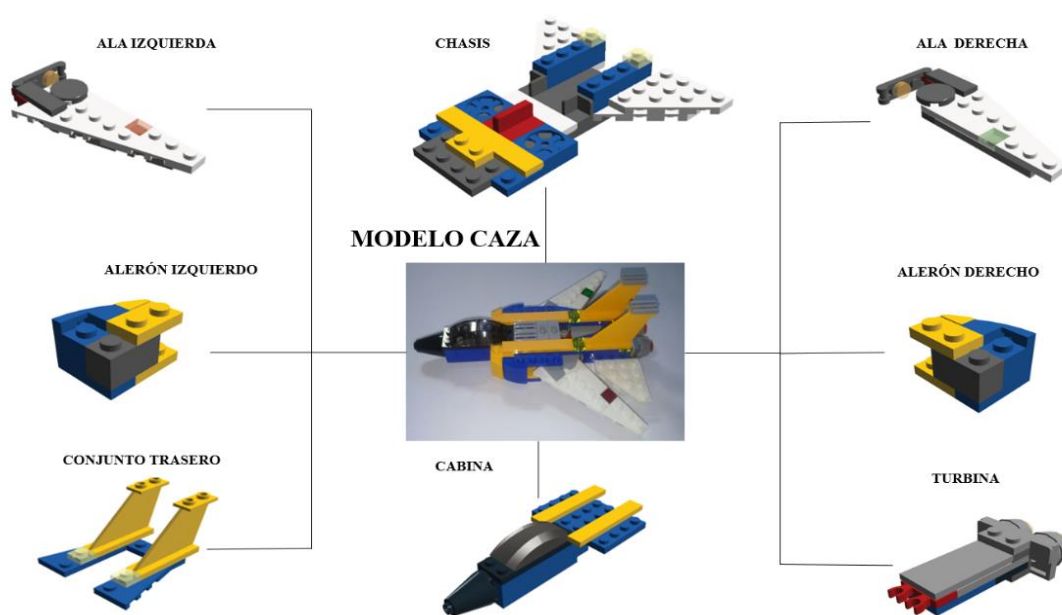


Ilustración 20: Despiece Caza.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
MI PROPUESTA DE LEGO FLOW GAME

4.1.1.1.2. Modelos Super Sónico

Este modelo está compuesto por 76 piezas totales. En la ilustración 21 se muestra un despiece detallado de los subconjuntos. El despiece del modelo y de los distintos subconjuntos se incluye en el Anexo II.

**MODELO SUPER SÓNICO**

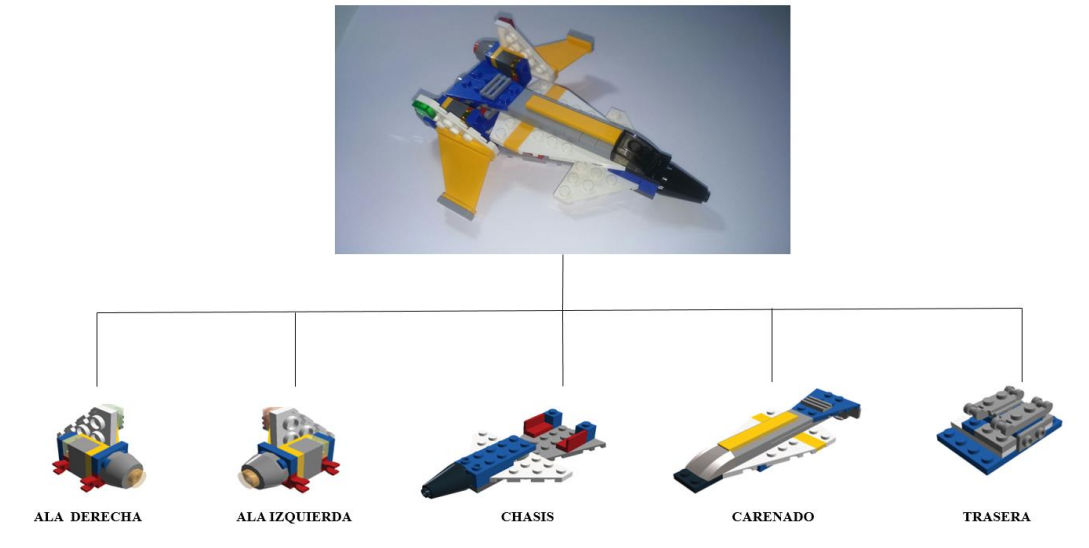


Ilustración 21: Despiece Super Sónico.

4.1.1.1.3. Modelo Avioneta

Este modelo está compuesto por 57 piezas totales. En la ilustración 22 se muestra un despiece detallado de los subconjuntos. El despiece del modelo y de los distintos subconjuntos se incluye en el Anexo III.

**MODELO AVIONETA**

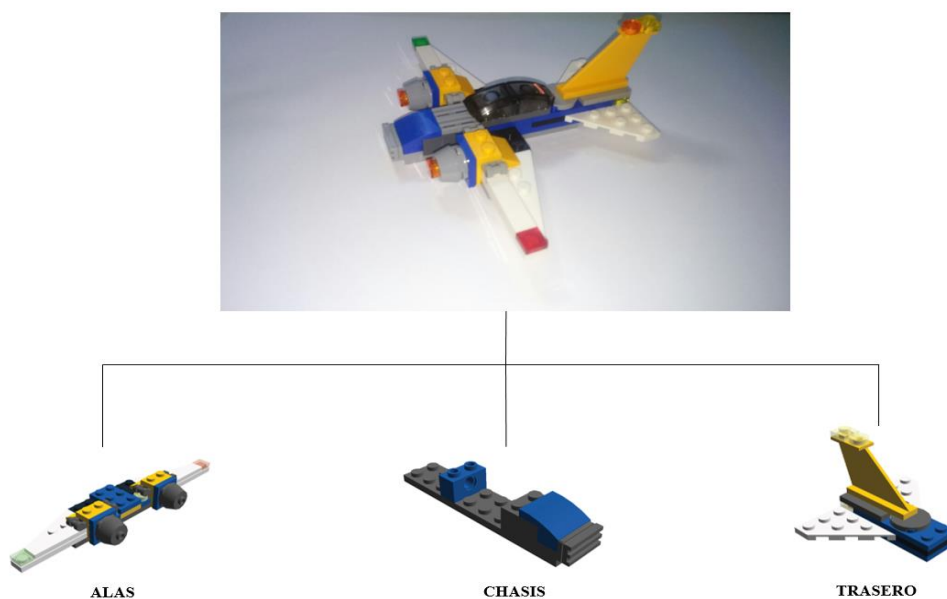


Ilustración 22: Despiece Avioneta



4.1.1.2. Tiempos

Los tiempos obtenidos durante el montaje del modelo Caza siguiendo el procedimiento marcado en las mismas se muestra a continuación (tabla 5):

MODELO 31042: CAZA	t (hh:mm:ss)	t (seg)	t (hh:mm:ss)	t (seg)
	0:08:07	487	0:06:19	379
	0:07:46	466	0:08:41	521
	0:07:28	448	0:07:32	452
	0:07:21	441	0:07:15	435
	0:06:37	397	0:06:44	404
	0:06:45	405	0:07:51	471
	0:06:07	367	0:07:11	431
	0:06:21	381	0:06:25	385
	0:06:13	373	0:08:23	383
	0:06:03	363	0:06:35	395
	0:06:24	384	0:06:14	374
	0:06:42	402	0:06:44	404
	0:06:39	399	0:06:12	372
	0:06:21	381	0:06:39	399
	0:06:54	414	0:07:37	457
	0:06:37	397	0:06:58	418
	0:06:18	378	0:06:08	368
	0:06:06	366	0:07:24	444
	0:06:48	408	0:08:45	525
0:06:34	394	0:06:47	407	
<b>TIEMPO MEDIO: 411,875</b>				

Tabla 5: Medición de tiempos. Modelo CAZA

Los tiempos obtenidos durante el montaje del modelo Super Sónico (tabla 6) siguiendo el procedimiento marcado en las mismas se muestra a continuación:

MODELO 31042: SUPER SÓNICO	t (hh:mm:ss)	t (seg)	t (hh:mm:ss)	t (seg)
	00:07:25	445	00:07:17	437
	00:06:49	409	00:06:54	414
	00:06:07	367	00:06:13	373
	00:05:35	335	00:05:42	342
	00:04:52	292	00:05:10	310
	00:04:33	273	00:04:39	279
	00:07:32	452	00:04:24	264
	00:07:01	421	00:04:52	292
	00:06:36	396	00:04:30	270
	00:06:11	371	00:04:14	254
	00:05:27	327	00:04:44	284
	00:04:47	287	00:05:16	316
	00:04:25	265	00:04:58	298
	00:04:32	272	00:04:26	266
	00:06:18	378	00:04:19	259
	00:06:39	399	00:04:35	275

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
MI PROPUESTA DE LEGO FLOW GAME

	00:05:43	343	00:05:48	348
	00:05:14	314	00:06:12	372
	00:04:42	282	00:04:42	282
	00:04:29	269	00:04:26	266
<b>TIEMPO MEDIO: 327,45</b>				

Tabla 6: Medición de tiempos, Modelo Super Sónico.

Los tiempos obtenidos durante el montaje del modelo Avioneta (tabla 7) siguiendo el procedimiento marcado en las mismas se muestra a continuación:

	t	t (seg)	t	t (seg)
	(hh:mm:ss)		(hh:mm:ss)	
MODELO 31042: AVIONETA	00:04:46	286	00:03:08	188
	00:04:12	252	00:04:52	292
	00:03:24	204	00:04:13	253
	00:03:18	198	00:03:35	215
	00:03:38	218	00:03:28	208
	00:03:06	186	00:03:31	211
	00:03:31	211	00:03:19	199
	00:03:14	194	00:04:40	280
	00:03:52	232	00:03:58	238
	00:03:36	216	00:03:23	203
	00:03:24	204	00:03:19	199
	00:03:17	197	00:03:15	195
	00:03:12	192	00:03:14	194
	00:03:22	202	00:03:15	195
	00:03:14	194	00:03:07	187
	00:04:36	276	00:03:12	192
	00:03:42	222	00:03:04	184
	00:04:10	250	00:03:05	185
	00:03:34	214	00:03:12	192
00:03:21	201	00:03:08	188	
<b>TIEMPO MEDIO: 213,675</b>				

Tabla 7: Medición de tiempos . Modelo Avioneta.

#### 4.1.1.3. Distribución en planta

Para la realización del juego cada jugador dispondrá de una función fija durante el completo desarrollo y las tres rondas en las que se desglosa por lo que se intentará desde un inicio que todas las posiciones o roles estén bien definidos como equilibrados para que el devenir del juego sea lo más ameno posible para todas las personas que lo realicen no solo porque es más didáctico sino el entretenimiento también tiene que ser una parte del juego. Es cierto que algunos roles según se vayan avanzando las rondas van a ser suprimidos ya sea porque los participantes durante la primera ronda de producción consideran que pueden prescindir de ellas por diversos motivos o porque al mejorar la cadena de producción se queden obsoletas pero eso lo dictará el juego.

La distribución del espacio es una parte importante ya que el juego se tiene que desarrollar en un aula y aunque se modifique en un futuro la distribución la primera

propuesta debe de ser lo más incómoda posible para los participantes para que empiecen a concienciarse y a entender los diferentes conceptos estudiados durante las diferentes asignaturas cursadas durante la carrera.

#### 4.1.1.4. Conclusiones

Una vez realizado el primer contacto con los modelos a montar se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El método empleado por el fabricante para las distintas operaciones de montaje no se asemeja a las características de montaje de los diferentes puestos de nuestro juego. Por lo que sería conveniente una modificación de las mismas.
- Los tiempos de montaje de los diferentes modelos fluctúan mucho dependiendo de la práctica del operario en este tipo de juegos, además del tamaño de sus dedos y la habilidad de los mismos. El uso de las piezas (o su desgaste) y la claridad de la guía de montaje.
- Las funciones de los diferentes roles se verán modificadas respecto a las propuestas iniciales del Lego Flow Game.
- El tiempo medio de montaje por producto es de 411 segundos(Caza), 327 segundos (Super Sónico) y 213 segundos(Avioneta) segundos, siendo el producto con mayor tiempo el modelo “Caza”. Este aumento de tiempo se debe a una mayor cantidad de piezas para su montaje y a una cierta habilidad de montaje y vista perspectiva ya que al ser simétrico da confusión en la elección de las piezas en su ensamblado.
- Analizando los tiempos de montaje de cada producto se observa que los tiempos iniciales de cada ronda de juego propuesta por los creadores de Lego Flow Game es insuficiente para la fabricación de los tres productos.

#### 4.1.2. Modificaciones realizadas

Teniendo en cuenta lo desarrollado en el apartado 4.1 y 4.2.1 además de las conclusiones obtenidas del mismo parece inviable mantener las condiciones iniciales propuestas por los creadores del juego.

Debido a las necesidades para la aplicación de este juego se ha decidido en este trabajo final de grado realizar una serie de modificaciones en el desarrollo del juego para que tengan cabida los diferentes roles de los que consta el juego y el aprendizaje de técnicas Lean. Se han considerado diversos aspectos respecto a la fluidez del juego, que se van a ir analizando en las diferentes rondas, buscando enseñar a posibles futuros desarrollos modificaciones que sin ser necesarias se podrían considerar interesantes para la realización del mismo.

Dichas modificaciones afectarán como se ha dicho a las rondas del juego y a los roles de cada jugador, por lo que muchos otros parámetros se van a ver inevitablemente afectados. Por lo tanto, vamos a proceder a explicar las diferentes modificaciones llevadas a cabo.

#### 4.1.2.1. Rondas

Se ha decidido que en esta versión de “Lego Flow Game” el desarrollo sea distinto a lo que la versión original proponía tanto en el mecanismo de juego como en los tiempos.

En las rondas de juego cabe destacar que mientras en la versión inicial el paso de la fabricación empleada era un sistema push (primera ronda) a la fabricación empleando un sistema pull (tercera ronda) se hacía a través de una ronda intermedia en el que eran los jugadores los que decidían cuantas piezas podrían fabricar en un periodo determinado de tiempo (time-boxed). En esta nueva versión del juego se ha decidido sustituir esta etapa por una ronda en el que el tamaño de los lotes se reduce a tres unidades. Este cambio sirve para que el jugador sea consciente en todo momento de cómo va afectando a los resultados obtenidos esa reducción del tamaño de lote.

A su vez debido al cambio de modelos a montar la duración de las rondas se verá incrementada hasta 50 minutos pues usar los tiempos propuestos en la versión inicial del juego con estos modelos supondría en muchos casos no llegar a fabricar ni un lote completamente óptimo, lo cual resultaría poco didáctico.

Para la realización de estas rondas se ha consensuado que en la primera ronda (sistema Push) el jugador no tenga en su poder las instrucciones de montaje subvencionadas por el fabricante, que como ya se ha indicado no resultan óptimas para la realización del mismo, tanto en materia de tiempos de montaje como en la claridad. La decisión de no emplear instrucciones en la primera ronda se basa en que se pretende que el trabajo no este estandarizado y optimizado, para que así en la segunda ronda se vea de forma más eficiente no solo las ventajas de trabajar reduciendo el número de piezas por lote sino las de una estandarización de las instrucciones de trabajo debido a que en esta ronda los jugadores de “Lego Flow Game” ya dispondrán del catálogo proporcionado por el fabricante, el cual ya se ha indicado que no es el más óptimo ya que mezcla procesos de fabricación pero puede ser de gran ayuda en los puestos de montaje.

Para la tercera ronda se propone una estandarización completa del proceso de fabricación puesto por puesto ayudando a todos los roles con diferentes esquemas e instrucciones de montaje más definidas para cada puesto. Este cambio va a proporcionar al juego una fluidez que hará que los productos sean acabados rápidamente y con una calidad perfecta a la primera.

#### 4.1.2.2. Roles

Debido a las diferencias de tiempo de montaje entre los modelos elegidos para desarrollar en el juego y los propuestos inicialmente por los creadores la casi totalidad de los mismos sufrirán pequeñas modificaciones. Existirán dos tipos de modificaciones puesto que existirán las que sean estrictamente necesarias por las diferencias de tiempo de montaje y las que sin ser imprescindibles se han considerado interesantes para dotar el juego de mayor fluidez o para evitar tiempos muertos en los distintos roles.

Como en el siguiente capítulo se va a analizar cada ronda paso a paso y los roles que intervienen en la misma, se ha decidido no repetir la información ya que vendrá desglosada más adelante.

## 5. MANUAL DE JUEGO

Enseñar las diferencias entre la producción tradicional en lotes y la utilización de un sistema Pull es la gran finalidad de este juego además de pretender que durante el desarrollo del juego, los jugadores vayan adquiriendo y familiarizándose con los diversos conceptos de la metodología Lean Manufacturing, como puede ser la mejora continua, la flexibilidad de las operaciones, la calidad perfecta...

En la primera ronda que consiste en un sistema Push, lo que se pretende es que no se aplique ningún concepto con el fin de que al final de dicha ronda los jugadores como consecuencia de los problemas que les hayan ido surgiendo se interesen y aproximen a lo que dichos conceptos y técnicas Lean proponen.

Será fundamental antes del desarrollo del juego que queden claras las reglas y limitaciones existentes durante el desarrollo del mismo, por ello, vamos a proceder a explicar en este capítulo dichas normas.

### 5.1. Materiales necesarios

Como preámbulo del inicio del juego el coordinador del juego o de cada uno de los equipos (si es que se quiere desarrollar el juego en varios grupos y un miembro de cada grupo se encarga de la coordinación) debe tener en su poder tanto las instrucciones de juego como la tabla (tabla 8) que se muestra a continuación:

	Tiempo en minutos								
	3	6	9	12	15	18	21	27	30
Jefe de fábrica									
Proveedor									
Montaje 1									
Montaje 2									
Montaje 3									
Control de calidad									
Producto terminado									

Tiempo en minutos							
	33	36	39	42	45	48	50
Jefe de fábrica							
Proveedor							
Montaje 1							
Montaje 2							
Montaje 3							
Control de calidad							
Producto terminado							

Tabla 8: Tarjeta de juego.

Por otro lado, se debe de disponer antes de comenzar el juego una serie de materiales:

- Tarjetas de juego: será distintas entre la primera ronda y las dos últimas.
- Piezas de juego.
- Cronómetros.
- Recipientes de plástico o cajas con compartimentos suficientes para depositar las piezas en el almacén y ser utilizadas para logística interna y de proveedor.
- Bolígrafos.
- Pizarra para el control de los tiempos.
- Papel.

## 5.2. Rondas de Juego

Como se comentó al inicio del capítulo, cada una de las rondas en las que se basa el juego tiene su propio sistema de producción, por lo que los diferentes roles a desarrollar por cada jugador irán cambiando, así como las normas de la mismas.

Al final de cada ronda, como ya se ha indicado durará 50 minutos de tiempo máximo ya que dependiendo de la habilidad de los jugadores y de las mejoras que vayan realizando dicho tiempo puede ser menor, conforme a los datos recogidos durante la misma se deberán pasar a una hoja de cálculo con el fin de obtener su representación gráfica e iniciar un análisis y posterior debate para mejorar los mismos.

Los modelos a producir serán:

- 6 Modelos Caza.
- 6 Modelos Avioneta.
- 3 Modelos Super Sónicos.

Resultado del debate pueden salir diversas mejoras en todos los aspectos del juego como pueden ser los roles, nuevo acoplamiento de piezas de montaje, etc. Debe de ser el coordinador del juego el que vea si es viable o no dicha propuesta y si es posible aplicar,

pero para un proceso de aprendizaje óptimo se deberán realizar cada una de dichas propuestas de forma que experimentalmente vean los jugadores que son útiles o descartables. Añadir la posibilidad que como resultado de dichos debates salga una proposición de aumentar los jugadores para un rol o todos los roles, sería posible en caso de que el coordinador vea la viabilidad.

### 5.2.1. Ronda 1

El funcionamiento de esta ronda se basa en el sistema Push. Dicho sistema es la clásica producción por lotes, por lo que se el número de productos por lote será de tres unidades, lo que implica que el material para la siguiente etapa de la producción no pasara de una otra hasta que no estén las tres unidades de producto terminadas porque es obligatorio pasar el lote completo.

Cada etapa del proceso en esta ronda es independiente y con las actividades de cada rol ya limitadas anteriormente, esto hace que quede prohibido que ningún jugador podrá ayudar a otro que tenga un rol distinto en el juego, aunque su proceso o etapa haya acabado.

Para la realización de esta ronda únicamente el rol de “**Ciente**” sabrá antes de empezar el orden de fabricación de los distintos lotes de modelos. Debido a las diferencias de tiempos de montaje existentes entre los diferentes modelos, ya que el modelo que menos tiempo requiere es la “Avioneta” y el que más el “Caza”, debe estar previamente acordada la cantidad, que no el orden de producción de los diferentes lotes, entre el **Coordinador** y el **Ciente**. Esta cantidad va a ser importante en esta ronda debido a la imposibilidad durante la misma de pasar la producción al siguiente puesto de trabajo hasta que el lote esté terminado.

En esta ronda no hay instrucciones de montaje, los jugadores contarán con una previa visualización y aprendizaje de su conjunto o conjuntos de montaje durante diez minutos para familiarizarse con las piezas a montar.

Vamos a comentar de forma detallada las funciones de cada miembro en los siguientes apartados.

#### 5.2.1.1. Cliente o Mercado

Durante esta y las sucesivas rondas el rol estará siempre basado en la misma función y no variará en ninguna de ellas. Para realizar su función el cliente necesitará un cronómetro, un bolígrafo, una pizarra.

En esta ronda al tener que producir por lotes de tres unidades tendrá que elaborar conjuntamente al coordinador un listado con los modelos a demandar. Dicho listado será apuntado en la pizarra. Su función consistirá en solicitar al **Jefe de fábrica** cada 3 minutos un modelo donde apuntará el minuto de demanda y de obtención del mismo.

Al finalizar el tiempo total de la ronda avisará del fin de la misma.

También y de una manera opcional puede resultar de gran utilidad que este rol desempeñe al final del juego un control de calidad externo de tal manera que analice los

modelos de manera independiente al control de calidad interno ya que hay ocasiones donde dicho control da por buenos ciertos modelos bien por no ver los defectos o por un deseo de dar por validos modelos para que la producción al final de la ronda sea mayor. Por lo que esta función se podría ampliar para generar una discusión sobre la calidad de este producto a los deseos del mercado para así implicar a los jugadores en conocimientos y técnicas tanto de calidad como de diseño de los modelos.

Si se desea añadir esta nueva función será conveniente que junto al coordinador del juego se le forme en privado para así poner en común junto al control de calidad los criterios a considerar para que el producto sea perfectamente válido.

#### 5.2.1.2. Jefe de fábrica

Su función durante esta ronda será la de coordinar, ordenar y administrar el tiempo de cada uno de los roles que integran el proceso de fabricación para alcanzar el objetivo final de plena fabricación.

#### 5.2.1.3. Proveedor

El proveedor tendrá acceso a las piezas de Lego para la fabricación de sus productos en todo momento ya que es el primer eslabón en la cadena de producción. Su misión consistirá en preparar los productos para que sean recogidos por logística hasta el primer punto de montaje o donde el Jefe de producción considere. Debe recibir la orden en todo momento del Jefe de fábrica para la provisión de las piezas.

Los elementos a ensamblar por este rol siempre serán los mismos, los cuales son:

Modelo Caza. Anexo 1.1. Conjunto Alas.

Modelo Super Sónico. Anexo 2.1. Conjunto Alas.

Modelo Avioneta. Anexo 3. Conjunto Alas.

#### 5.2.1.4. Montador

Una vez recibidos los componentes de parte del proveedor la misión de este rol consistirá en montar el lote de producto siguiendo las instrucciones asignadas. Una vez terminado la fabricación el lote pasara al control de calidad interno.

Su misión consistirá en fabricar con las piezas proporcionadas por el almacén y con orden del Jefe de fábrica los diferentes subconjuntos asignados a cada puesto.

El rol de montador se divide en tres puestos: Puesto 1, Puesto 2 y Ensamblaje.

- Puesto 1: Será en encargado de fabricar los diferentes chasis de los modelos. Véase, Anexo I.D, Anexo II.C y Anexo III.B.
- Puesto 2: Será el fabricante de los diferentes subconjuntos de los tres modelos. Para este puesto es mejor hacer el desglose de sus productos a fabricar por modelos. Por la distribución de los diferentes subconjuntos a



montar por el realizador del juego se ha decidido que este puesto para esta ronda sea considerado un cuello de botella para el proceso.

- Modelo Caza: Sus subconjuntos a fabricar son Alerones (Anexo I.B), Cabina (Anexo I.C) y Turbina (Anexo I.E).
- Modelos Super Sónico: fabricará los subconjuntos Carenado (Anexo II.B) y Trasera (Anexo II.D).
- Modelo Avioneta: se encargará de fabricar la Trasera (Anexo I.C)
- Ensamblaje: Su función como último puesto de fabricación es la de encajar los diferentes subconjuntos y añadir las piezas para la finalización del producto. Para los diferentes modelos tiene un conjunto de piezas diferentes, Caza (Anexo I.F), Super Sónico (Anexo II.E) y Avioneta (Anexo III.D).

#### 5.2.1.5. Control de calidad interno

La calidad de los productos fabricados tiene que ser una pieza fundamental en el juego ya que sino el **Ciente** los rechazará lo que supondrá una pérdida de tiempo y retrasará la producción, ya que el lote tendrá que ir retrocediendo etapas hasta que se dé con el error y sea reparado.

La función del control de Calidad consiste en comprobar que los productos recibidos por el montaje coinciden con las instrucciones de montaje y los pedidos demandados por el Cliente, es decir, controlará que los lotes fabricados son los que se tenían que montar y cumplen con los requisitos inicialmente expuestos.

Deberá comprobarse la calidad del producto de tal manera que sea evaluado que todas las piezas encajan perfectamente en sus posiciones y que no queden holguras entre ellas.

Si las piezas son aceptadas quedarán clasificadas como productos terminados y el finalizar el juego se entregarán al cliente y en caso contrario quedaran rechazados y descenderán a montaje hasta que sean reparados.

#### 5.2.1.6. Almacén

Este rol consiste en seleccionar, colocar y administrar todas las piezas que se van a utilizar durante el proceso de montaje. Únicamente las piezas utilizadas por el proveedor escapan a su alcance.

Al principio del juego debe de colocar todas las piezas en cajas. Las piezas deben de ser ordenadas por familias de la misma pieza.

El responsable de almacén recibe las órdenes del Jefe de fábrica del modelo que se tiene que fabricar por lo que en una caja individual o en bandejas colocará las piezas necesarias en las cantidades correspondientes para que el montador las reciba y pueda iniciar su trabajo.

#### 5.2.1.7. Logística

En esta ronda habrá dos tipos de logística, interna y externa, la primera se dedicará a trasladar las piezas necesarias entre los diferentes roles con los movimientos entre almacén y montaje, Puesto 1, Puesto 2 y Ensamblaje, así como entre montaje y control de calidad.

La logística externa se dedicará al desplazamiento de piezas y componentes entre proveedor y almacén.

#### 5.2.1.8. El coordinador del juego

Es la persona encargada de supervisar el juego y para ello necesitará de un cronómetro, bolígrafo y plantillas para apuntar los resultados de las diversas rondas. Su trabajo consistirá en comprobar que se cumplen todas las reglas y normas asignadas a esta ronda, así como de controlar el proceso. Debe de controlar el tiempo de cada operación para tener una conciencia de cómo marcha el proceso e informando a los jugadores de cuánto tiempo llevan consumido los equipos.

Deberá apuntar los resultados en las plantillas para al final de la ronda visualizar en las hojas de cálculo y gráficas cuantos productos se han llegado a fabricar, incluyendo todos los elementos, esto quiere decir, los que estén realizados, los que estén en control de calidad y los que se encuentran en fase de fabricación.

Comparando la primera ronda del juego original (Lego Flow Game) con los datos obtenidos por el Coordinador en esta ronda podemos hacernos una idea de los mismos con la gráfica obtenida en el juego original (ilustración 23).

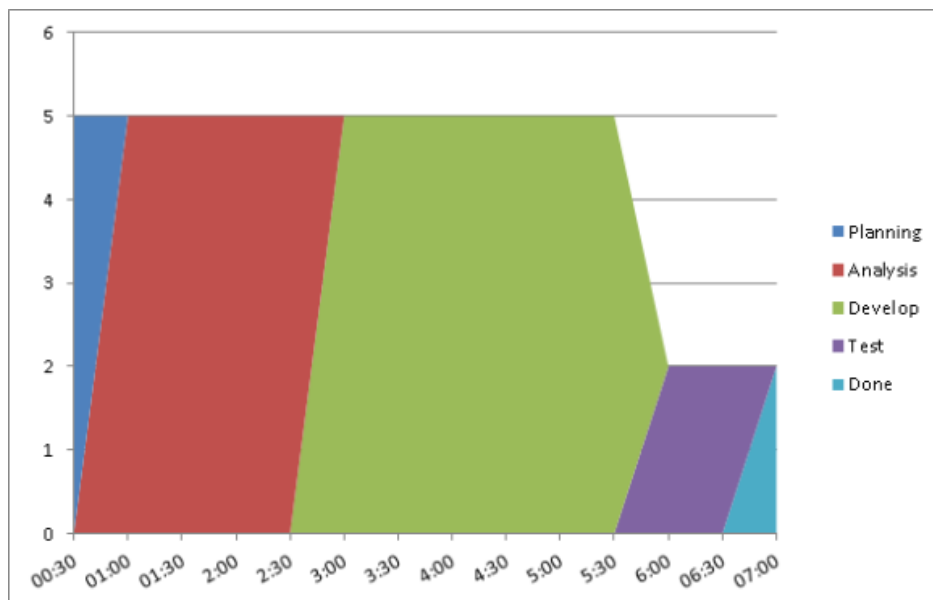


Ilustración 23: Ejemplo visual Ronda 1. Fuente: Serious Play Pro (2015).

La ilustración es un ejemplo correspondiente a un juego con un tiempo de muestreo distinto pero que como hemos dicho mantienen cierta concordancia con los nuestros.

Al final de las rondas, los resultados gráficos no van a ser exactos de un juego a otro ya que dependen dichos resultados por ejemplo de la habilidad del montador para ejecutar su trabajo, pero las conclusiones que se pueden obtener de los resultados finales pueden ser las mismas.

#### 5.2.1.9. Distribución en planta

La distribución en planta propuesta para esta ronda es la representada en la ilustración 24. En ella se representan los roles fundamentales y como sería el flujo de trabajo entre ellos. Como se puede observar, el rol de logística entre proveedor y dirección adquiere importancia por diversos factores que pueden ayudar en la argumentación y búsqueda de conceptos en el debate post ronda, ya que por ejemplo puede ser un cuello de botella o hacer que aumenten las esperas en otros roles.

### RONDA 1

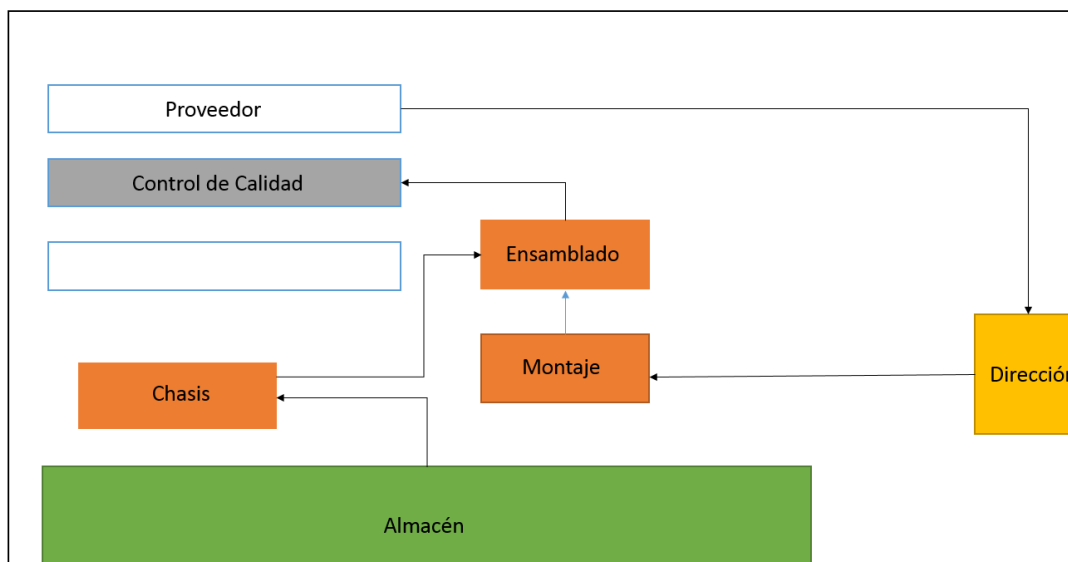


Ilustración 24: Distribución en planta. Ronda 1

#### 5.2.2. Ronda 2

Esta ronda es muy similar a la primera donde los jugadores ya tendrán más conocimiento del juego y de la dinámica. El objetivo de esta ronda es ir reduciendo el número de productos por lote para llegar a conseguir en la siguiente ronda la introducción del “One Piece Flow”.

Los cambios que se producen en esta ronda respecto a la anterior son principalmente la ayuda al incorporar los catálogos de instrucciones de montaje suministradas por el fabricante del producto (véase el Anexo IV), para intentar estandarizar las operaciones para reducir los tiempos y errores de montaje.

Las instrucciones de montaje del fabricante como en la mayoría de procesos de la marca LEGO, cada paso de montaje aparece numerado y encima del mismo el número de piezas que se van a necesitar, esto será de gran ayuda para el Jefe de Almacén prepare las piezas que se van a enviar al Montaje 1, Montaje 2 y Ensamblado. El Proveedor como

en la ronda anterior dispone de las piezas necesarias consigo desde el principio. Los diferentes puestos de montaje cuentan ahora con la posibilidad de ver las instrucciones y con la ventaja de que sus subconjuntos no varían de puesto salvo que as

Cabe la posibilidad de modificar el tamaño de unidades del lote en esta ronda si así se decidiese por parte del Coordinador del juego a raíz de los acontecimientos de la Ronda 1.

Como resultado del debate entre los jugadores y el coordinador del juego se podrían añadir medidas con el fin de reducir tiempos de montaje o de movimientos de gente dentro del proceso ya que será uno de los problemas más visuales con los que se pueden encontrar. Estas medidas se añadirán para esta ronda.

La mayoría de roles y normas permanecen iguales que la ronda uno.

La representación gráfica como resultado de esta ronda será parecida a la de la ronda anterior, con la salvedad de que al variar el número de unidades por lote los productos pasarán más rápido de un rol a otro reduciendo las esperas y se producirán más unidades de producto terminado.

Como resultado de esta ronda se pretende que se induzca a los jugadores a pensar que cuanto menor es el número de unidades por lote, mejores resultados se obtienen, por lo que como conclusión lógica del debate de esta ronda será la eliminación del trabajo por lotes y pasar a un sistema de producción "Pull".

### 5.2.3. Ronda 3

Esta es la ronda donde se desarrollará el sistema de producción Pull. Se va a trabajar en una unidad como límite por cada etapa de juego por lo que esta limitación afectará a los productos que se estén fabricando como a los que están ya fabricados por lo que básicamente es un sistema Pull muy básico donde solamente cuando una etapa del proceso este vacía se puede tirar de un producto precedente de la etapa anterior.

Por ejemplo, cuando el proveedor haya acabado su trabajo de fabricación dicho producto no será enviado por logística al montador y dicho producto esperará hasta que el montador acabe su trabajo formándose cuellos de botella como en rondas anteriores. Ahora el sistema funcionará de tal manera que hasta que el montador no acabe la fabricación de su unidad y la envíe al control de calidad, no enviará el proveedor ningún componente y por lo tanto será el Jefe de fábrica el que coordine todos estos procesos in situ, teniendo una especial relevancia a la hora de dar órdenes claras y concisas así de informar de los tiempos.

Como los trabajadores ya han ido cogiendo habilidad en las dos rondas anteriores se puede suponer que dichos trabajadores son flexibles y están formados por lo que una de las peculiaridades a la hora de trabajar en **One Piece Flow** es que, aunque las actividades primarias de cada rol siguen siendo la máxima prioridad, los trabajadores se pueden ayudar unos a otros si no hay nada que hacer en su puesto de trabajo. Los trabajos que Control de Calidad rechace ahora podrán ir retrocediendo y siendo corregidos de una manera más rápida.

Este sistema de producción es prácticamente distinto a los dos anteriores, lo que implica que actividades y roles de rondas anteriores van a sufrir cambios, algunos ligeros y otro eliminados o modificados en esta etapa.

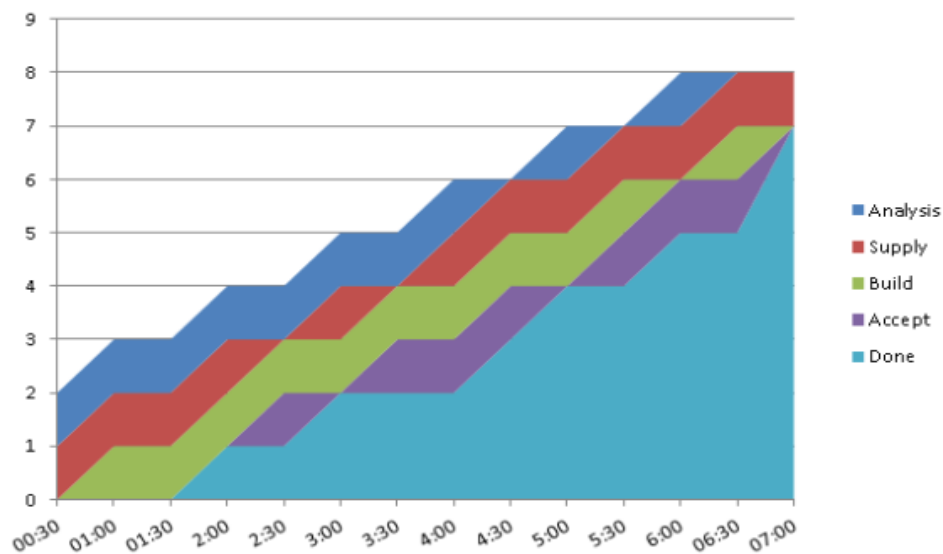


Ilustración 25: Ejemplo visual Ronda 3. Fuente: Serious Play Pro (2015).

Esta representación gráfica (ilustración 25) es la obtenida al realizar esta ronda tres por los creadores del juego original. Aunque sea distinto como ya es sabido dicha gráfica es muy parecida a nuestro resultado al final de dicha ronda. Se puede observar que, exceptuando los productos terminados, todos los demás solo tienen en su poder una unidad de producto durante el proceso lo cual reduce el tiempo de transición de los mismos.

Los principales cambios los van a sufrir el rol de proveedor, almacén y logística externa e interna.

Cabe destacar que en esta ronda es importante y debería analizarse con especial atención por parte de los jugadores como se aplica una técnica Lean como el Kanban. En esta ronda adquiere especial relevancia ya que al pasar los productos de unos puestos a otros más rápido es fundamental que estén siempre localizados y se tenga una perfecta sincronización al pasar de un puesto a otro utilizando correctamente las tarjetas.

#### 5.2.3.1. Proveedor

En esta ronda el rol del proveedor es una de las bases sobre las que se va a basar la producción en esta ronda. Su misión será parecida a las anteriores (montar sus componentes con sus piezas ya prefijadas) con la diferencia de que ahora pasara las unidades de una en una y sin lotes, además tendrá a su disposición una bandeja para cada unidad acompañada de una tarjeta con la unidad que sale de su zona, de tal manera que durante el proceso de fabricación de la pieza dicha bandeja permanezca constante y solo cambie la tarjeta de referencia.

Ahora la ubicación de este rol va a ser diferente ya que hasta ahora se posicionaba en un lugar alejado del almacén ya que visualmente y por movimientos de logística tenía que ser observado como una parte ajena a la fabricación. Con la nueva ubicación muy cerca

al almacén, tan cerca incluso que se puede integrar dentro del proceso de fabricación hace que el rol de logística externa pase a ser irrelevante.

#### 5.2.3.2. Almacén

Este rol va a sufrir un cambio diferente al de las rondas previas. Ahora la situación del almacén en vez de estar ordenadas las piezas por familias van a estar preparadas en kits de ellas, de forma que en la nueva cada de ordenación que pasará a la siguiente etapa vayan solo las piezas necesarias para el montaje del siguiente modelo.

Al recibir los componentes en una bandeja directamente del proveedor, su misión consistirá en poner el kit de montaje ya preparado en dicha bandeja para que avance a montaje directamente, deberá cambiar la tarjeta para del proveedor por la suya.

Para el correcto funcionamiento de su rol deberá invertir un poco de tiempo en preparar las cajas con las piezas necesarias para los procesos de montaje y coordinarse junto con este rol para determinar el posicionamiento y las piezas necesarias del kit.

Con este proceso se intenta uno de los principales objetivos del juego que es aprender a eliminar desechos en la producción, de tal manera que solo se utilice lo que realmente se es necesario a la hora de realizar nuestro producto.

#### 5.2.3.3. Logística

Con la realización de este sistema de producción ahora este rol queda obsoleto ya que se pretende reducir movimientos innecesarios por lo que ahora, como hemos comentado en el proveedor, el proveedor está más próximo al almacén lo que hace que no sea necesario un trabajador para la logística entre estos dos procesos.

#### 5.2.3.4. Distribución óptima del proceso y de la planta.

Como durante este sistema de producción “**Pull**” se intenta estandarizar el proceso lo máximo posible, además de haber incluido unas nuevas instrucciones es necesario cambiar la distribución en planta para así incluir los cambios como el del proveedor anteriormente mencionado. En los diagramas sinópticos (ilustraciones 26, 27 y 28) el coordinador del juego podrá ver la distribución de tareas que se ha considerado óptima por el realizador.

Cabe destacar que los tiempos que aparecen en estos diagramas son orientativos, ya que has sido obtenidos mediante una prueba del juego, dichos tiempos pueden variar dependiendo de la habilidad y la coordinación en el trabajo de los jugadores no tienen por qué obtener siempre los mismos tiempos de montaje.

También recordar que el objetivo de este juego es que los jugadores aprendan técnicas lean jugando, por lo que durante las rondas de debate posteriores a las rondas se pueden haber obtenido otras propuestas de distribución tan válidas como la que se propone.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
MANUAL DE JUEGO

El diagrama de distribución en planta que se ha considerado óptimo para esta ronda es el propuesto a continuación (ilustración 26).

**RONDA 3**

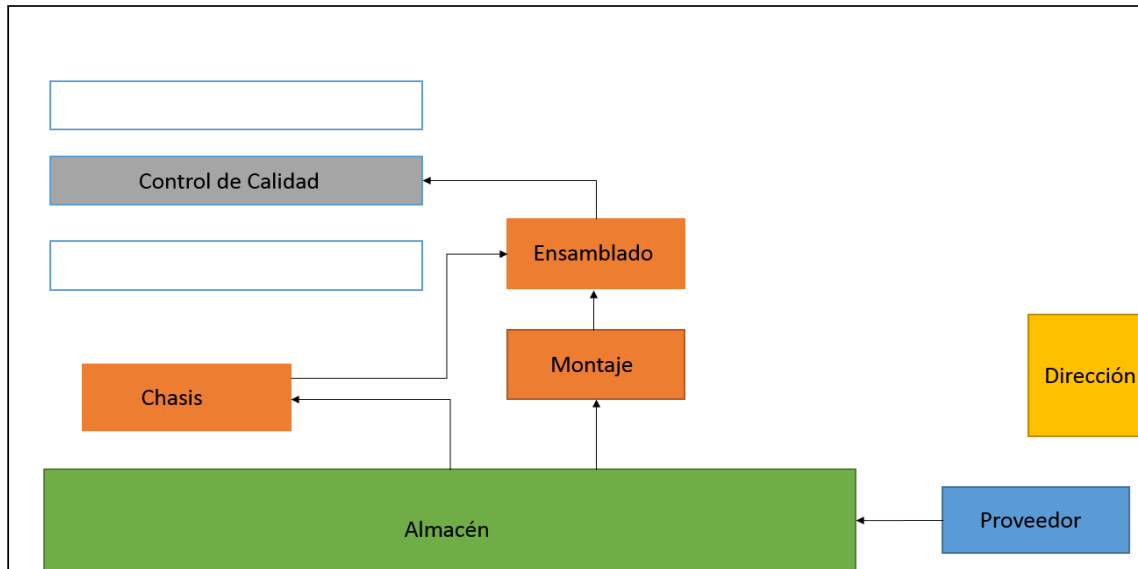


Ilustración 26: Distribución en planta. Ronda 3.

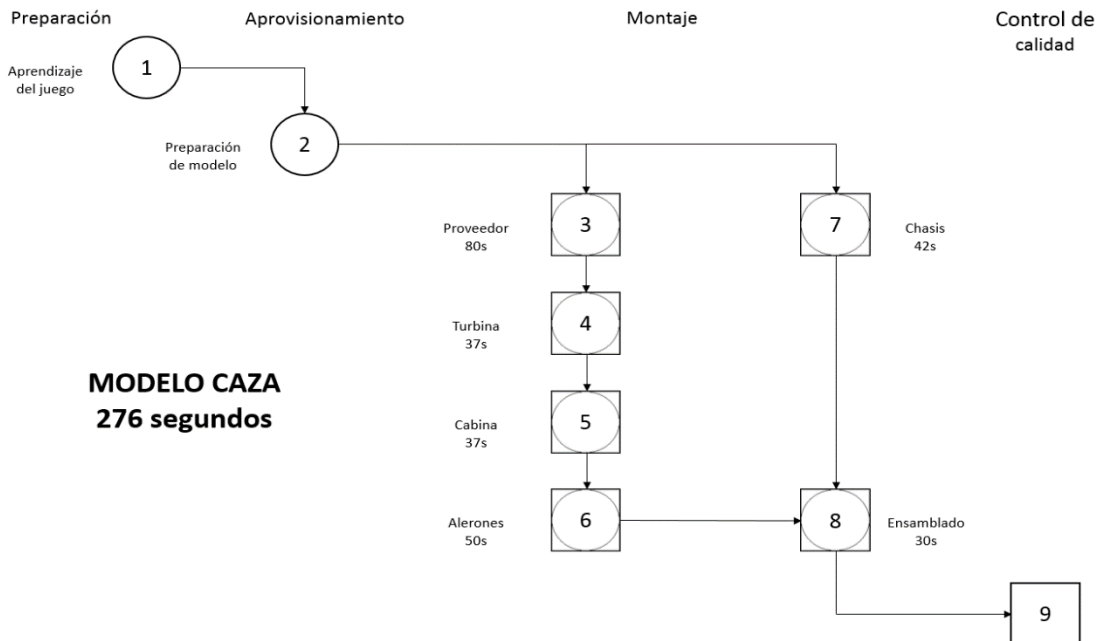


Ilustración 27: Diagrama sinóptico Caza

# DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. MANUAL DE JUEGO

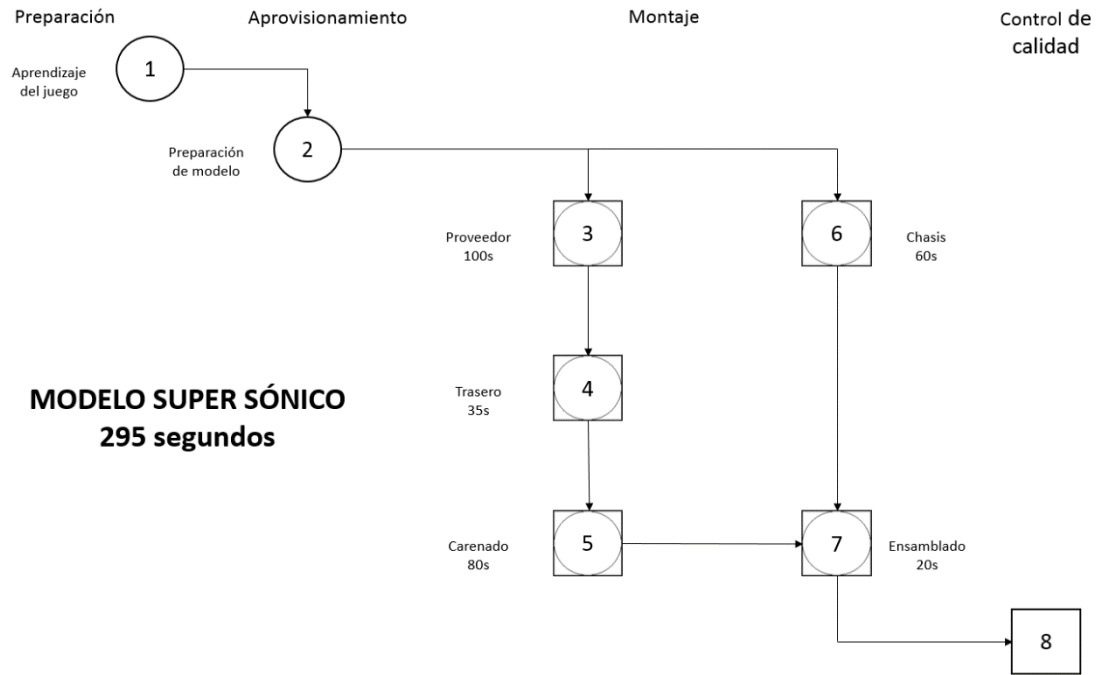


Ilustración 28: Diagrama sinóptico Super Sónico

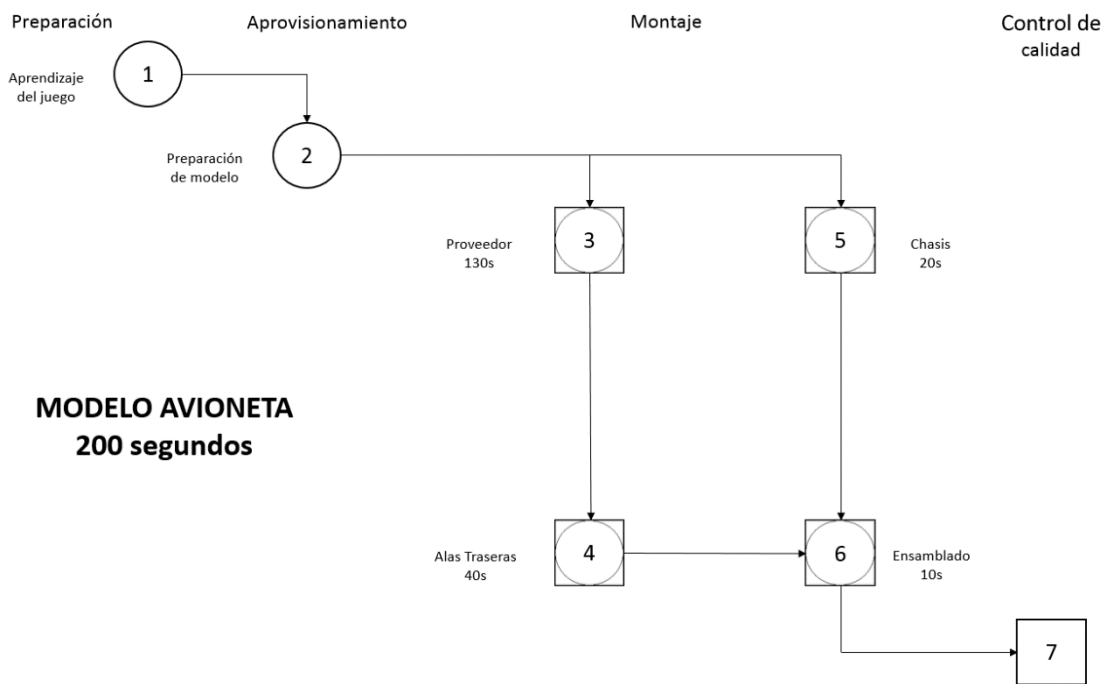


Ilustración 29: Diagrama sinóptico Avioneta



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
MANUAL DE JUEGO

Analizando los diagramas sinópticos (ilustraciones 27, 28 y 29) se puede observar que al querer hacerlo estandarizado se ha decidido no representar el rol de Logística ya que por su carácter optativo en esta ronda su inclusión es innecesaria en el diagrama, pero en el caso de que se quiera incluir este rol en siguientes juegos, ya que puede haber un jugador asignado en este rol y quiera participar, la posición de Logística deberá ser representada como medio de enlace entre el almacén y los montajes.

Los diagramas muestran la configuración propuesta. Como se puede observar se han metido todos los subconjuntos necesarios para la realización del juego. Aunque nosotros solo hemos mencionado el montaje en los diagramas, cabe recordar que ya dividimos esta tarea en tres puestos bien diferenciados en los apartados 5.2.1.3 y 5.2.1.4. Es importante decir que esta decisión se ha tomado para que no exista ningún cuello de botella durante esta ronda puesto como ya se comentó en la Ronda 1 era necesario que en si hubiese un cuello de botella generado por el Puesto 2, que era en esa ronda el que necesitaba más tiempo en comparación con el proveedor.

Se ha diseñado el juego de tal forma que la fabricación de los tres modelos sea lo más semejante posible, de tal manera que aunque uno de ellos sea más corto, como puede ser el caso de la Avioneta, esto hace que este juego didáctico involucre a todos los roles al mismo tiempo y no se supriman casi ninguno de ellos en las diversas rondas por lo que los jugadores pueden visualizar todos los procesos mientras que experimentan el juego y no viendo a sus compañeros jugar.

## 6. MANUAL DEL FORMADOR

El objetivo de este capítulo será ayudar a la hora de realizar el juego a los coordinadores o formadores del mismo en base a como sería la realización de un curso o sesiones de formación para el aprendizaje de las técnicas Lean necesarias, el aprendizaje del juego y para finalizar el desarrollo completo del mismo.

La realización de esta actividad es muy flexible y puede ser utilizada por amplios grupos de docentes a la hora de mejorar su formación complementaria en el aula o como se pudo experimentar en el curso de Reanult Consulting por medio de una formación en varias sesiones en días sucesivos.

Como en este TFG se hace una propuesta específica de un Lego Flow Game se ha entendido que puede ser práctico a la hora de desarrollarlo en un aula realizar este manual de usuario para orientar a una persona, preferiblemente profesional de la docencia o entendido en técnicas Lean, en base a sus necesidades de complementar la formación en herramientas Lean. Se ha intentado que este manual sea lo más elemental posible en cuanto a complejidad de realización ya que se intuye que a la hora de desarrollar esta actividad en un aula no siempre se va a contar con una cantidad de medios sobresaliente.

Para finalizar se ha intentado que todo el proceso sea lo más flexible posible, en tanto en cuanto, las necesidades de cada grupo de formación sean distintas y requieran del aprendizaje de unas técnicas en específico o general.

### 6.1. El proceso de aprendizaje

Se cree que los participantes en esta actividad son gente que quiere aprender las técnicas Lean básicas para un futuro profesional, por lo que se entiende que son gente que puede cumplir unas ciertas características como: querer aprender, participativos, proactivos. Estos principios suelen ser los típicos demandados en las actividades experimentales de formación.

Sea cual sea la duración de la formación y del juego deberá tener una estructura de desarrollo del mismo fija. Dicha estructura puede ser un Ciclo (ilustración 30) que se vaya desarrollando en cada formación sean cuales sean las necesidades de tiempo.

Donde al principio se expliquen los conceptos que después se van a desarrollar o aplicar en el juego. Dichos conceptos teóricos pueden ser los desarrollados durante el capítulo 2 de este TFG donde se hace un repaso de los más importantes y que seguro que influyen en este juego de ahí su importancia teórica previa al desarrollo de cada una de las rondas previas al juego.

Después del desarrollo del juego ya se ha mencionado en este TFG que es de suma importancia la realización de un debate. Dicho debate debe de abarcar temas como la mejora del propio juego modificando roles, pero también temas vistos en la sesión previa de teoría donde se hayan aplicado conceptos o donde puede ser posible aplicarlos en rondas futuras para mejorar la eficiencia del montaje de los modelos.

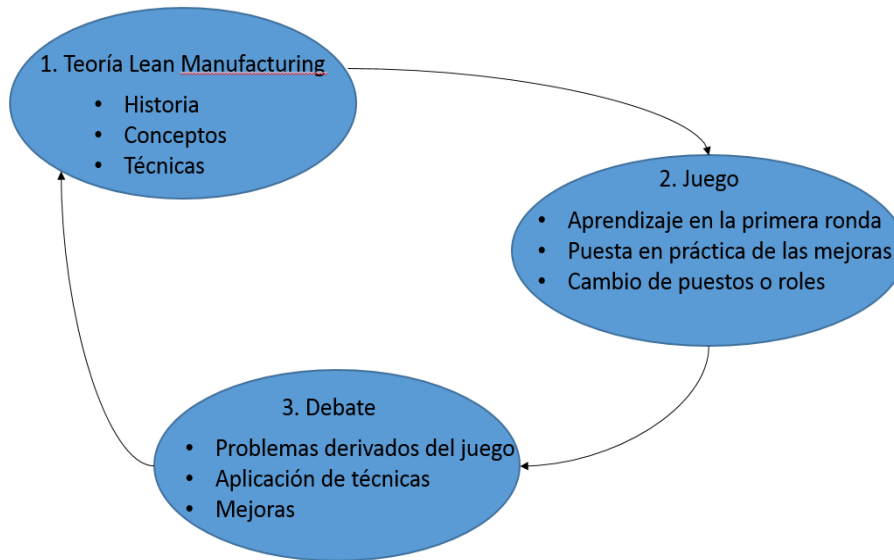


Ilustración 30: Ciclo de formación.

## 6.2. Recursos y espacio

La realización del juego se ha sido diseñado para grupos de 15 participantes ya que debido a la cantidad de roles desarrollados en el capítulo anterior es el máximo número para que en la primera rondan todos tengan cabida en el proceso y no se quede algún participante sin participar en alguna de las tres rondas, lo que produciría un efecto negativo en su disposición y podría suponer una hora a la hora del desarrollo del juego al entretener con su comportamiento otros roles.

Los recursos necesarios por cada grupo han sido propuestos en el apartado 5.1. Materiales necesarios. Cabe la necesidad de realizar modificaciones en algunos materiales siempre que sean aprobados dichos cambios por el coordinador del juego.

El espacio consistirá en un aula donde los participantes puedan desarrollar su actividad con perfecta normalidad, es decir, no debe de haber problemas de conflicto a la hora de desarrollar movimientos ilimitados por el aula salvo los previsibles y donde todos tengan su espacio con mesas y sillas no fijadas al suelo para aumentar la flexibilidad en el desarrollo de todas las rondas del juego.

El rol de Cliente tiene como función dar órdenes de producción al grupo, por lo que al tenerlo que hacer de una forma verbal, se deben de tener que tomar las precauciones necesarias en el aula para que pueda desarrollar su actividad sin problemas.

Para el desarrollo de este capítulo se va a tener en cuenta que va a ser realizado por un grupo de participantes por lo que la responsabilidad de un incremento del número de participantes por grupo o la realización de dos grupos simultáneos en manos del realizador de la actividad o del coordinador del juego las problemáticas ocasionadas por dicho incremento.

### 6.3. Temporización

El tiempo es el principal factor a la hora de desarrollar este capítulo ya que la disposición del mismo varía con cada grupo o incluso con cada persona. Se va a tratar de exponer el tiempo necesario para la realización del juego el cual dependerá:

- El objetivo de aprendizaje de técnicas Lean para el grupo.
- Personas con experiencia anterior en operaciones o técnicas Lean ya que podrían prescindir de parte de la teoría.
- La forma de aprendizaje más enfocada al juego o al posterior debate postronda.

#### 6.3.1. Curso de tiempo mínimo

El tiempo mínimo para ejecutar la versión más corta de este juego es de 3 horas y 15 minutos. (Véase tabla 9).

Actividad	Tiempo
Resumen teórico y toma de contacto entre los participantes	0-30 min
Toma de contacto con los modelos	30-40 min
Ronda 1	40-70 min
Debate post ronda	70-85 min
Descanso	85-100 min
Ronda 2	100-130 min
Debate post ronda	130-145 min
Descanso	145-150 min
Ronda 3	150-180 min
Debate general y conclusiones	180-195 min
<b>Total</b>	<b>3 horas y 15 min</b>

Tabla 9: Curso tiempo mínimo.

Esta versión tan corta del juego implica que se tiene que cumplir una serie de características tanto en los participantes como en el desarrollo de la actividad donde se han tenido que acondicionar ciertos procesos al tiempo, por lo que la experiencia del jugador puede no ser completa, pero es totalmente válida a la hora de cumplir con las expectativas del juego.

Para la realización de esta versión se debe cumplir:

- Todos los participantes deben conocer y tener experiencia en conceptos y técnicas Lean ya que no hay tiempo para la asimilación de muchos conceptos nuevos.
- Se ha reducido el número de modelos a fabricar siendo fabricados 3 modelos de cada uno.
- La duración de los debates se ha reducido de forma considerable por lo que es importante por parte de los jugadores capacidad de análisis y de objetividad en sus propuestas ya que no hay mucha posibilidad de cambio.

- Los descansos no deberían ser utilizados para desconectar de la actividad sino como un tiempo en donde se deberá preparar las rondas futuras.

### 6.3.2. Curso de una jornada

Esta posibilidad está enfocada a realización del curso de forma estructurada a la utilización de un día, a la hora de realizar la formación del curso ya sea porque la necesidad de los participantes de realizarlo en un solo día o porque el formador cuadre horarios para realizarlo.

Es propuesta puede ser interesante para participantes que se quieran orientar en Lean Manufacturing sin tener que dedicar varios días en desplazamientos y dispongan de un día para realizar una actividad formativa ajena a la docencia que se imparte en las aulas.

El tiempo dedicado a esta versión del juego es de 6 horas y 30 minutos estructurado de la siguiente manera (tabla10):

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo</b>
Presentación del curso y de los participantes	0-15 min
Docencia Teoría	15-75 min
Toma de contacto con los modelos y preparación de la ronda	75-85 min
Ronda 1	85-135 min
Debate post ronda	135-160 min
Descanso	160-205 min
Preparación de la ronda	205-215 min
Ronda 2	215-265 min
Debate post ronda	265-290 min
Descanso	290-300 min
Preparación de la ronda	300-310 min
Ronda 3	310-360 min
Debate general y conclusiones	360-390 min
<b>Total</b>	<b>6 horas y 30 min</b>

Tabla 10: Curso de jornada

Esta formación va orientada a participantes que no dispongan de una base en técnicas Lean y necesiten aprenderlas y formarse para que así durante el desarrollo del curso fijen estas ideas y salgan del mismo conociendo a grandes rangos las principales técnicas y cuando y como aplicarlas en futuras experiencias.

La duración mínima para la docencia de la parte teórica del curso es una hora ya que además del repaso histórico necesario para ver la evolución de esta ciencia, es necesario centrarse en técnicas como las 5S, mejora continua...

La primera toma de contacto como ya se explicó en el capítulo 5.1. Manual de usuario, tiene que ser muy breve ya que esto hará que los jugadores tengan ciertos problemas a la hora de desarrollar el correcto montaje de sus componentes y así generar ideas en el debate. Así como las rondas también están explicadas detalladamente y los cambios de roles en las mismas durante dicho capítulo.

El tiempo dedicado a los debates post ronda interesa que sean amplios ya que es importante que se desarrollen ciertas aptitudes y salgan a participar tanto la aplicación de los conceptos como la mejora de los mismo e incluso otros nuevos. Sería interesante que en el debate se cuestionase:

- Un análisis de lo acontecido en la Ronda de juego y los problemas surgidos en los diferentes roles.
- Como se han aplicado los conceptos vistos en la teoría y si se han desarrollado de una forma oportuna.
- Propuestas de mejora de la siguiente ronda y si podrían ser aplicadas.
- El formador explicará los cambios para la siguiente ronda.
- El formador introducirá nuevos y breves conceptos teóricos que no hayan surgido en el debate para que sean analizados en la siguiente ronda como puede ser, por ejemplo: el aprovechamiento de los desperdicios.

Los descansos en esta formación no vienen acompañados de una futura preparación por lo que pueden servir para desconectar de la actividad y afianzar ideas.

### 6.3.3. Curso dividido en tres jornadas

Esta es la posibilidad más utilizada a la hora de impartir varios tipos de cursos tanto similares como relacionados con otros temas ya que al ser desarrollado en diversas jornadas se da tiempo a los participantes a indagar en los conceptos teóricos aprendidos y asimilar rápidamente durante las jornadas gran parte de los conceptos.

Al ser de una duración adecuada tiene cabida mucho abanico de gente no solo aquellos relacionados con el tema o que desarrollan funciones de Lean, ya que aunque la cantidad de teoría es extensa hay tiempo para impartirla.

Una propuesta de desarrollo podría ser desarrollar una ronda por día como podemos ver en la tabla 11.

La docencia en este apartado va acorde a los conceptos que se vayan a desarrollar en la ronda de ese día de tal manera que no haya una acumulación intensa de conceptos teóricos y técnicas de aplicación el primer día y se vayan desarrollando acorde al juego de forma que haya la posibilidad que alguno de los conceptos que se expliquen el último día hubiesen surgido en alguno de los debates post ronda.

La preparación de las rondas de juego es similar a la del apartado anterior por lo que en esta propuesta solo se ha decidido ampliar el tiempo para que no haya confusión en ninguno de los roles.

Las rondas no varían respecto al Manual de usuario por lo que se deberían desarrollar según lo esperado anteriormente y siendo la diferencia de tiempos variable de unos participantes a otros por las habilidades a la hora de manejarse con las piezas Lego.

Día 1		Día 2		Día 3	
Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo
Presentación del curso	0-15 min	Docencia Teoría	0-60 min	Docencia Teoría	0-60 min
Docencia Teoría	15-75 min	Preparación de la ronda	60-80 min	Preparación de la ronda	60-80 min
Toma de contacto con los modelos y preparación de la ronda	75-95 min	Descanso	80-100 min	Descanso	80-100 min
Descanso	95-115 min	Ronda 2	100-150min	Ronda 2	100-150min
Ronda 1	115-165 min	Debate post ronda	150-180 min	Debate post ronda	150-180 min
Debate post ronda	165-200 min				
<b>Total</b>	<b>3 horas y 20 min</b>		<b>3 horas</b>		<b>3 horas</b>

Tabla 11: Curso dividido en jornadas

Los debates post ronda son fundamentales por lo que se vuelve a remarcar lo citado en el apartado anterior (6.3.2) respecto a los mismos.

#### 6.4. Asignación de Roles

En capítulos anteriores se han mencionado, analizado y estructurado los principales roles que intervienen a la hora de realizar el juego, pero hay una serie de roles que intervienen o pueden intervenir en el juego si hay un número de participantes adecuado.

Se va a realizar una pequeña descripción de cada uno de ellos para que al formador del juego le sea sencillo organizarse en función de los participantes y los roles necesarios y si fuese necesario prescindir de alguno de ellos al principio por falta de jugadores saber la relevancia de cada uno de ellos.

Los 15 roles que forman el juego son:

- Cliente: rol ya mencionado en capítulos anteriores. Véase el apartado 5.2.1.1.
- Jefe de fábrica: Su principal función consistirá en organizar el proceso de fabricación de los montajes realizando su función por medio de órdenes y peticiones a los diferentes puestos de montaje y otros roles. Véase el apartado 5.2.1.2.
- Proveedor: Su principal papel consiste en suministrar al sistema de fabricación un subconjunto ya definido que son las Alas. Sus funciones no varían mucho de unas rondas a otras con la salvedad de detalles como pueden ser: que en la primera ronda no disponen de catálogo para ver las instrucciones de montaje o que en la ronda tres su posición cambia debido de la adaptación del sistema productivo a Pull. Véase el apartado 5.2.1.3.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
MANUAL DEL FORMADOR

- Puesto 1: La función principal de este rol es la de fabricar los Chasis de los diferentes modelos. Véase el apartado 5.2.1.4.
- Puesto 2: Es el rol encargado de fabricar los subconjuntos necesarios para cada uno de los diferentes modelos. Como ya se mencionó en el capítulo 5.2.1.4 va a ser el principal cuello de botella en la cadena de montaje para la primera ronda.
- Ensamblado: Su función consistirá en recibir los diferentes subconjuntos de los diferentes puestos y unirlos para finalizar el proceso de fabricación.
- Logística proveedor: Responsable de transportar los productos finalizados del Proveedor al Jefe de fabricación o donde reciba la orden de transportarlo. Este rol sufre una pérdida de relevancia en la última ronda debido al acercamiento del Proveedor a los demás roles para la ronda 3.
- Logística interna: Responsable del transporte de los subconjuntos finalizados entre los diferentes roles de montaje (Puesto 1, 2, Ensamblaje) y Control de calidad.
- Control de Calidad: Rol importante al finalizar el proceso productivo ya que es el responsable de analizar el modelo y ver si tiene desperfectos o por el contrario entregarlo al Cliente como aceptable. Véase el capítulo 5.2.1.5.
- Tiempos: Rol encargado en la medición de los tiempos de todo el proceso y de cada uno de los diferentes roles para que en el debate post ronda ayude a sus compañeros aportando su visión de los errores y mejoras basándose en los datos obtenidos. Puede ayudarse a la hora del control de tiempos en la Tabla 8 “Tarjeta de juego” del apartado 5.1.
- Tiempos del Proveedor: Rol encargado de medir los tiempos del proveedor. Este rol puede adquirir las funciones de ayudante del proveedor si el Coordinador del juego lo entiende como necesario.
- Almacén 1,2 y 3: Ayudantes del rol Jefe de almacén que explicaremos a continuación. Los jugadores que sean asignados a este rol y que en colaboración con el Coordinador del juego puedan ayudar en otras funciones tienen la autorización para hacerlo.
- Jefe de Almacén: Véase el apartado 5.2.1.6. Este rol es fundamental ya que es el suministrador de las piezas para los puestos de trabajo. Tiene que ser consciente de lo que acontece en cada ronda y para ello tiene que tener muy estructurado su puesto de trabajo. Para ayudar a este rol a la hora de organizar su puesto de trabajo para las diferentes realizaciones del curso en función del tiempo, se ha decidido realizar un Excel para ayudar en su función. Para una jornada de “Tiempo Mínimo” (apartado 6.3.1) el número total de piezas en el almacén es de 1137 realizándose el montaje completo de 3 unidades de cada modelo, así sería un total de 9 modelos a fabricar. Para la realización de las otras dos jornadas, apartado 6.3.2 y 6.3.3. El número total de piezas en el almacén es de 666. En el anexo V se añade una guía de todos los Bricks utilizados en la fabricación de cada modelo, así como del total de piezas utilizadas.



## 7. ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio de costes es un apartado fundamental en cualquiera tipo de proyecto vital. Aquí es donde se han de contabilizar todos los costes durante el proceso de creación del juego y posterior desarrollo del mismo, esto es desde el momento en que se plantea la idea de la posibilidad de desarrollar un juego didáctico complementario a un aprendizaje teórico, pasando a como o que componentes o piezas son necesarias para el mejor desarrollo del mismo contando con la vida útil y posibles los desperfectos o deterioros por el uso del mismo.

Durante el capítulo tendremos que estudiar los tipos de costes que intervienen ya que pueden ser de lo más diverso, así como los costes del desarrollo del juego, equipos informáticos, alquiler del local, materiales, etc.

Como se ha hablado en la introducción, este Trabajo Final de Grado ha sido realizado por una persona estudiante de Grado de Organización Industrial y se suponiendo que realiza este trabajo por cuenta ajena a la Universidad de Valladolid en régimen de autónomo.

### 7.1. Desarrollo del proyecto

La correcta identificación de los pasos que se han seguido para el juego desde la creación, desarrollo hasta el diseño final del mismo son imprescindibles para conocer el alcance de los costes en los que se ha incurrido durante el proceso. Cabe destacar que esta labor puede ser muy subjetiva ya que en ciertos casos depende del criterio personal por lo que si hubiese sido realizado este estudio por otra persona los resultados podrían variar.

Tomando la experiencia de realizar dicho estudio, se ha considerado que las etapas más significativas son:

#### -Decisión de elaborar un Juego didáctico como TFG

Estudio sobre las posibilidades a la hora de realización del proyecto fin de grado entre las diferentes opciones están la del listado de proyectos, propuestas a profesores y opciones realizadas por alumnos en cursos pasados. Dicho estudio se tiene que desarrollar con la idea final de que el proyecto se ajuste a los contenidos cursados durante la carrera como punto de aplicación de los conocimientos adquiridos y no menos importante, que tenga ese punto de inquietud para realizar el proyecto de la forma más motivacional posible que hace que sea más personal y por lo tanto más educativo.

#### -Puesta en común con el tutor del proyecto.

Ya decidido el proyecto en la etapa anterior donde se eligió como TFG la creación de un juego didáctico similar al existente en la Escuela Renault pero con otra serie de piezas y creando otro proceso de fabricación. Se consultó al tutor acerca de los diferentes procesos que son necesarios para el modelo a fabricar y los conceptos que son útiles a la hora de enseñar a través de la participación en el juego.

-Recopilación de información y materiales

En esta etapa lo que se ha buscado es el aglutinamiento de la mayor cantidad posible de información. Primero se empezó con repasar y adquirir algunos conceptos de Lean Manufacturing para poder aplicar al juego ya que se parte de la base que al realizar el curso de Lean el juego didáctico se conoce. Como segundo punto se buscó información de juegos didácticos parecidos ya que podían aportar ideas o formas de aprendizaje nuevas al ya existente. El objetivo principal del juego es que los participantes aprendan dichas técnicas de la forma más divertida posible y en un tiempo relativamente corto.

-Creación y diseño

La etapa más complicada sin lugar a dudas. En esta etapa primero se buscaron alternativas de fabricación con unas ciertas características como el número de piezas y los diferentes modelos que salen de las mismas. Esto supone una fase en la que hay que buscar las limitaciones que provoca este modelo e intentar compensarlas o bien generando modelos alternativos y optimizando el producto para a la hora de jugar al mismo sea más fluido y delimitar los procesos.

Puede deducir el lector a la hora de leer esta fase que sería más apropiado haber separado en dos fases esta etapa, pero no se ha decidido así por la razón de que la forma en la que está realizado el juego se necesita de la prueba y error a la hora de crear los modelos y ver si cumplen con los requisitos de diseño del juego.

-Redacción del informe.

Redacción del proyecto final del master y modificaciones del mismo.

## 7.2. Costes de personal

Uno de los costes más difícil de calcular a la hora de realizar este capítulo es éste. Los costes de personal se calculan de las horas efectivas de trabajo según el artículo 34, el cual es el referente al Estatuto de los trabajadores donde se indica que la duración de la jornada de trabajo nunca podrá ser superior a 40 horas semanales.

Es fundamental saber los días efectivos por año para realizar los cálculos, con lo cual es necesario saber dichos días. Partiendo de la base que la mayoría de los contratos de trabajo son negociados por convenios de trabajo se ha considerado un cómputo general de dichos días que podemos ver en la tabla 12:

<b>DÍAS EFECTIVOS POR AÑO</b>	
Días del año	365
Días de vacaciones	23
Días festivos	14
Dos días de descanso a la semana	95
<b>TOTAL DÍAS EFECTIVOS ANUALES</b>	<b>233</b>
Horas de trabajo diarias	8
<b>TOTAL HORAS EFECTIVAS ANUALES</b>	<b>1864</b>

Tabla 12: Días efectivos por año.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
ESTUDIO ECONÓMICO

Dichas horas se han obtenido del convenio colectivo nacional de empresas de ingeniería y estudios técnicos de 2014-2017.

Los cálculos del coste de hora efectiva del Ingeniero responsable de realizar el proyecto se configuran de forma que dicho trabajador esté dado de alta en el régimen de autónomos donde se ha presupuestado un sueldo bruto de 1800 euros mensuales los cuales tienen una cotización mínima a dicho régimen de autónomos de 267,03 euros al mes.

En caso de que se necesitase un personal más para la realización de dicho proyecto se tendría que presupuestar con su sueldo bruto y su base de pago a la seguridad social por parte de la empresa con la cuota procedente.

Como solo contamos con un único trabajador ingeniero de formación, se representarán los costes en la siguiente tabla (tabla 13).

<b>COSTES DE PERSONAL</b>	
Sueldo bruto	21.600 €
Seguridad social	3.204,36 €
Coste total/año	24.804,36 €/año
Coste total persona/hora	13,3 €/hora

Tabla 13: Costes de personal.

### 7.3. Amortización de equipos informáticos

Para la realización de este proyecto es imprescindible el soporte y apoyo de diversos hardware, por lo que se ha optado por la compra de un ordenador de portátil Lenovo Yoga 510, donde se incluye una garantía de dos años e incluye las licencias de Windows 10. Por otra parte, es necesario disponer del paquete Office y de diversos Softwares como teclado, ratón y altavoces, además debido a la necesidad de impresión para la realización del juego didáctico en aula y que podría haber pequeñas variaciones se ha tomado la decisión de incluir una impresora multifunción laser por un precio razonable. Todos estos elementos se han incluido en la tabla que mostramos a continuación.

Para los cálculos de las amortizaciones (tabla 14), se ha tenido en cuenta que los equipos informáticos suelen tener de media una vida útil de cinco años que más o menos se asemeja a las amortizaciones óptimas que se ha considerado para este proyecto a estos equipos.

<b>AMORTIZACIÓN (€)</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Amortización anual</b>
Lenovo Yoga 510, I3-7100U, 4GB RAM, 128 SSD	700 €	1	140 €
Impresora HP LaserJet M26nw	134,35 €	1	26,87 €
Teclado+Ratón MK220 Logitech	19,99 €	1	4 €
Altavoces Logitech Z213	18,85 €	1	3,77 €
Microsoft Office profesional 2016	336,12 €	1	67,224 €
<b>Total</b>	<b>1209,31 €</b>		<b>241,862 €</b>

Tabla 14: Amortizaciones.

#### 7.4. Consumibles

Estos elementos son considerados como gastos necesarios para el desarrollo del proyecto, en este caso el desarrollo del juego y creación del mismo. Pueden ser también los materiales que se han consumido durante el proyecto no solo los finales por lo que estos costes tienen que ser incluidos en el coste final del juego (tabla 15).

<b>CONSUMIBLES (€)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Papel	20 €
Encuadernación	50 €
Tóner	60 €
Recipientes de plástico	20 €
Otros	100 €
<b>TOTAL</b>	<b>250 €</b>

Tabla 15: Consumibles.

#### 7.5. Costes indirectos

Son aquellos gastos que sin estar directamente relacionados con la realización del proyecto y del juego son imprescindibles para la ejecución y desarrollo del mismo, así de la realización de las actividades paralelas (tabla 16).

<b>COSTES INDIRECTOS (€)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Alquileres	500 €
Alquiler del mobiliario	100 €
Consumo de electricidad	60 €
Transporte	40 €
Otros	100 €
<b>Total / mensual</b>	<b>800 €/mes</b>
<b>Total / horas</b>	<b>5 €/hora</b>

Tabla 16: Costes Indirectos.

#### 7.6. Tiempo y costes dedicados al proyecto

Al dividir el proyecto en diversas etapas como se ha visto desarrollado en anteriores capítulos debemos analizar los costes de las etapas así del tiempo invertido para un mejor análisis. Las horas dedicadas a cada etapa del proyecto se representan en la siguiente tabla (tabla 17):

<b>TIEMPOS DEDICADOS EN EL PROYECTO</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Horas</b>
1	3
2	7
3	30
4	150
5 y 6	250
<b>Total</b>	<b>440</b>

Tabla 17: Horas dedicadas al proyecto.

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
ESTUDIO ECONÓMICO

Ahora se van a analizar y calcular los costes para cada una de las etapas del proyecto. El cálculo de los costes se tiene que realizar aplicando los siguientes tiempos: para el cálculo de los costes del personal y de las amortizaciones de los equipos informáticos se tienen que calcular dividiendo entre el número de horas efectivas anuales. El cálculo de los consumibles y los costes indirectos se calcula dividiendo los mismos entre el total de horas del proyecto. Todos estos cálculos se resumen en la tabla que se muestra a continuación.

Como ya se ha señalado con anterioridad el proyecto es desarrollado por una única persona realizando dicho trabajo como ingeniero técnico en régimen de autónomo.

Se va a representar una tabla final (tabla 18) de los costes para cada una de las fases del proyecto, lo que hará que tengamos una perspectiva visual global del proyecto.

<b>Fase</b>	<b>Tiempo dedicado (horas)</b>	<b>Coste personal (€/hora)</b>	<b>Amortización</b>	<b>Consumibles</b>	<b>Costes indirectos</b>	<b>Total costes por fase</b>
<b>1</b>	3	13,3	1,98	4,68	15	<b>61,56 €</b>
<b>2</b>	7	13,3	4,63	10,92	35	<b>143,65 €</b>
<b>3</b>	30	13,3	19,88	46,8	150	<b>615,68 €</b>
<b>4</b>	150	13,3	99,39	234	750	<b>3078,39 €</b>
<b>5 y 6</b>	250	13,3	165,65	390	1250	<b>5130,65 €</b>
<b>TOTAL</b>						<b>9029,93 €</b>

Tabla 18: Tabla costes totales.

A estos costes hay que aplicarles para su perfecto uso Impuestos indirectos como (IVA, recargos) y márgenes comerciales.

## 8. CONCLUSIONES Y FUTUROS CAMBIOS

El objetivo de este capítulo consistirá en dar una serie de argumentos extraídos en la realización de este trabajo, así como intentar aconsejar a futuros trabajos desarrollos a la hora de mejorar o proponer otro nuevo juego didáctico basado en esta idea de Lego Flow Game.

Uno de los puntos más importantes a la hora de analizar este trabajo final es si la propuesta de juego realizada cumple con los requisitos para los que fue diseñado, es decir, si al final del curso, sesiones o juego se aprenden los conocimientos que se pretendían en el programa de una forma natural y entretenida. Una forma de saber si se ha alcanzado este objetivo es analizando los debates post ronda, dado que las propuestas y análisis de las ideas surgidas del mismo dan una idea muy aproximada del mismo.

La realización del aprendizaje de la filosofía Lean por medio de un juego didáctico consistía como se dijo en teoría para que los participantes pudiesen aprender de una forma no consciente del esfuerzo de realizado y que con ello se consiguiese una profundidad en el aprendizaje más duradera que de la forma tradicional. Esto se consigue por la idea de “aprender haciendo” o “learn by doing” y al uso de la gamificación en la educación.

Que la realización del juego sea por medio de piezas Lego ayuda a que la experiencia del mismo sea más gratificante ya que al ir dirigido a personas adultas, este tipo de piezas te recuerda a los juegos de la infancia, por lo que, el recuerdo y la sencillez de estas piezas, ya que no te tienes que enfrentar a un proceso muy laborioso, hace que el fin lúdico del juego sea ideal para el aprendizaje.

Hay una gran diversidad de técnicas de aprendizaje y de juegos en internet donde la mayoría poseen en común, dentro de toda la variedad, que se desarrollan de forma individual, de tal manera que, aunque el aprendizaje de conocimientos pueda ser superior al desarrollado en esta propuesta de juego se pierde uno de los valores que más importancia y relevancia está cogiendo en esta última década que es el trabajo en equipo.

Una de las principales causas en el desarrollo de este juego y la principal virtud para que salga adelante la finalidad del mismo que es la producción de los diferentes modelos, es la colaboración entre todos los participantes ya que se necesita una estrecha colaboración para alcanzar el objetivo común. Consiguiendo esta colaboración se conseguirá que los debates sean muchísimo más productivos ya que la confianza entre los participantes hará que propuestas que a priori sean descartadas por un jugador por miedo a quedar en evidencia, aun siendo buenas, esta confianza desde mi experiencia personal hace que aumente la colaboración.

En el desarrollo de esta propuesta se ha considerado que el juego didáctico sea entendible, sencillo y económico (ya que no se necesita más que un pack de Lego con un valor asequible para su realización). Estos elementos hacen que este juego sea aplicable en cualquier momento sin la necesidad de emplear muchos recursos externos ni una preparación elevada tanto por parte del coordinador de la actividad como de los participantes.

## DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. CONCLUSIONES Y FUTUROS CAMBIOS

La principal ventaja a la hora de la realización de este juego es que sirviese a los estudiantes de ingeniería industrial como apoyo a varias asignaturas especialmente en la rama de Organización Industrial ya que muchas materias imparten los conceptos que se desarrollan en este juego. Como se ha desarrollado en el capítulo 6 del presente trabajo, se podría desarrollar una versión corta del mismo en media jornada lectiva, haciendo que sea flexible al horario académico.

Los futuros desarrollos que podría tener esta nueva versión del “Lego Flow Game” son amplios, pero se ha decidido poner solo algunos de ellos considerados como los más importantes:

- Para la realización del juego se ha optado por la utilización de modelos asociados a la industria del transporte, sería muy interesante desarrollar otro trabajo con una propuesta de modelos diferente para demostrar que las herramientas Lean son útiles para gran variedad de procesos.
- Se podría realizar en este trabajo un desarrollo económico del flujo de trabajo en cada ronda, analizando los costes directos, indirectos, logística, almacenaje, entre otros para ver cómo influye a pequeña escala de producción cada una de los sistemas de producción.
- El coordinador del Curso de la Escuela Lean de Renault Consulting propuso el desarrollo de un juego basado en su idea inicial pero con otros modelos que cumpliesen unas características determinadas como: número de 300 piezas por modelo de fabricación, que todos los modelos tengan un subconjunto en común y que sea posible su adquisición en grandes cantidades.

Sería muy interesante encontrar y desarrollar otro trabajo cumpliendo estas características ya que se ha intentado buscar diferentes modelos que las cumpliesen a día de hoy, pero ha resultado complicado. Se podría estudiar la propuesta de la ilustración 31 por si pudiese ser disponible. Otra posibilidad sería la de crear tres modelos que lo cumpliesen, pero esta posibilidad requiere de mucho tiempo y experiencia en la fabricación de modelos Lego, pero no es descartable.



Ilustración 31: Propuesta de modelo. Fuente: Aliexpress [2018]

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Principales referencias bibliográficas utilizadas en la realización de este TFG:

- Bernardez, M.L. [2009]. *“Desempeño humano. Manual de consultoría. Volumen 1”*. Chicago: Author House.
- Bibliografías y vidas (a) “Frederick Winslow Taylor”. Consultado en diciembre de 2017: [https://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/taylor\\_frederick.htm](https://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/taylor_frederick.htm)
- Bibliografías y vidas (b) “Henry Ford”. Consultado en diciembre de 2017: <https://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/>
- CCOO [2014-2017]. *XVIII Convenio colectivo nacional de empresas de ingeniería y oficina de estudios técnicos*. En línea: <https://www.ccoo-servicios.es/convenios/html/39641.html>
- Rodríguez Lago, G [2016]. “Desarrollo de un juego didáctico para el aprendizaje de herramientas lean”. Universidad de Valladolid.
- Hernández, J.C y Vizán, A [2013]. “Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación” En línea: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI\\_LeanManufacturing\\_2013.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf)
- Kearns, R.L [1992]. “Zaibatsu America: How Japanese Firms are Colonizing Vital U.S. Industries”. Editorial: Free Press/Macmillan.
- Marín, I y Hierro, E [2013]. “Gamificación. El poder del juego en la gestión empresarial y en la conexión con los clientes”. Editorial: Urano/Empresa activa.
- Ortiz, A.L [2009]. “Educación infantil: Afectividad, amor, felicidad, currículo, lúdica, evaluación y problemas de aprendizaje” Colombia. Editorial: Litoral”.
- Palao, F [2012]. “¿Qué son las tecnologías lean startup?” En línea: <http://www.franciscopalao.com/2012/11/27/que-son-las-metodologias-lean-startup-y-que-no/>
- Perez, J [2015]. “Lean: Control visual” En línea: <http://javiersole.com/?p=2212>
- Rillo, M [2015]. Serious Play Pro. Publicado el 14 de junio de 2015. <http://seriousplaypro.com/2015/06/14/lego-flow-game/>
- Scotland, K (2013). Lego Flow Game. En línea: <https://availagility.co.uk/resources/games/lego-flow-game/>
- Vallejo, C. [2013,10,08]. Reducción del MURA = Aumento de la flexibilidad. Recuperado de: <http://www.renault-consulting.es/blog/lean/reduccion-del-mura-aumento-de-la-flexibilidad/>
- Wikipedia (a); “Frederick Winslow Taylor”. Consultado en diciembre de 2017: [https://es.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](https://es.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor)
- Wikipedia (b); “Henry Ford”. Consultado en diciembre de 2017: [https://es.wikipedia.org/wiki/Henry\\_Ford](https://es.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford)
- Wikipedia (c); “Sistema de producción de Toyota”. Consultado en noviembre de 2017: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_produccion\\_de\\_Toyota](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_produccion_de_Toyota)
- Woodhead, R; “Facilitator’s Guide”. Desarrollado como una actividad educativa por MTA Learning. Consultado el 22 de febrero de 2018.



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
BIBLIOGRAFÍA

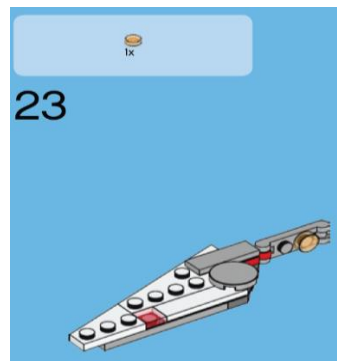
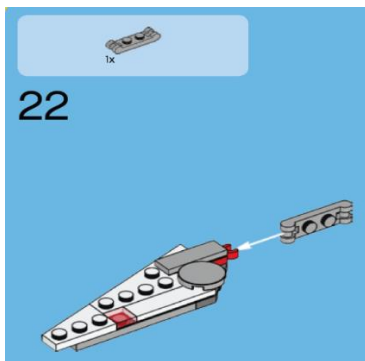
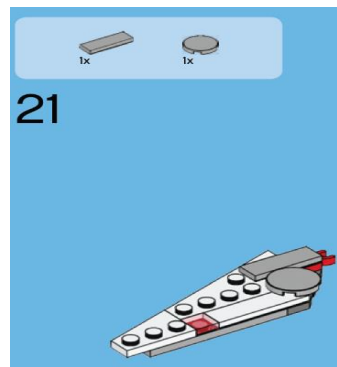
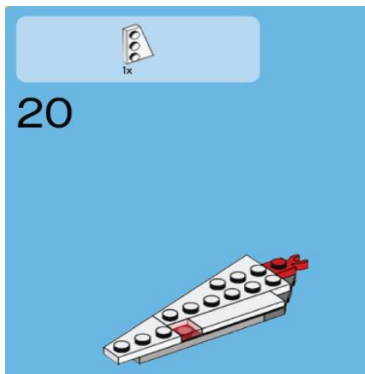
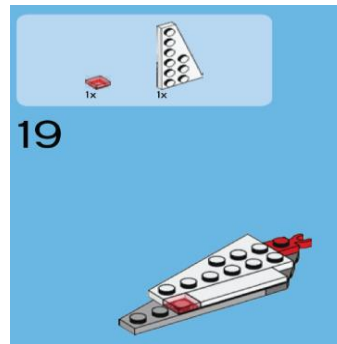
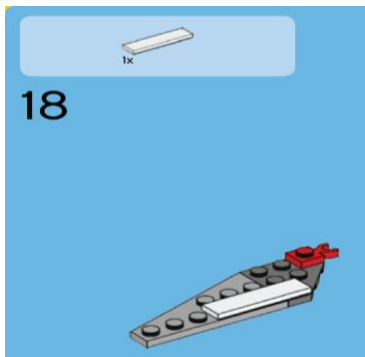
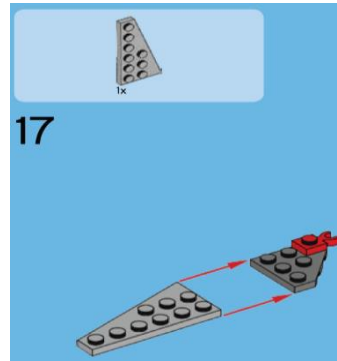
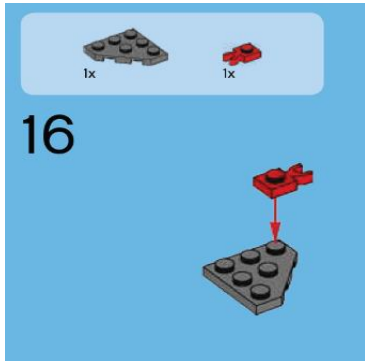
Imágenes

- Ctcalidad.blogspot.com.es. Recuperado del 8 de agosto de 2016.  
<http://ctcalidad.blogspot.com.es/2016/08/las-claves-del-sistema-de-produccion.html>
- Gestionycontroldecalidadleg.blogspot.com.es. Recuperado de noviembre de 2016.  
<http://gestionycontroldecalidadleg.blogspot.com.es/2016/11/desperdicios-de-una-empresa-cuando-se.html>

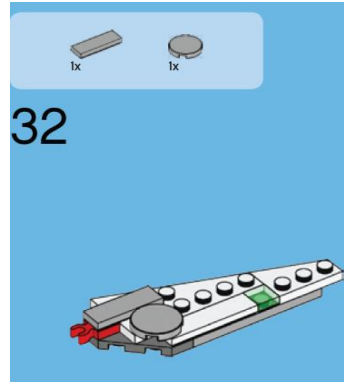
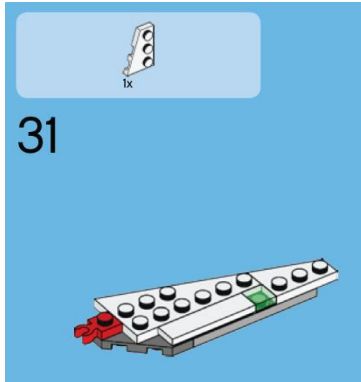
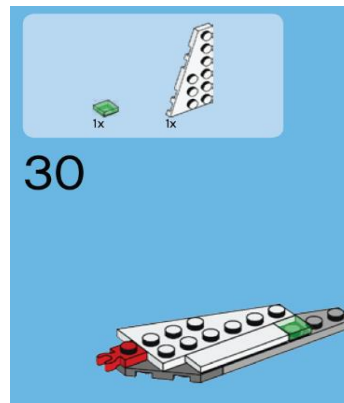
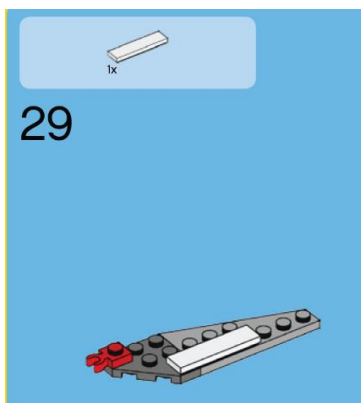
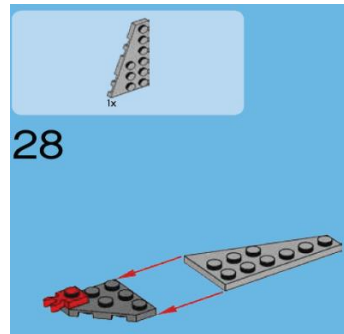
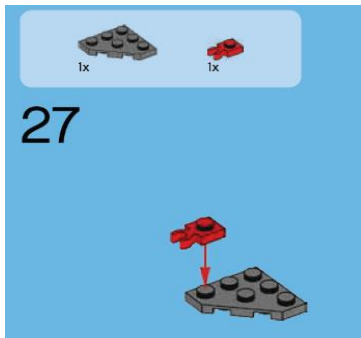
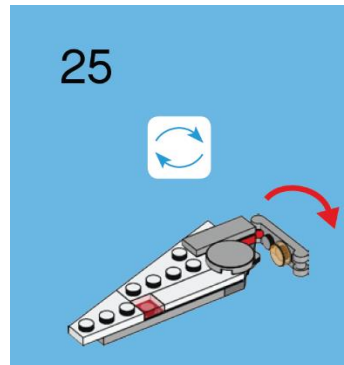
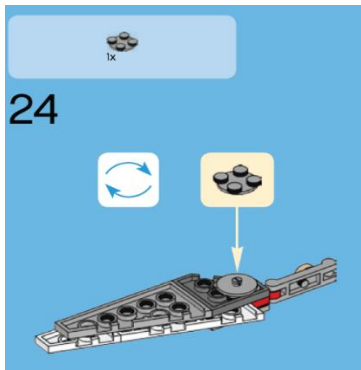


## Anexo I

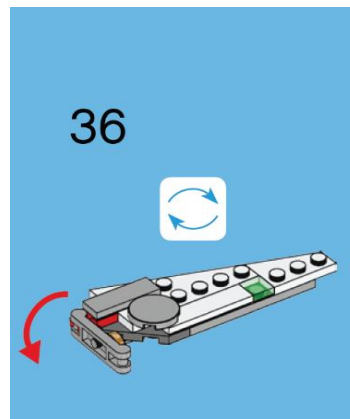
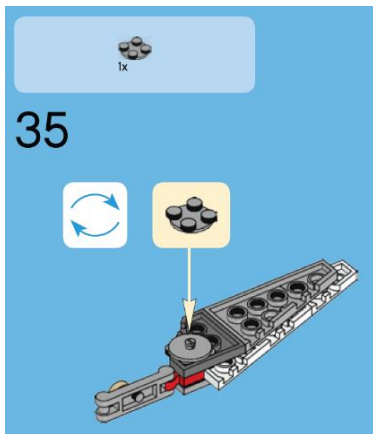
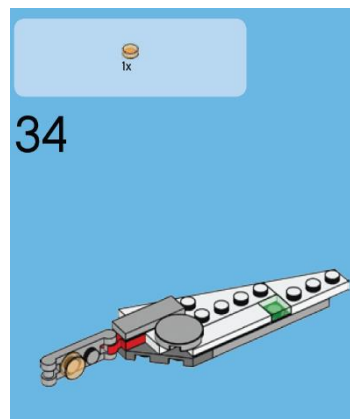
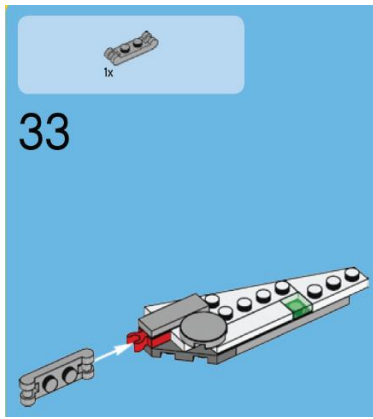
### A. ALAS



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo I

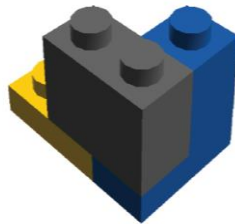
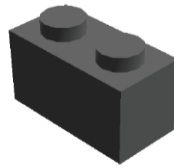


DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo I

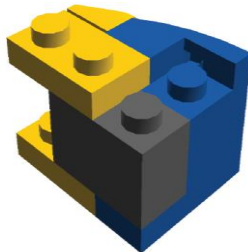


- |    |  |  |    |  |  |    |  |  |
|----|--|--|----|--|--|----|--|--|
| 1x |  | FLAT TILE 1X1 - Tr. Green                  | 1x |  | FLAT TILE 1X3 - Dark Stone Grey              | 1x |  | FLAT TILE 1X4 - White                        |
| 1x |  | FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Bright Orange   | 1x |  | FLAT TILE 2X2, ROUND - Dark Stone Grey       | 1x |  | LEFT PLATE 2X3 WANGLE - White                |
| 1x |  | CORNER PLATE 45 DEG. 3X3 - Dark Stone Grey | 1x |  | LEFT PLATE 3X8 W ANGLE - White               | 1x |  | LEFT PLATE 3X8 W ANGLE - Medium Stone Grey   |
| 1x |  | PLATE 1X1 W. HOLDER - Bright Red           | 1x |  | Plate 1x2 w 2 shafts ø 3.2 - Dark Stone Grey | 1x |  | TURN PLATE 2X2, UPPER PART - Dark Stone Grey |
| 1x |  | FLAT TILE 1X1 - Tr. Red                    | 1x |  | FLAT TILE 1X3 - Dark Stone Grey              | 1x |  | FLAT TILE 1X4 - White                        |
| 1x |  | FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Bright Orange   | 1x |  | FLAT TILE 2X2, ROUND - Dark Stone Grey       | 1x |  | RIGHT PLATE 2X3 WANGLE - White               |
| 1x |  | CORNER PLATE 45 DEG. 3X3 - Dark Stone Grey | 1x |  | RIGHT PLATE 3X8 W ANGLE - White              | 1x |  | RIGHT PLATE 3X8 W ANGLE - Medium Stone Grey  |
| 1x |  | PLATE 1X1 W. HOLDER - Bright Red           | 1x |  | Plate 1x2 w 2 shafts ø 3.2 - Dark Stone Grey | 1x |  | TURN PLATE 2X2, UPPER PART - Dark Stone Grey |

## B. ALERONES



Step 4



1x BRICK 1X1 - Bright Blue



1x BRICK 1X2 - Dark Stone Grey



1x ROOF TILE 1X2X2/3, ABS - Bright Yellow



1x PLATE W. BOWTIE HOLES - Bright Blue



2x PLATE 1X2 - Bright Blue

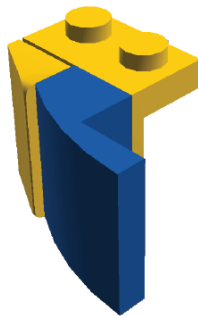
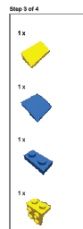
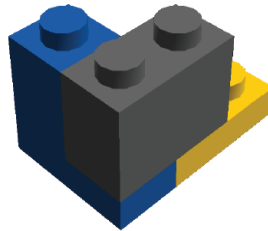
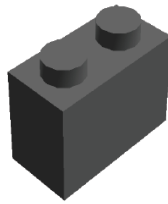


1x PLATE 1X2 - Bright Yellow

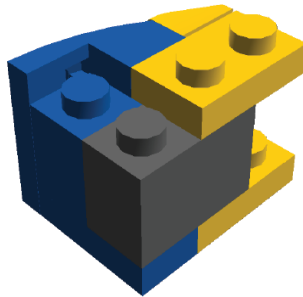


1x ANGLE PLATE 1X2/2X2 - Bright Yellow

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo I

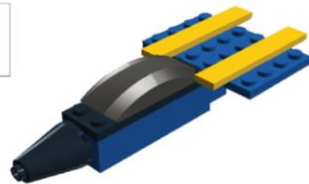
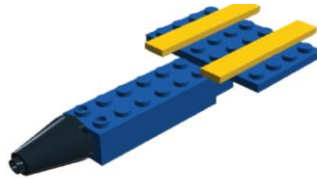
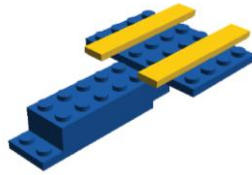
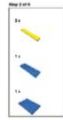
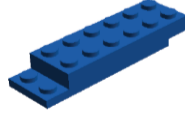










Step 4 of 4



- |    |                                       |    |                             |    |  |
|----|---------------------------------------|----|-----------------------------|----|--|
| 1x | BRICK 1/1 - Bright Blue               | 1x | BRICK 1/2 - Dark Stone Grey | 1x | ROOF TILE 1 X 2 X 2/3, 4/6 - Bright Yellow |
| 1x | PLATE W BOW 2/2/3 - Bright Blue       | 2x | PLATE 1/2 - Bright Blue     | 1x | PLATE 1/2 - Bright Yellow                  |
| 1x | ANGLE PLATE 1/2 / 2/2 - Bright Yellow |    |                             |    |  |

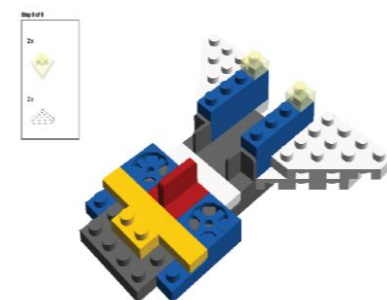
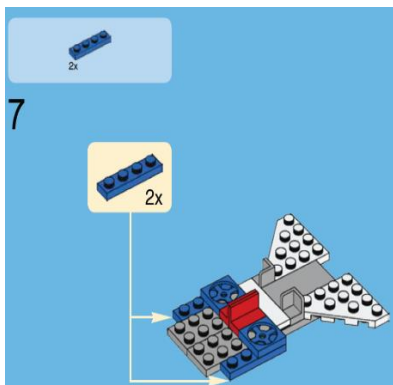
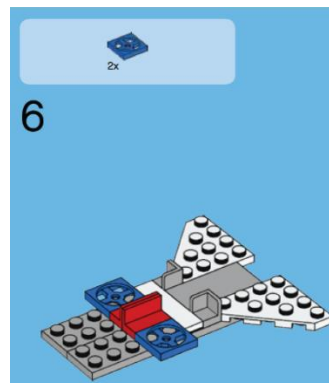
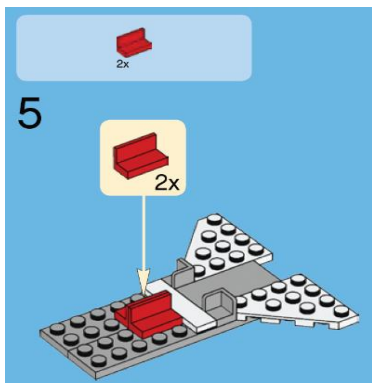
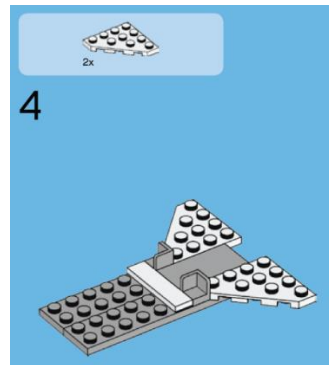
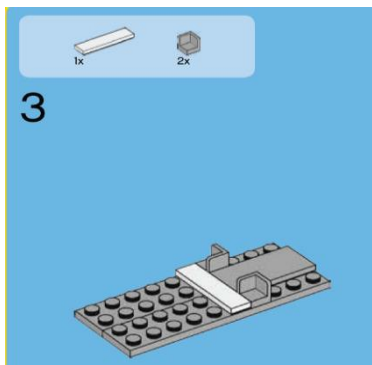
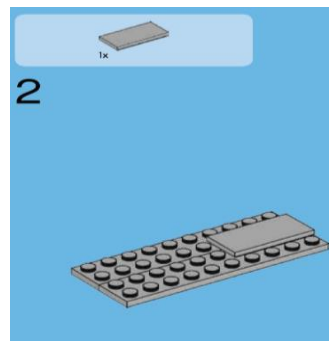
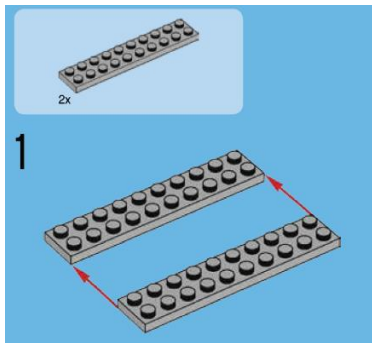
C. CABINA



- |    |   |    |   |    |   |
|----|---|----|---|----|---|
| 1x |  NOSE CONE 2X2 - Black                 | 1x |  TECHNIC BRICK 1X2, Ø4.9 - Bright Blue | 2x |  FLAT TILE 1X2 - Bright Yellow |
| 4x |  PLATE 2X8 - Bright Blue               | 1x |  PLATE 2X8 - Black                     | 1x |  PLATE 4X8 - Bright Blue       |
| 1x |  Cross axle 2m w. stop w. flc. - Black | 2x |  FRONT, 2X2, SPORT - Titanium Metallic |    |   |



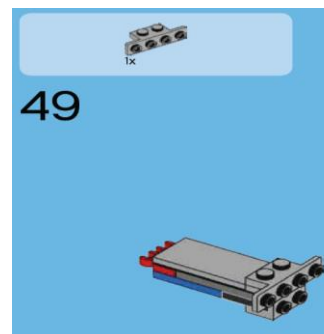
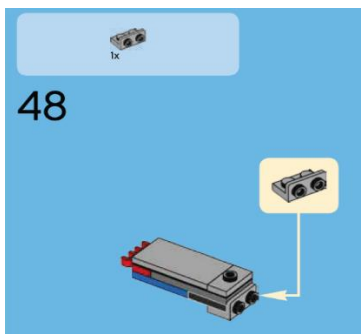
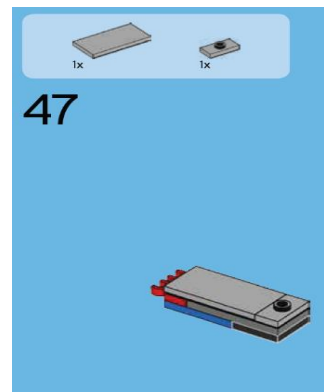
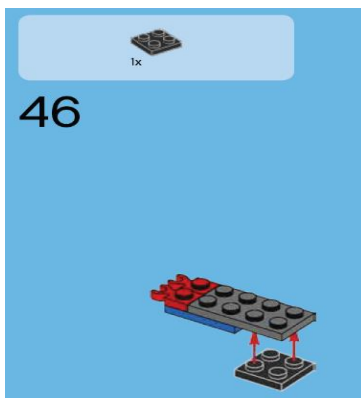
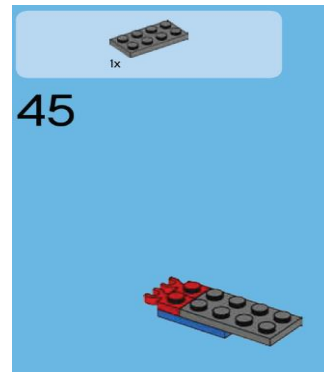
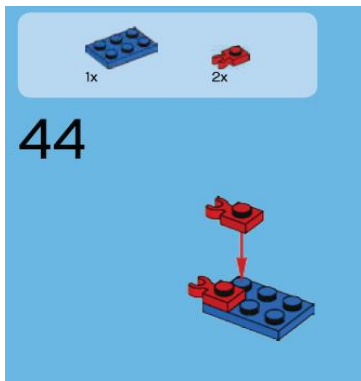
D. CHASIS



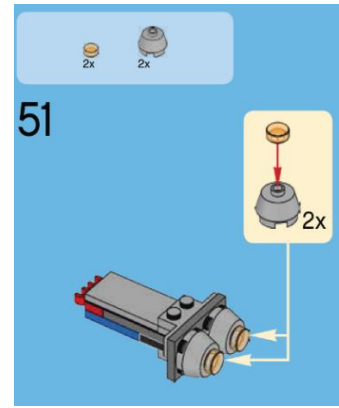
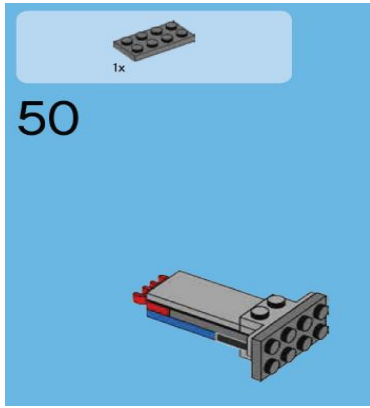
# DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.



## E. TURBINA

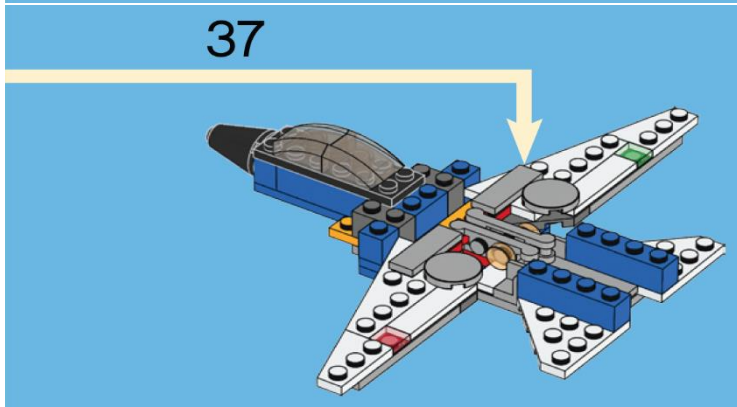
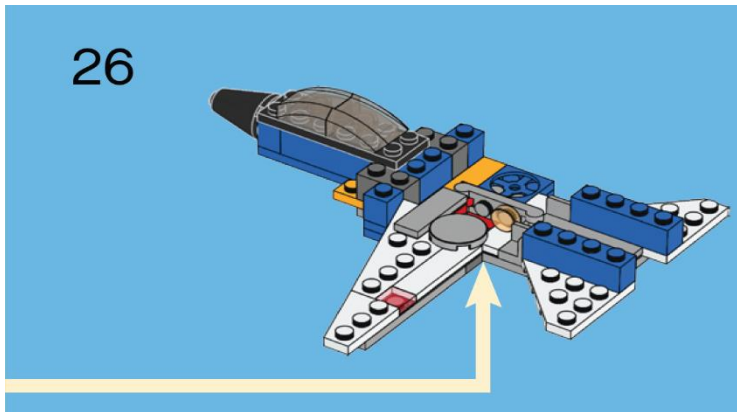


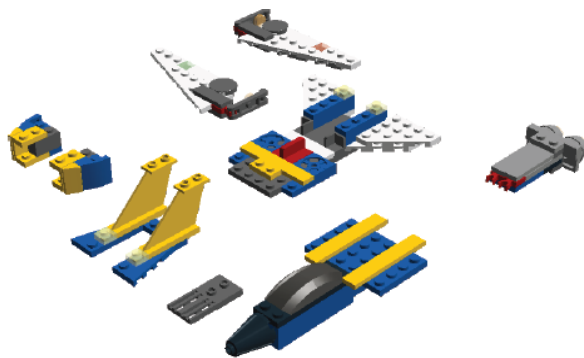
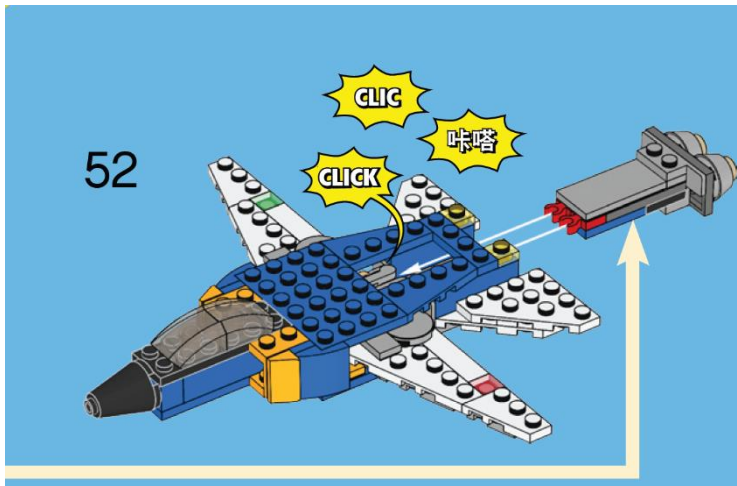
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.



- |   |  |  |
|---|--|--|
| 2x  2X ROUND SLOPE BRICK W KNOB - Medium Stone Grey | 1x  PLATE 1X2 W 1 KNOB - Dark Stone Grey | 1x  PLATE 2X2 - Black                                |
| 1x  FLAT TILE 2X4 - Medium Stone Grey               | 1x  PLATE 2X3 - Bright Blue              | 2x  PLATE 2X4 - Medium Stone Grey                    |
| 2x  FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Bright Orange        | 2x  PLATE 1X1 W HOLDER - Bright Red      | 1x  ANGULAR PLATE 1.5 BOT. 1X2 1/2 - Dark Stone Grey |
| 1x  ANGLE PLATE 1X3/1X4 - Medium Stone Grey         |  |  |

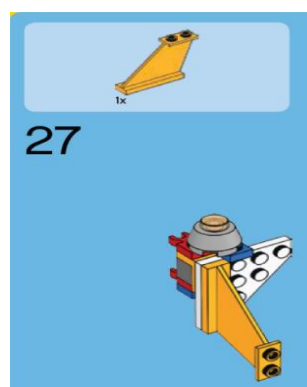
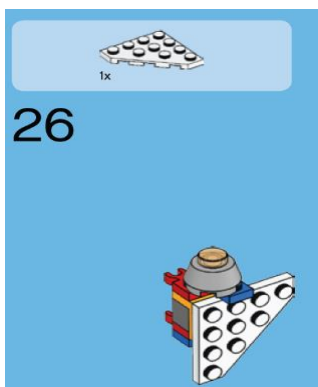
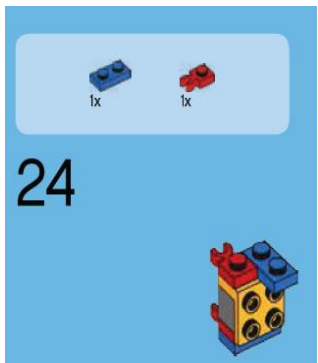
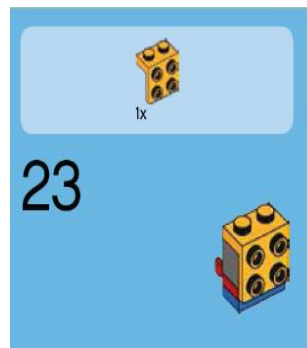
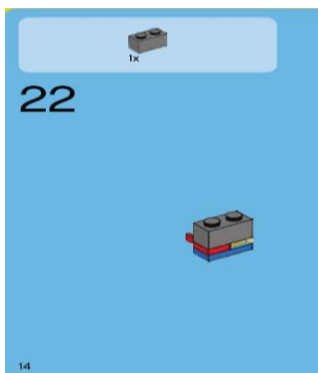
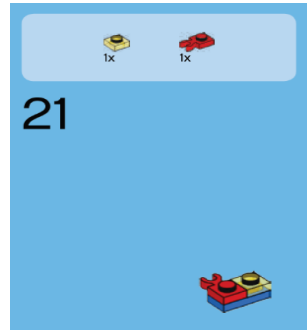
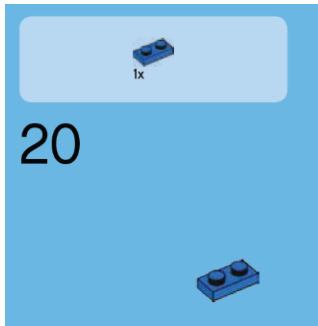
F. ENSAMBLADO



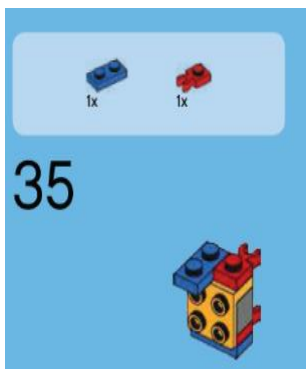
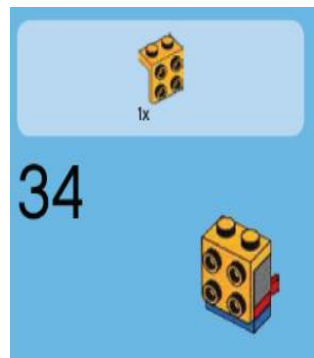
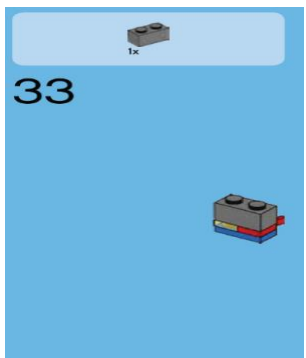
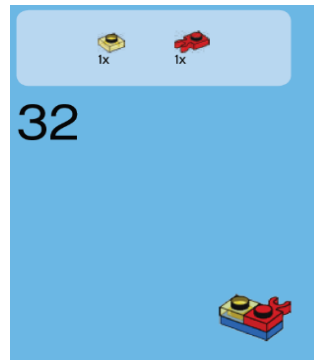
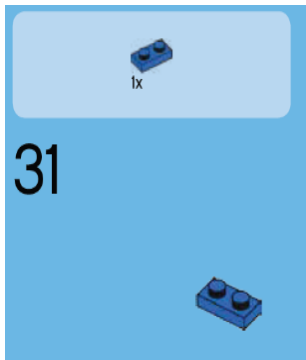
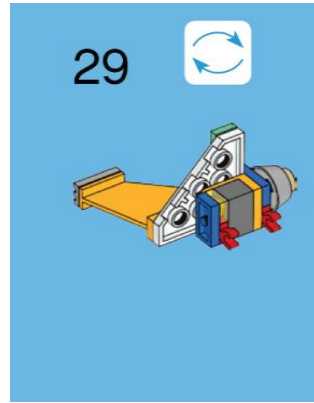
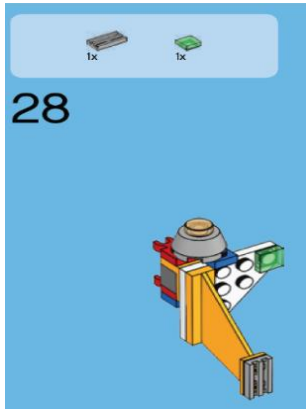


## ANEXO II

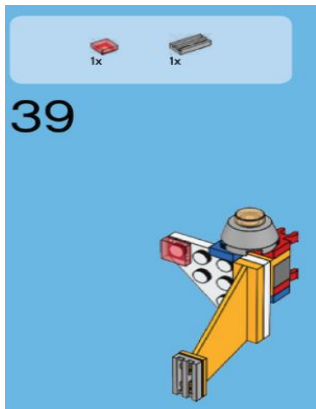
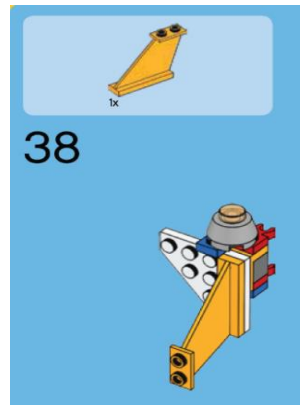
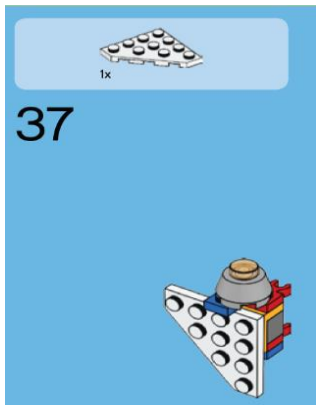
### A. ALAS



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
ANEXO II



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
ANEXO II



1x BRICK 1X2 - Medium Stone Grey

1x 2/2 ROUND.SLOPE BRICK W KNOB - Medium Stone Grey

1x PLATE 1X1 - Tr. Yellow

1x PLATE 1X1 - Tr. Green

1x RADIATOR GRILLE 1X2 - Medium Stone Grey

2x PLATE 1X2 - Bright Blue

1x FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Bright Orange

1x CORNER PLATE 45 DEG. 4X4 - White

2x PLATE 1X1 W HOLDER - Bright Red

1x ANGLE PLATE 1X2 / 2X2 - Bright Yellow

1x RUDDER 1X4X3 - Bright Yellow

1x BRICK 1X2 - Medium Stone Grey

1x 2/2 ROUND.SLOPE BRICK W KNOB - Medium Stone Grey

1x PLATE 1X1 - Tr. Red

1x PLATE 1X1 - Tr. Yellow

1x RADIATOR GRILLE 1X2 - Medium Stone Grey

2x PLATE 1X2 - Bright Blue

1x FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Bright Orange

1x CORNER PLATE 45 DEG. 4X4 - White

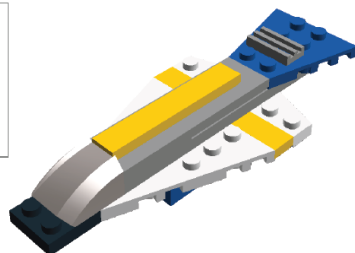
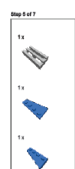
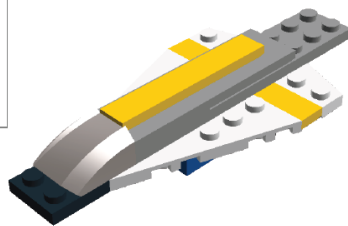
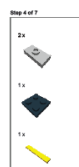
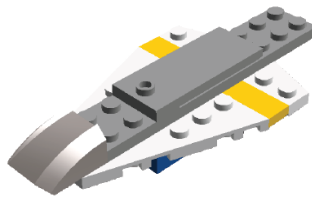
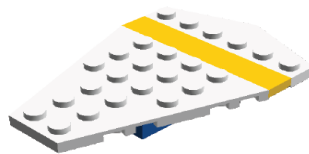
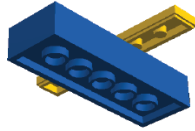
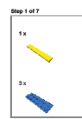
2x PLATE 1X1 W HOLDER - Bright Red

1x ANGLE PLATE 1X2 / 2X2 - Bright Yellow

1x RUDDER 1X4X3 - Bright Yellow

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
ANEXO II

B. CARENADO

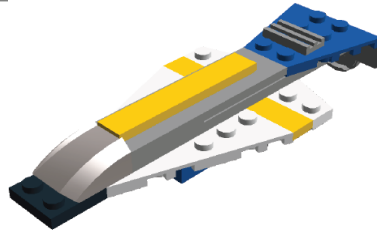




# DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN. ANEXO II

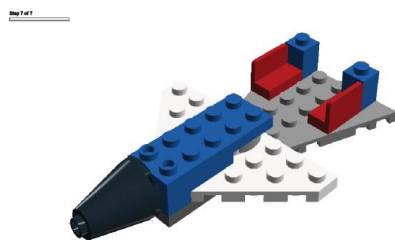
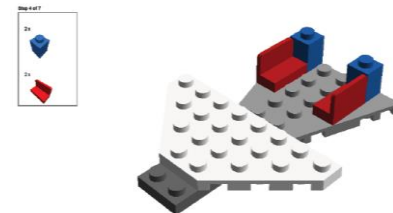
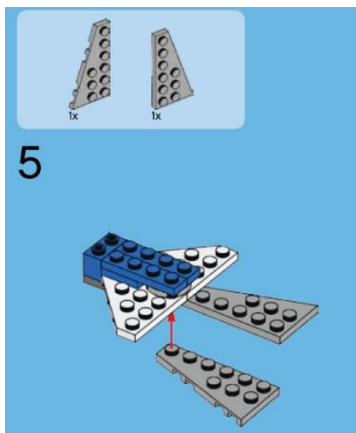
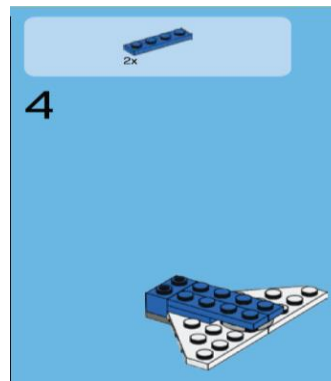
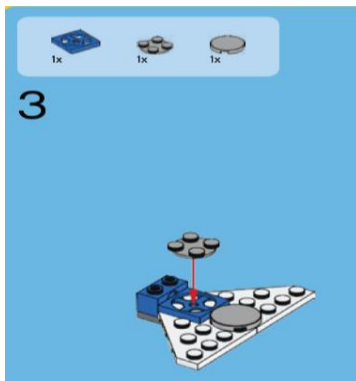
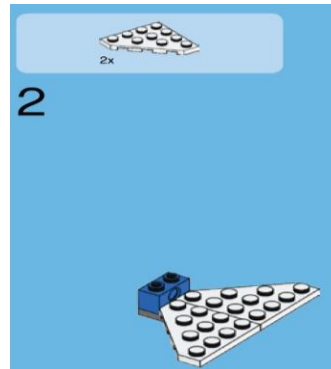
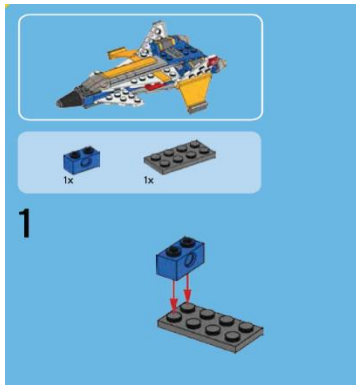


Step 7 of 7



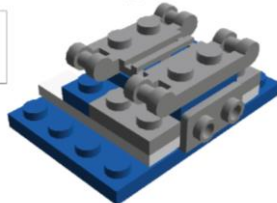
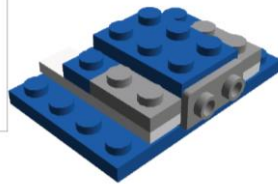
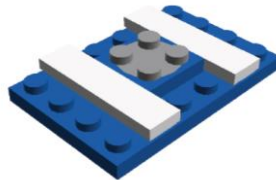
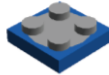
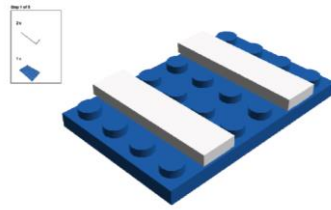
- |    |   |    |  |    |   |
|----|---|----|--|----|---|
| 1x | RADIATOR GRILLE 1X2 - Medium Stone Grey | 3x | PLATE 1X2 W/ 1 KNOB - Medium Stone Grey  | 1x | PLATE 2X2 - Black                       |
| 2x | FLAT TILE 1X8 - Bright Yellow           | 1x | FLAT TILE 2X4 - Medium Stone Grey        | 3x | PLATE 2X8 - Bright Blue                 |
| 1x | PLATE 2X10 - Medium Stone Grey          | 1x | FLAT TILE 2X2, ROUND - Medium Stone Grey | 1x | RIGHT PLATE 2X5 WANGLE - White          |
| 1x | LEFT PLATE 2X5 WANGLE - White           | 1x | RIGHT PLATE 2X4 WANGLE - Bright Blue     | 1x | LEFT PLATE 2X4 WANGLE - Bright Blue     |
| 1x | RIGHT PLATE 5X8 W ANGLE - White         | 1x | LEFT PLATE 5X8 W ANGLE - White           | 1x | ANGLE PLATE 1X2/1X4 - Medium Stone Grey |
| 1x | FRONT, 2X2, SPORT - Silver Metallic     |    |  |    |   |

C. CHASIS



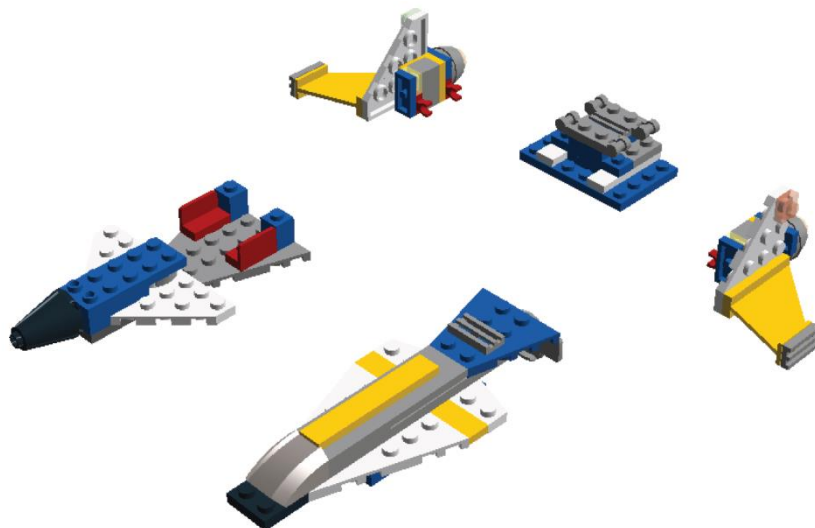
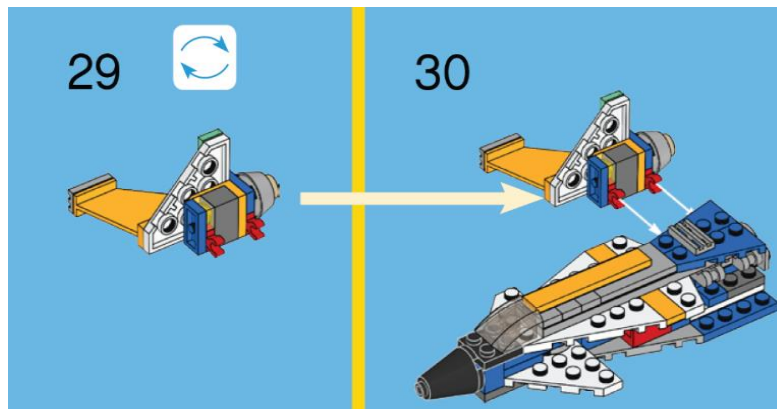
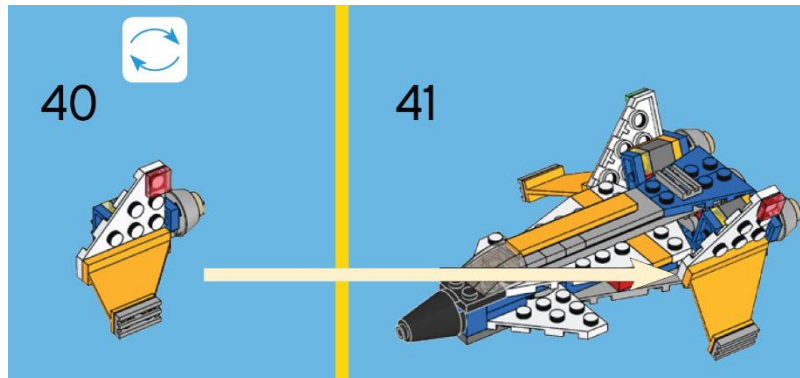
- |   |   |  |
|---|---|--|
| 2x BRICK 1x1 - Bright Blue                        | 1x NOSE CONE 2X2G - Black                       | 1x TECHNIC BRICK 1x2, 0x4 - Bright Blue        |
| 2x PLATE 1x4 - Bright Blue                        | 1x PLATE 2x4 - Dark Stone Grey                  | 1x FLAT TILE 2x2, ROUND - Medium Stone Grey    |
| 2x CORNER PLATE 45 DEG. 4x4 - White               | 1x RIGHT PLATE 3x3 W. ANGLE - Medium Stone Grey | 1x LEFT PLATE 3x3 W. ANGLE - Medium Stone Grey |
| 2x WALL ELEMENT 1x2x1 - Bright Red                | 1x Cross with 2x1 w. snap w. 1x - Black         | 1x TURN PLATE 2x2, LOWER PART - Bright Blue    |
| 1x TURN PLATE 2x2, UPPER PART - Medium Stone Grey |   |  |

D. TRASERA



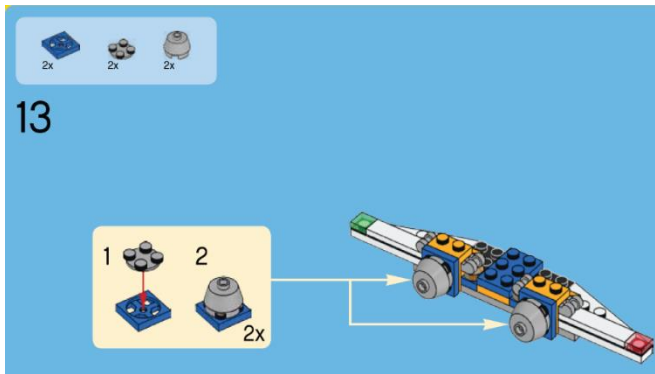
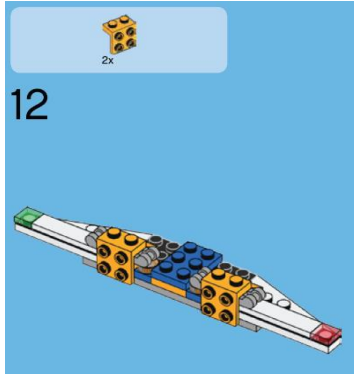
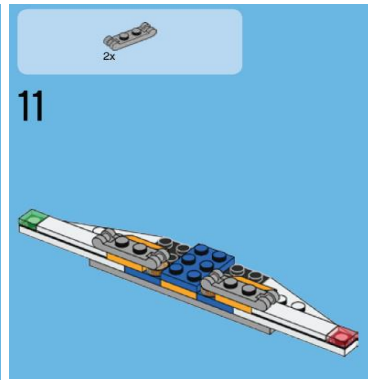
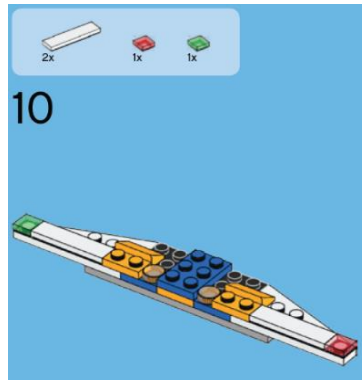
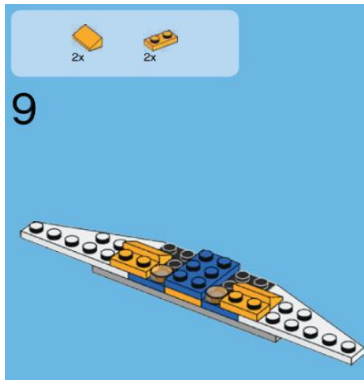
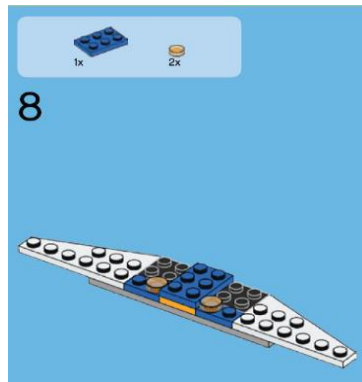
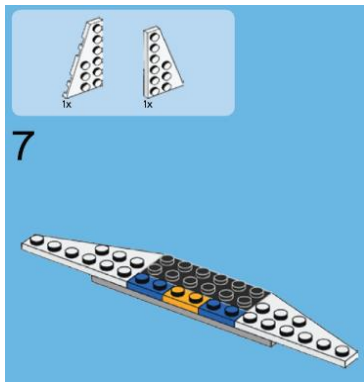
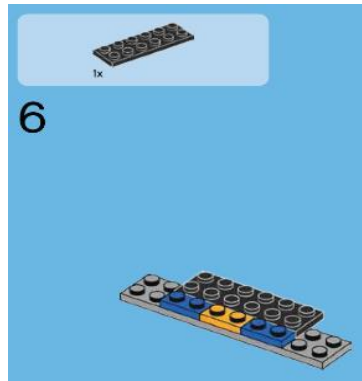
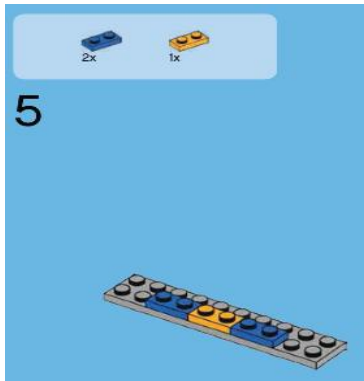
- 1x RADIATOR GRILLE 1x2 - Medium Stone Grey
- 2x FLAT TILE 1x4 - White
- 1x PLATE 1x4 - Bright Blue
- 1x PLATE 2x3 - Bright Blue
- 1x PLATE 2x4 - Medium Stone Grey
- 1x PLATE 4x8 - Bright Blue
- 2x Plate 1x2 w 2 shafts ø 3.2 - Medium Stone Grey
- 1x ANGULAR PLATE 1.5 BOT. 1x2 1x2 - Medium Stone Grey
- 1x TURN PLATE 2x2, LOWER PART - Bright Blue
- 1x TURN PLATE 2x2, UPPER PART - Medium Stone Grey

E. ENSAMBLADO
















### Anexo III

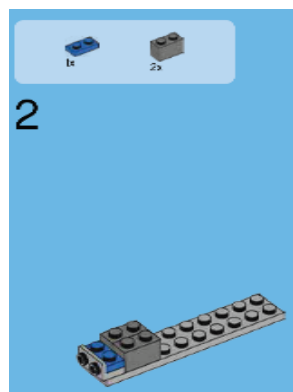
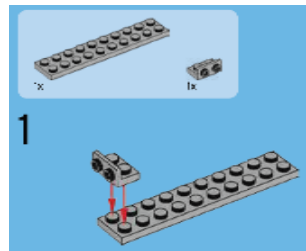
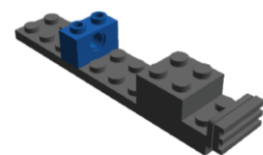
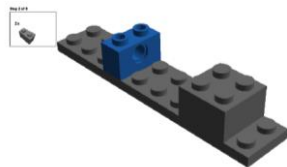
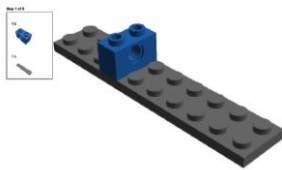
#### A. ALAS



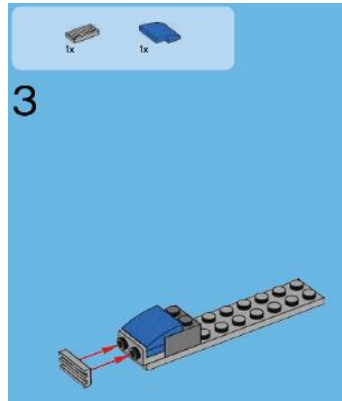
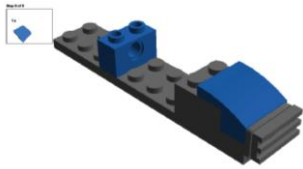
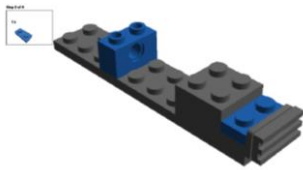
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo III








			
2x	 2X ROUND SLOPE BRICK W/ KNOB - Dark Stone Grey	2x	 ROOF TILE 1 X 2 X 2S, ABS - Bright Yellow
1x	 FLAT TILE 1X1 - Tr. Green	2x	 PLATE 1X2 - Bright Blue
2x	 FLAT TILE 1X4 - White	1x	 PLATE 2X3 - Bright Blue
1x	 PLATE 2X10 - Dark Stone Grey	2x	 FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Yellow
1x	 LEFT PLATE 3X6 WANGLE - White	2x	 Plate 1x2 w 2 shafts @ 3.2 - Dark Stone Grey
2x	 TURN PLATE 2X2, LOWER PART - Bright Blue	2x	 TURN PLATE 2X2, UPPER PART - Dark Stone Grey
		1x	 FLAT TILE 1X1 - Tr. Red
		3x	 PLATE 1X2 - Bright Yellow
		1x	 PLATE 2X6 - Black
		1x	 RIGHT PLATE 3X6 W ANGLE - White
		2x	 ANGLE PLATE 1X2 / 2X2 - Bright Yellow

B. CHASIS

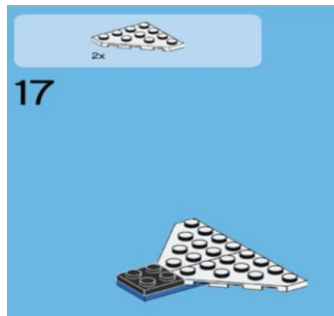
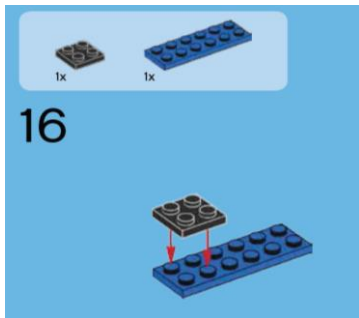


DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo III

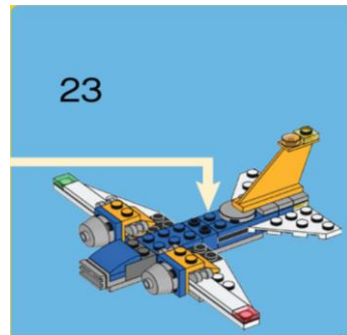
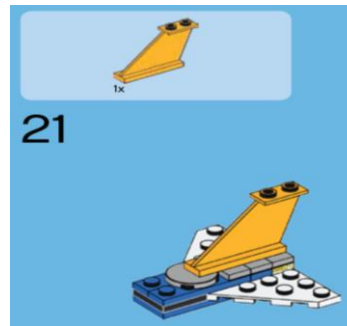
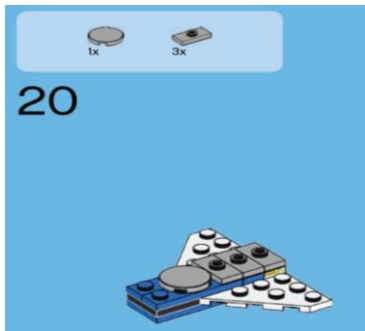


- 2x  BRICK 02 - Dark Stone Grey
- 1x  TECHN. BRICK 02, 04, 6 - Bright Blue
- 1x  PLATE W. BOW 2X2X3 - Bright Blue
- 1x  RADIATOR GRILLE 02 - Dark Stone Grey
- 1x  PLATE 02 - Bright Blue
- 1x  PLATE 2X10 - Dark Stone Grey
- 1x  ANGULAR PLATE 1.5 BOT. 02 1/2 - Dark Stone Grey

C. TRASERA

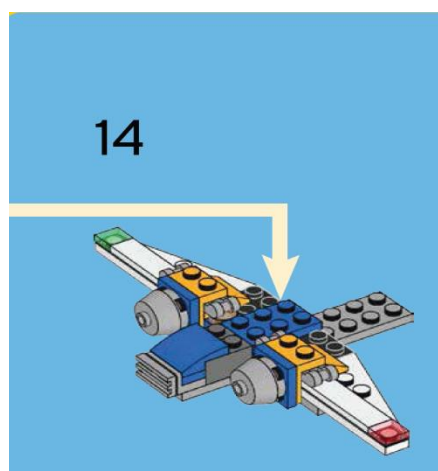


DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo III



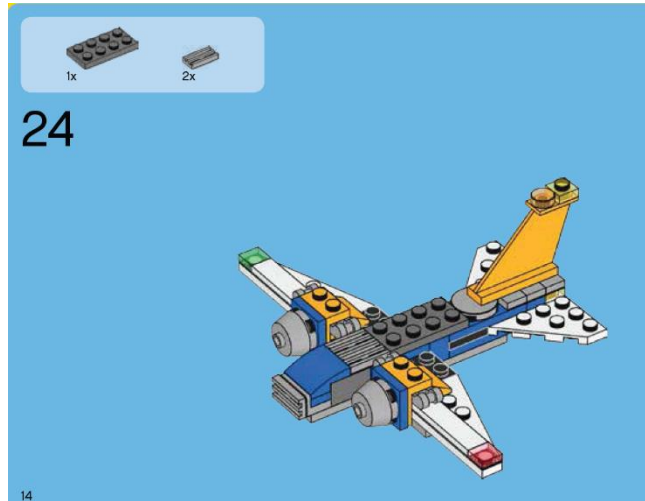
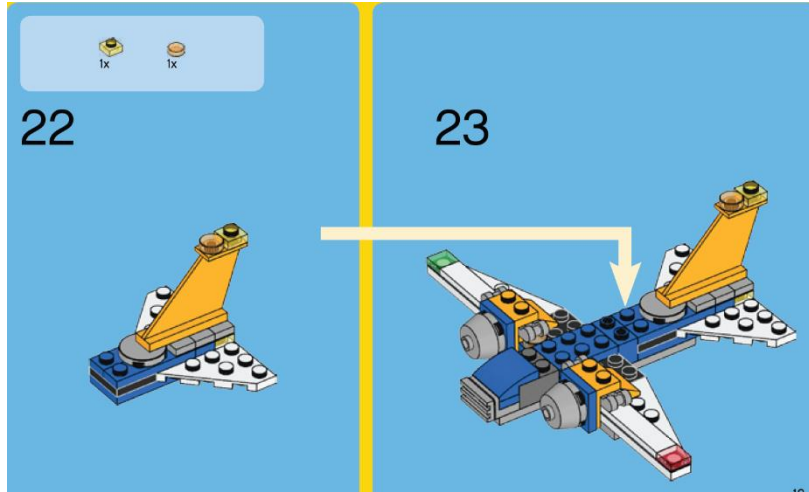
- 3x PLATE 1X1 - Tr. Yellow
- 1x PLATE 1X2 - Bright Blue
- 3x PLATE 1X2 W 1 KNOB - Dark Stone Grey
- 1x PLATE 2X2 - Black
- 2x PLATE 1X4 - Bright Blue
- 1x PLATE 2X6 - Bright Blue
- 1x FLAT TILE 1X1, ROUND - Tr. Yellow
- 1x FLAT TILE 2X2, ROUND - Dark Stone Grey
- 2x CORNER PLATE 45 DEG. 4X4 - White
- 1x RUDDER 1X03 - Bright Yellow

D. ENSAMBLAJE





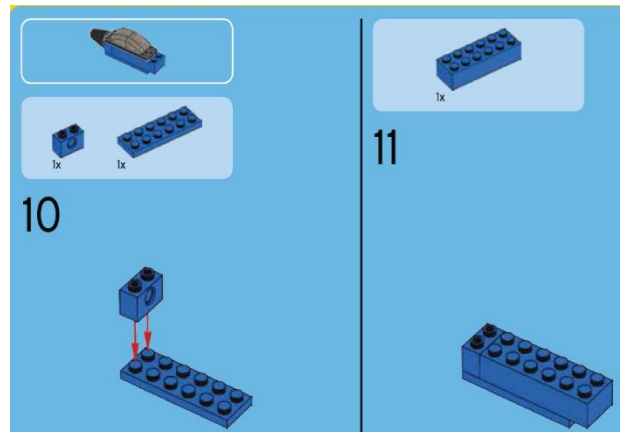
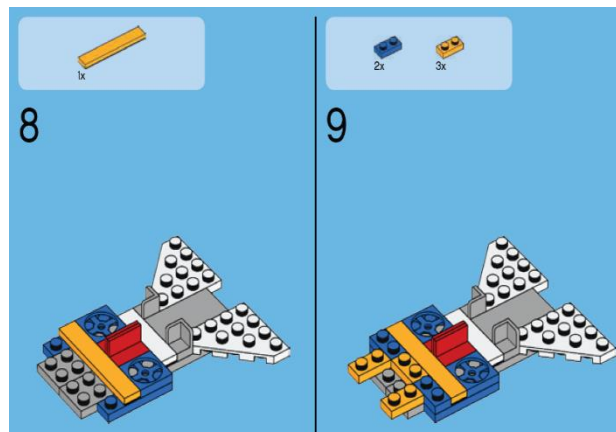
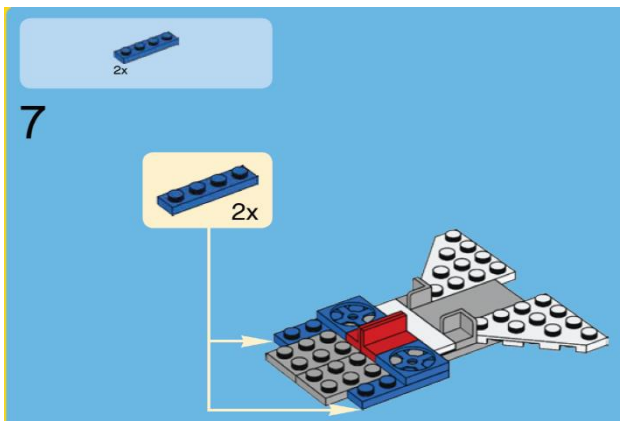
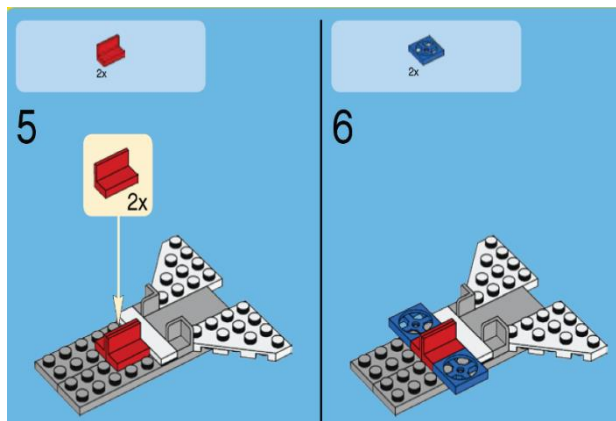
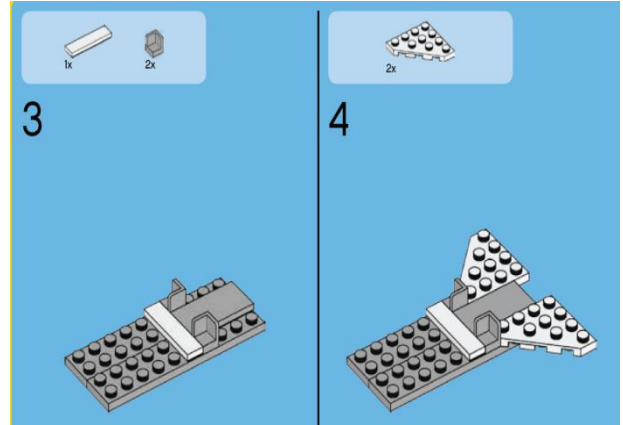
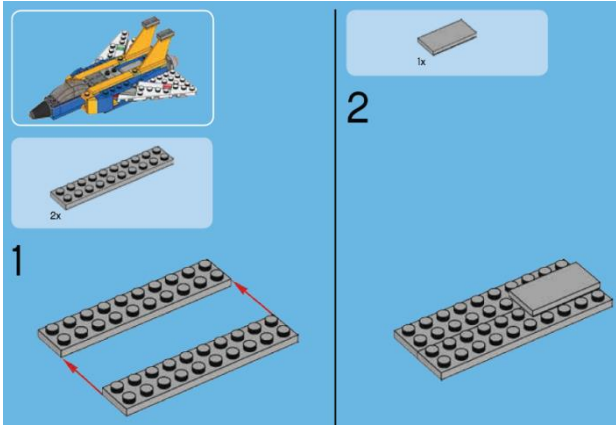
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo III



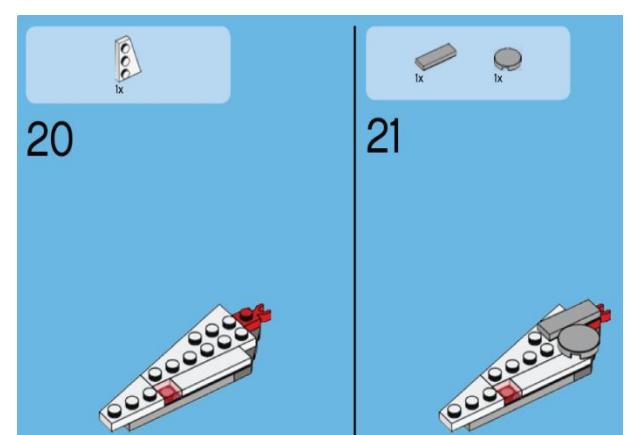
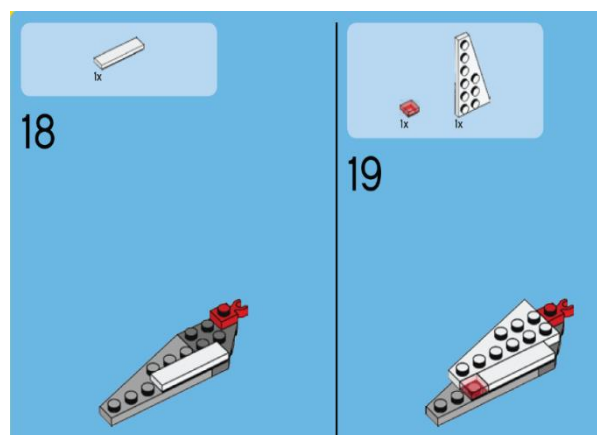
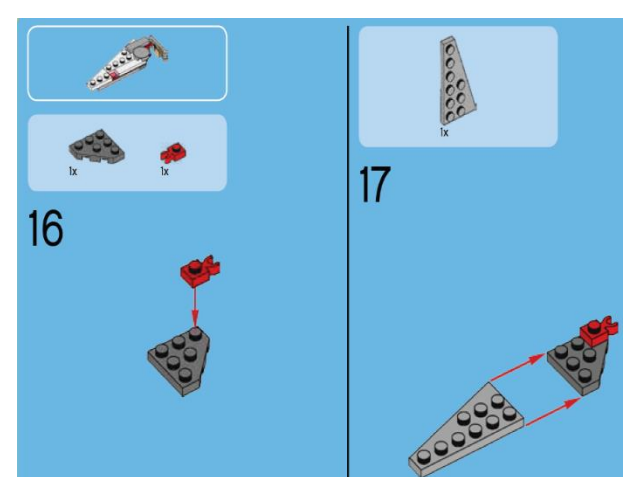
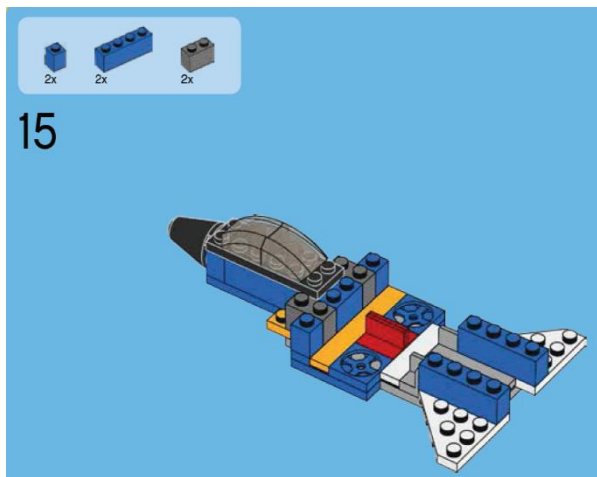
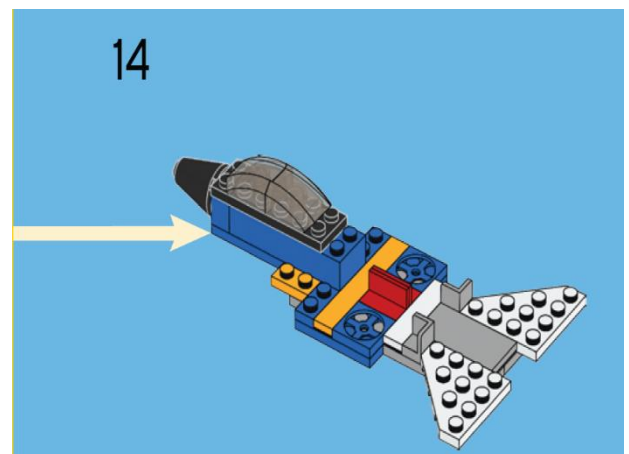
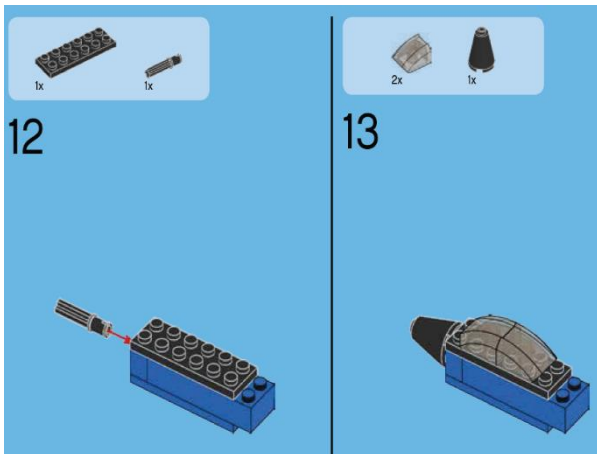


## Anexo IV

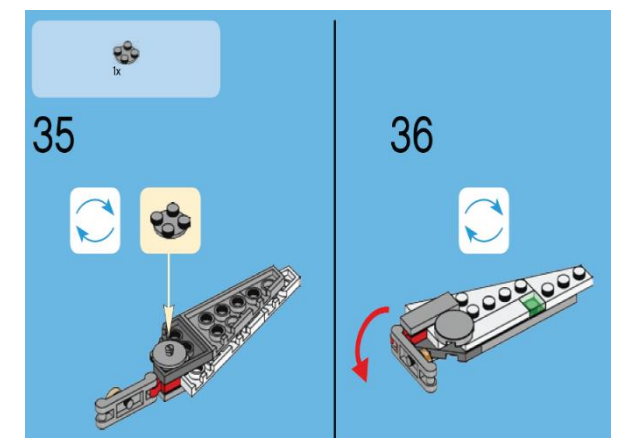
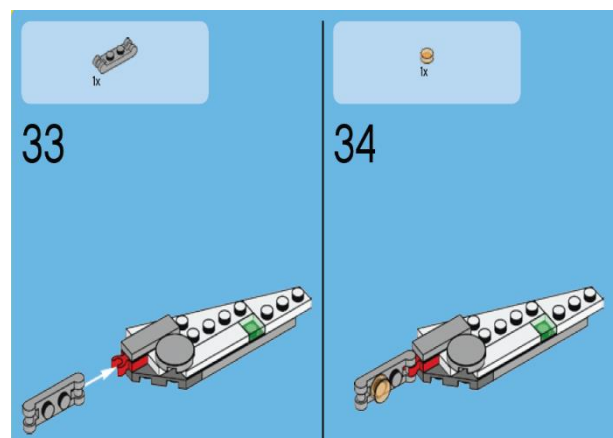
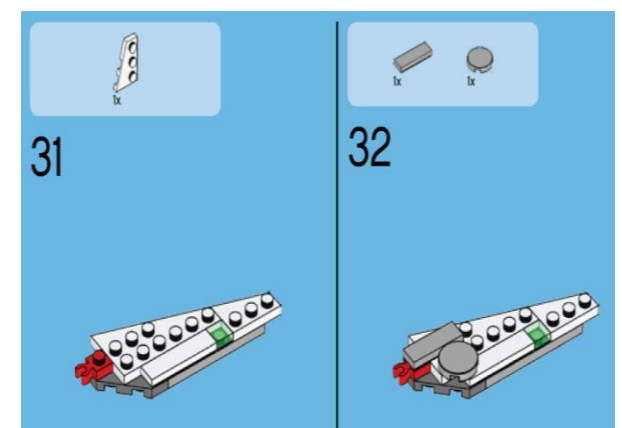
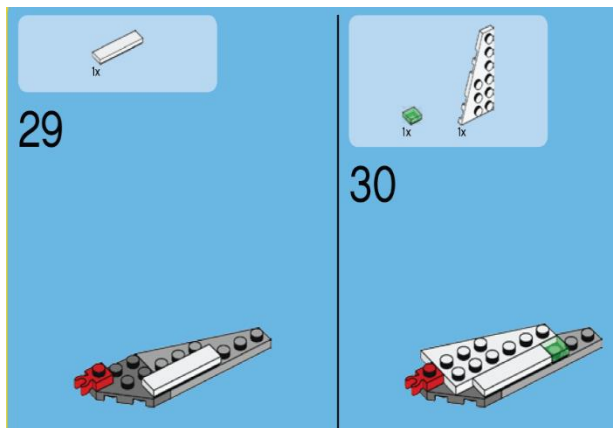
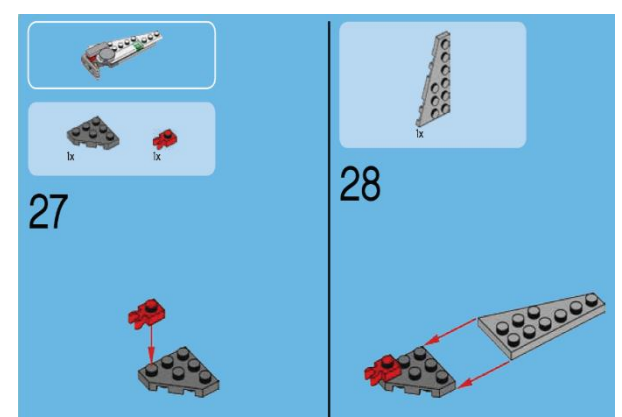
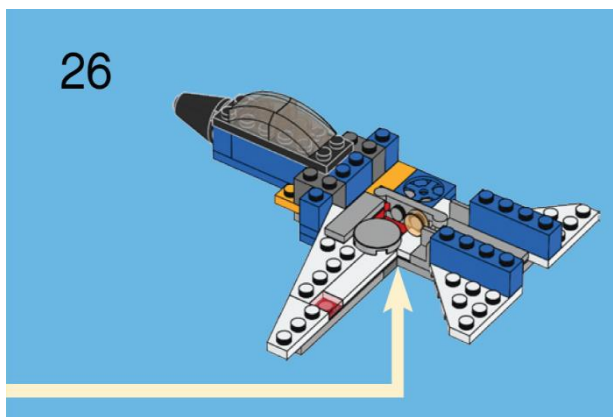
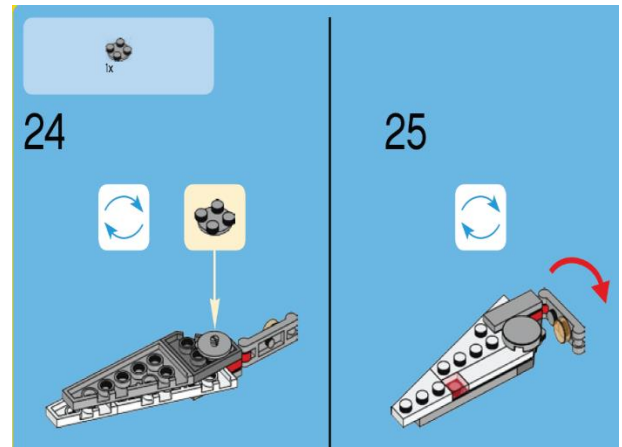
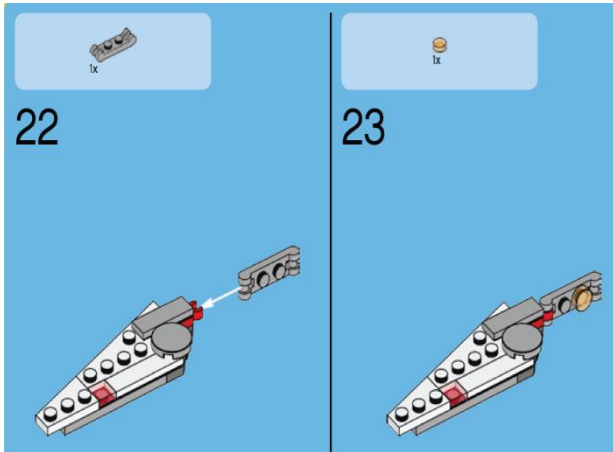
### A. CATÁLOGO CAZA FABRICANTE



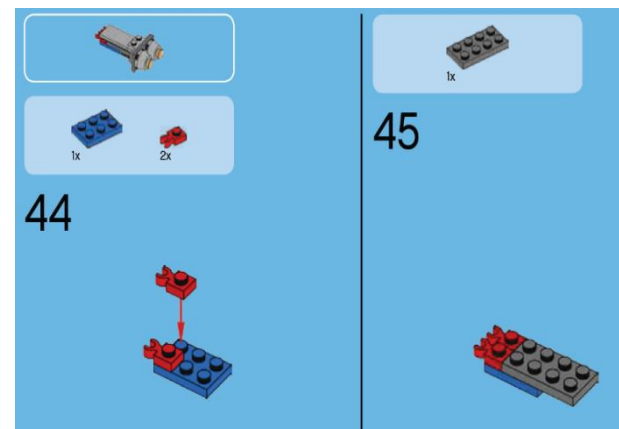
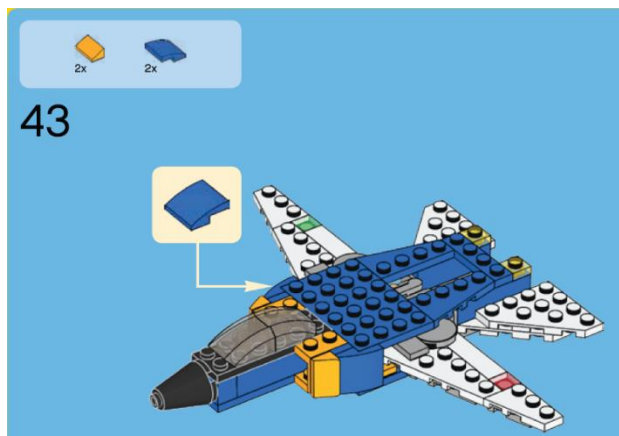
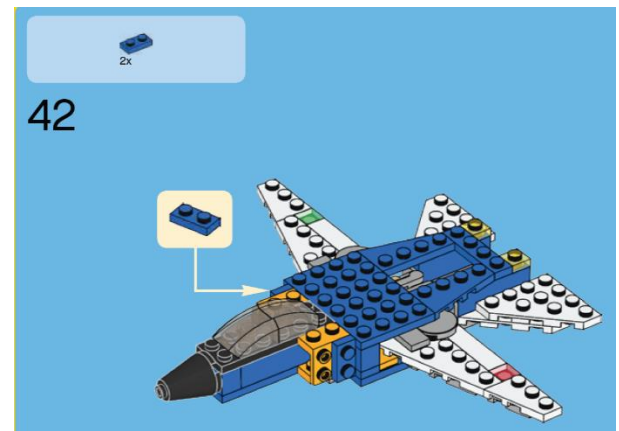
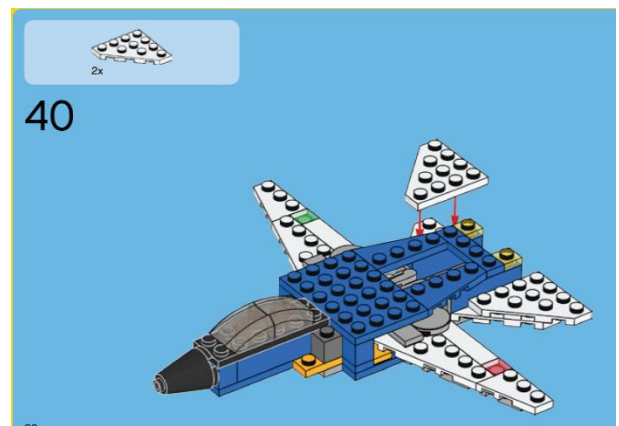
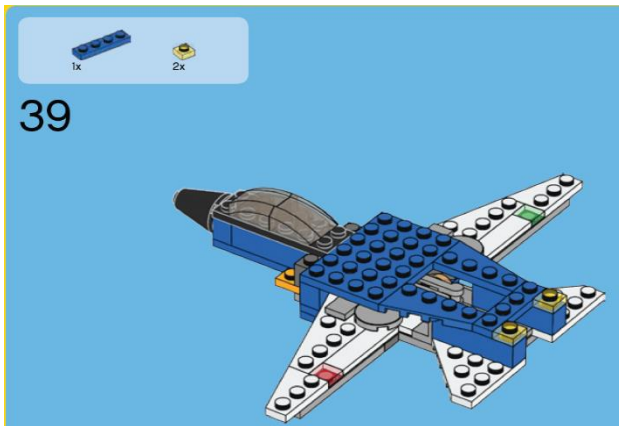
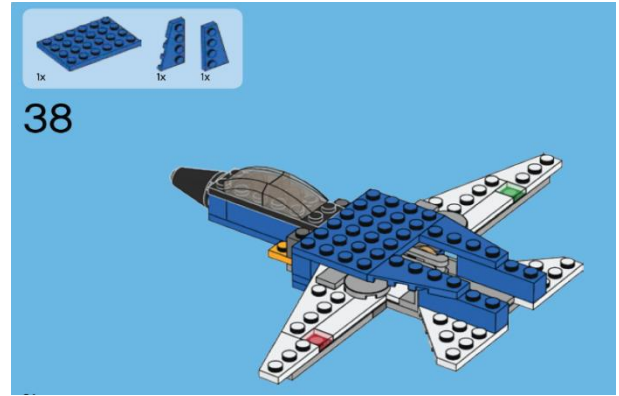
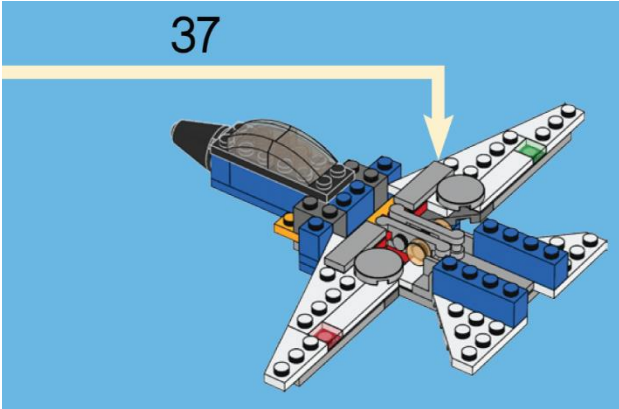
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



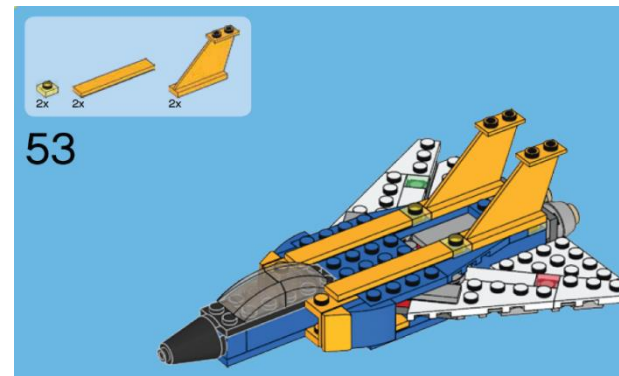
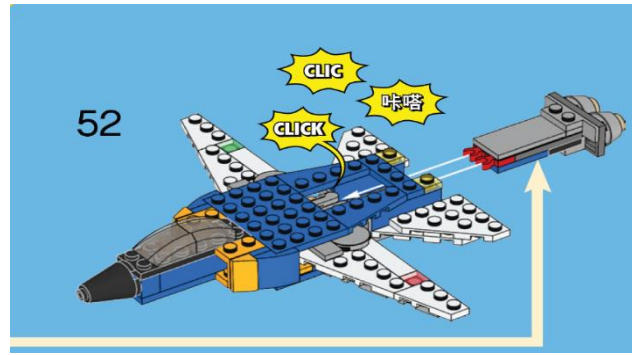
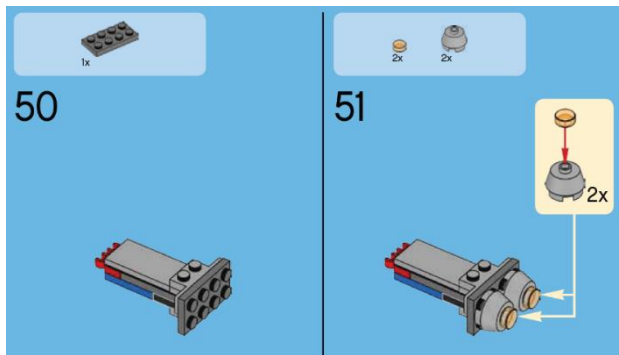
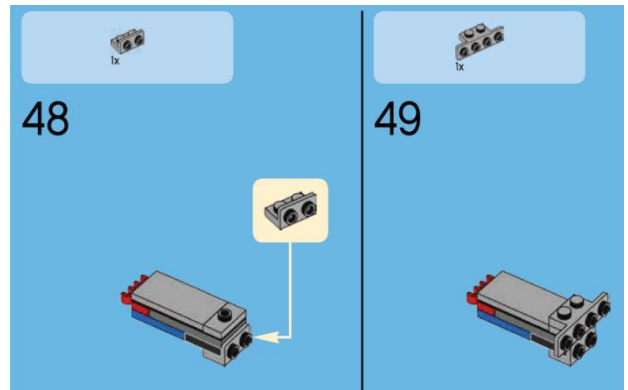
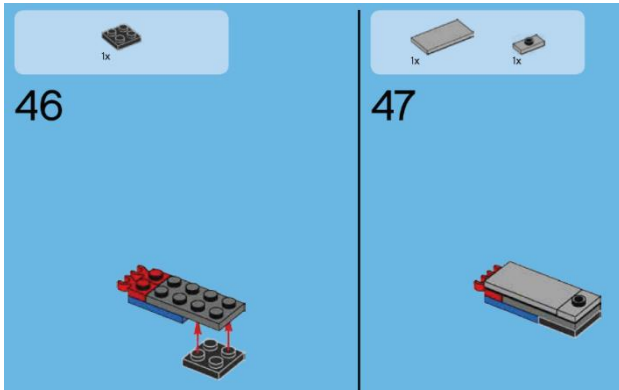
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



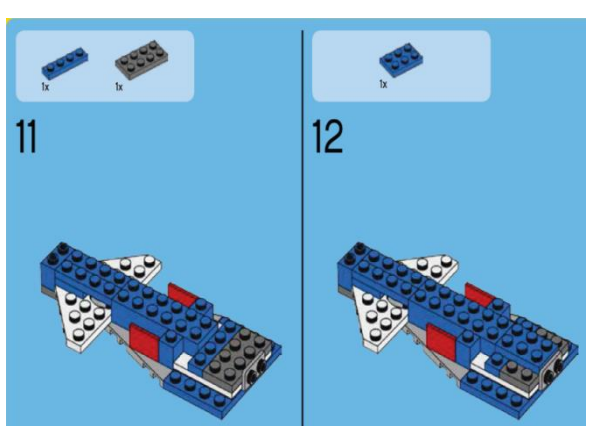
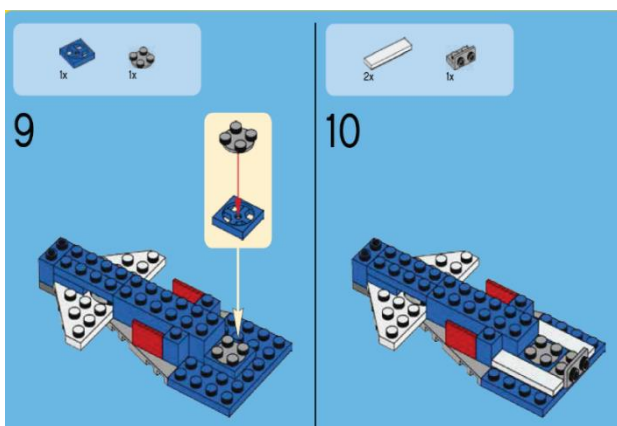
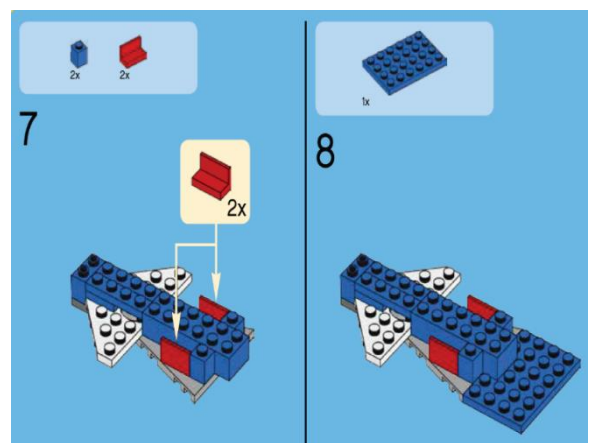
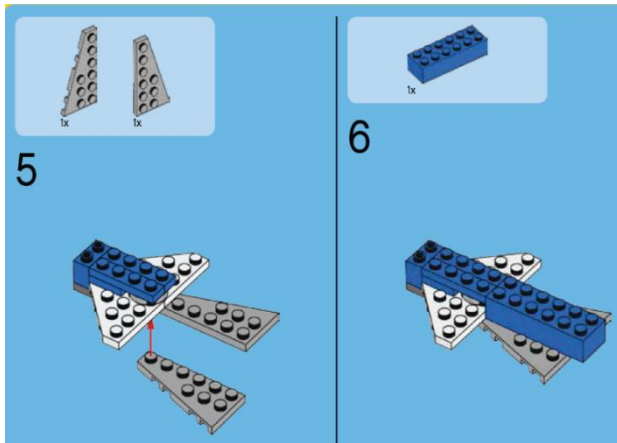
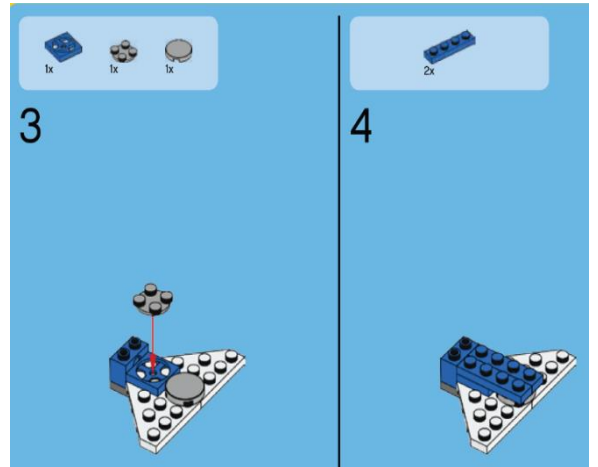
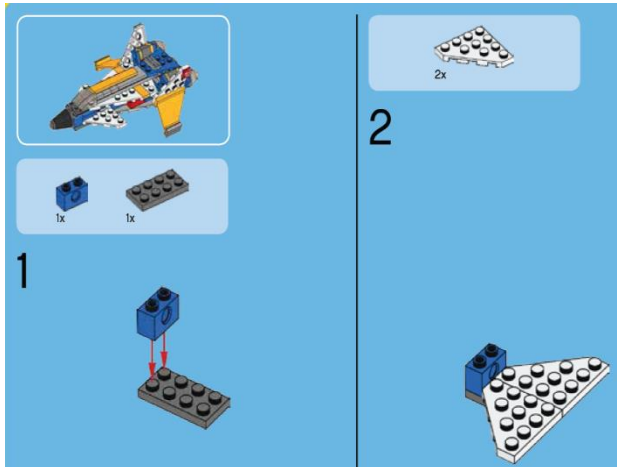
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV

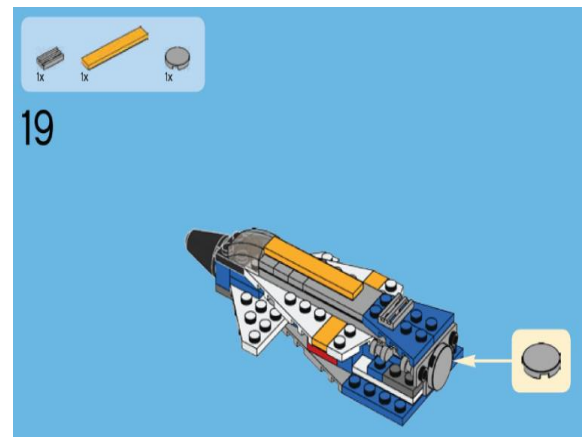
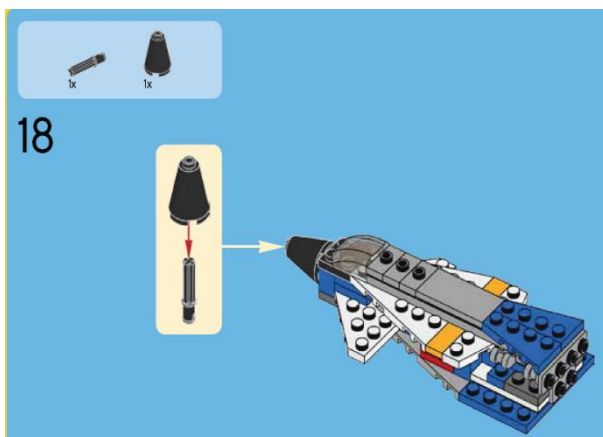
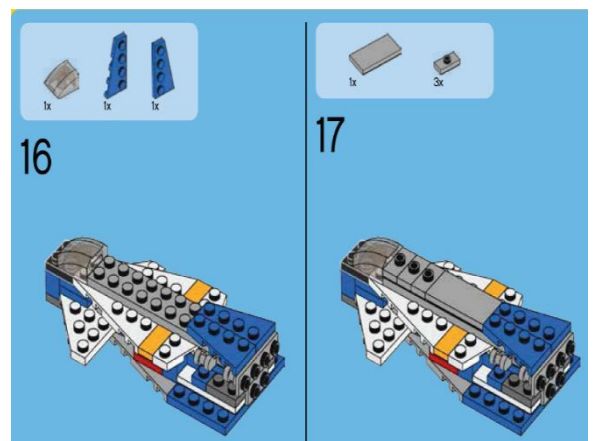
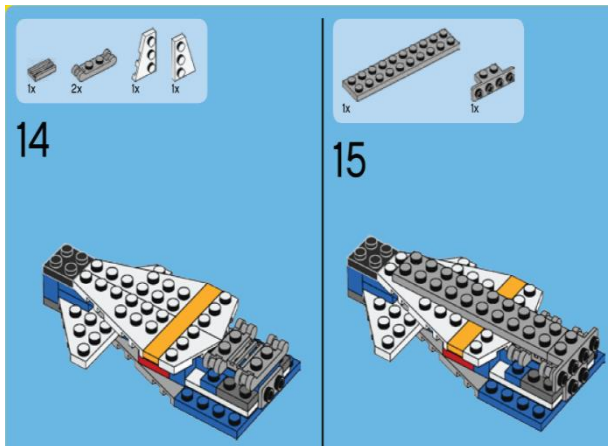
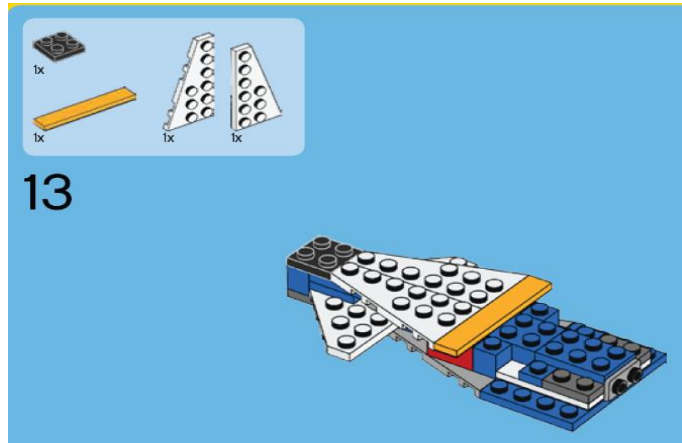


B. CATÁLOGO SUPER SÓNICO FABRICANTE

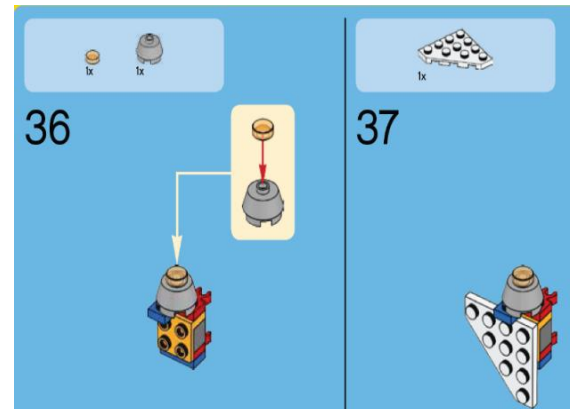
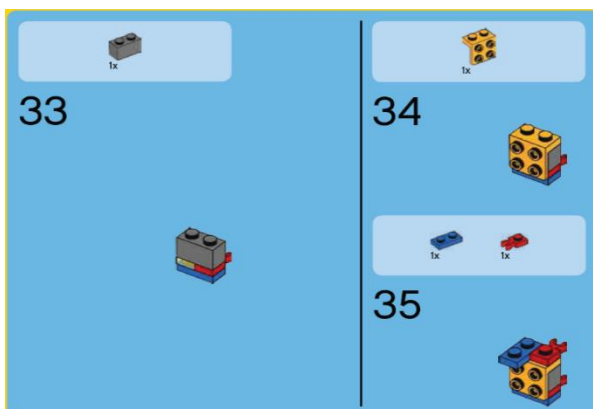
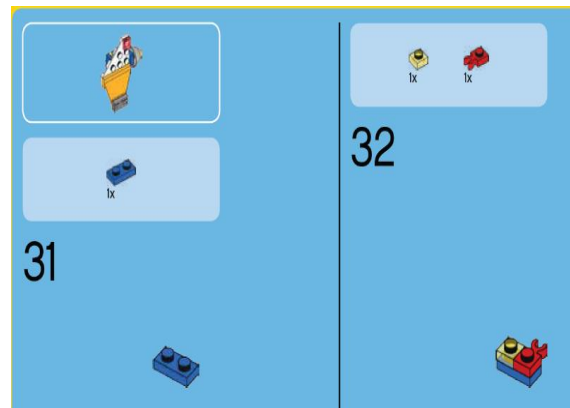
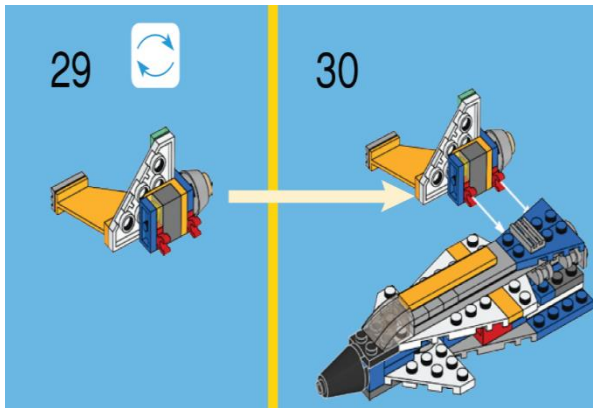
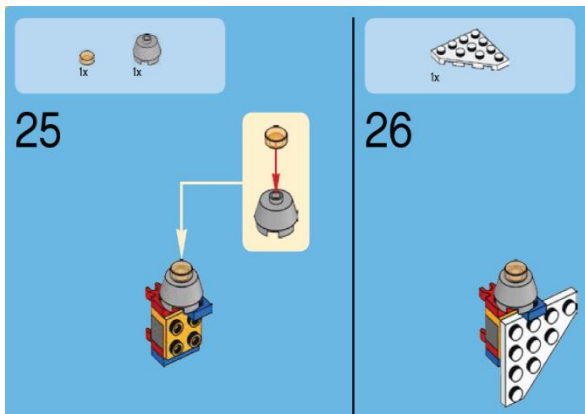
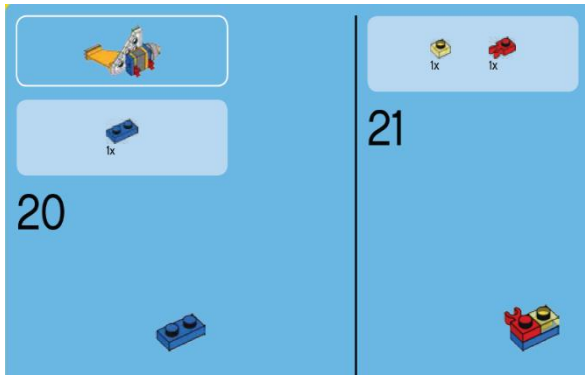




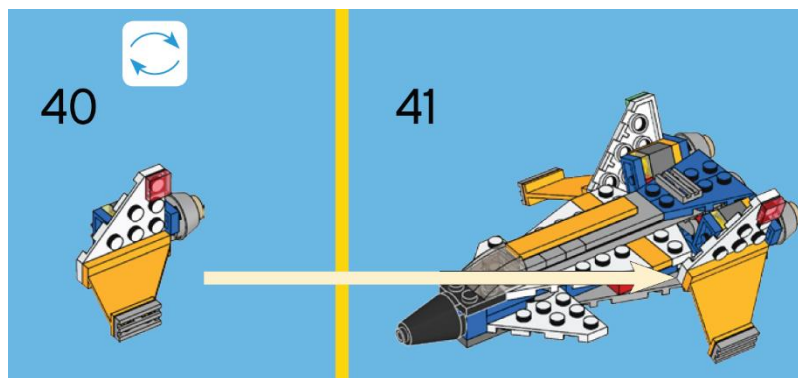
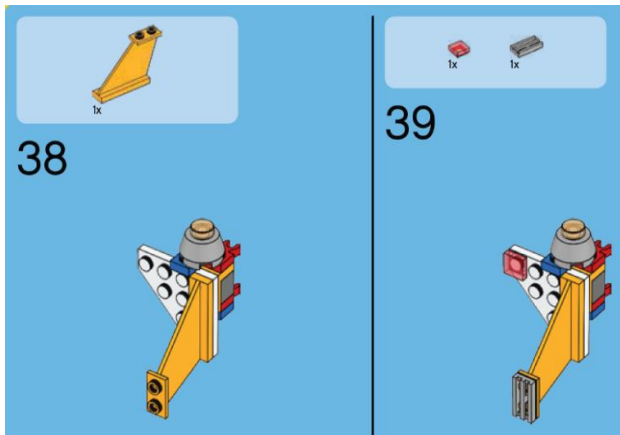
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



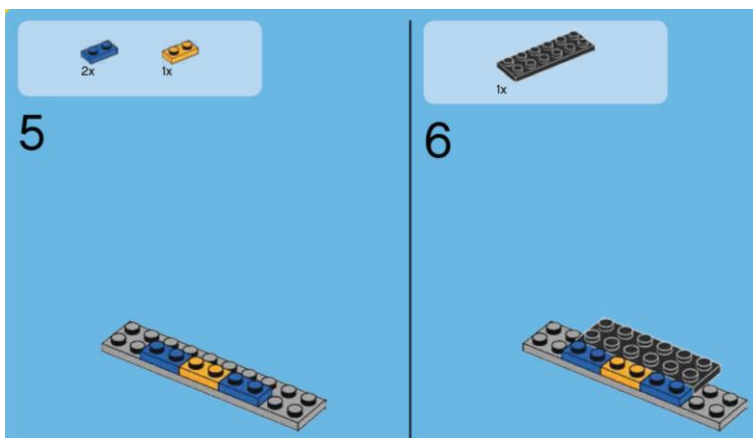
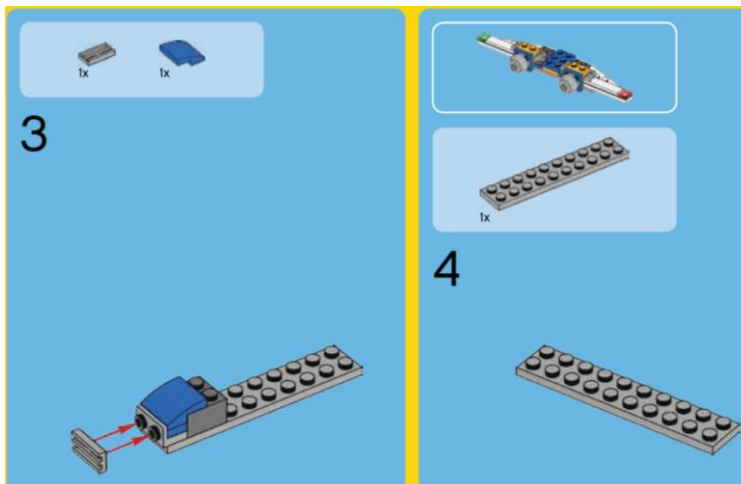
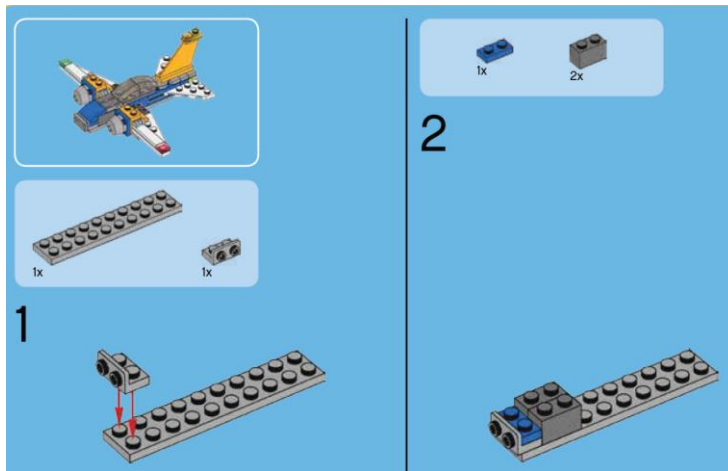
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



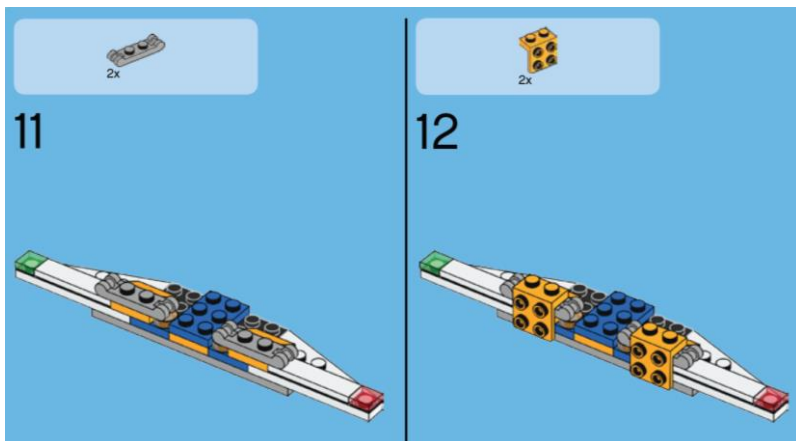
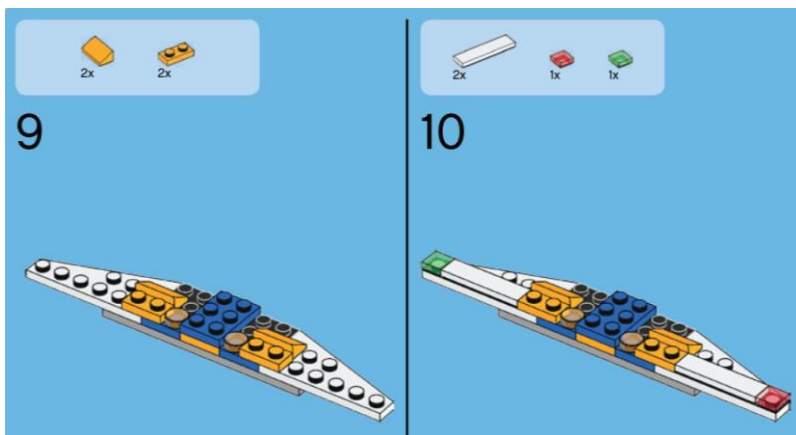
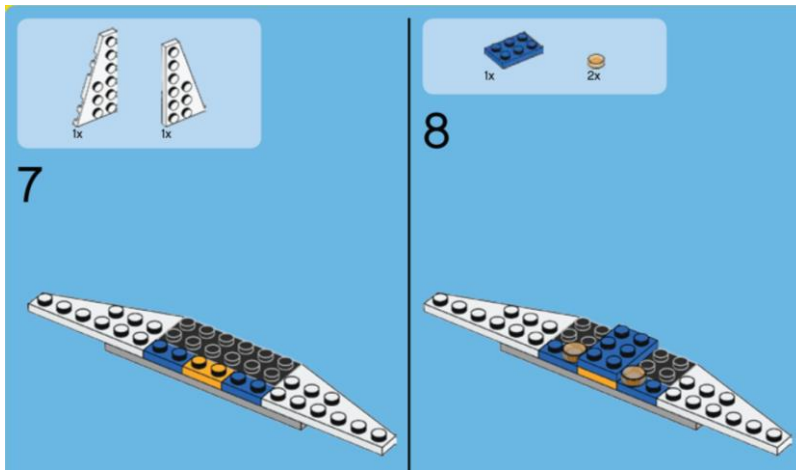
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



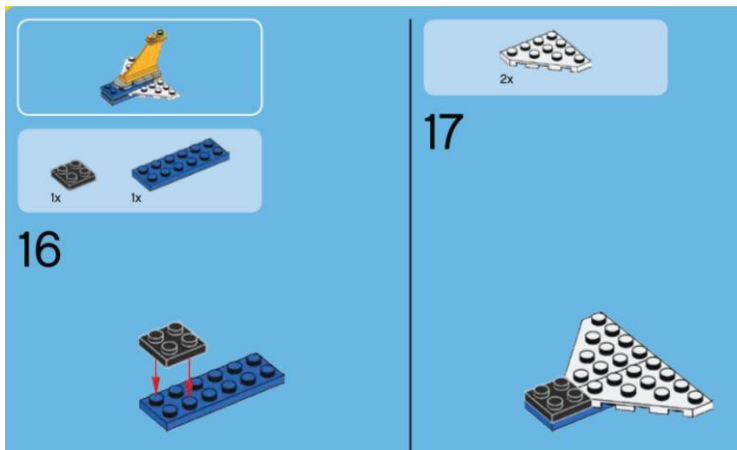
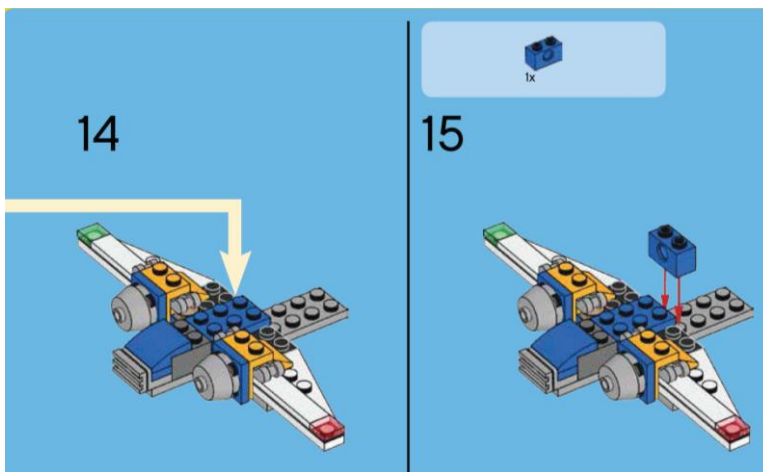
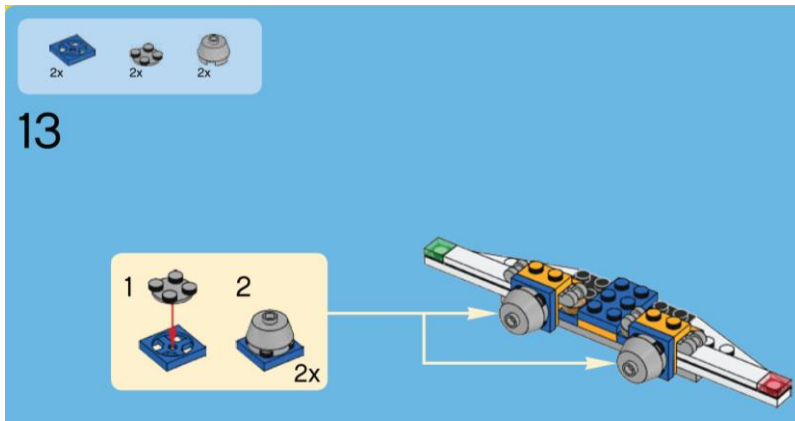
### C. CATÁLOGO AVIONETA FABRICANTE



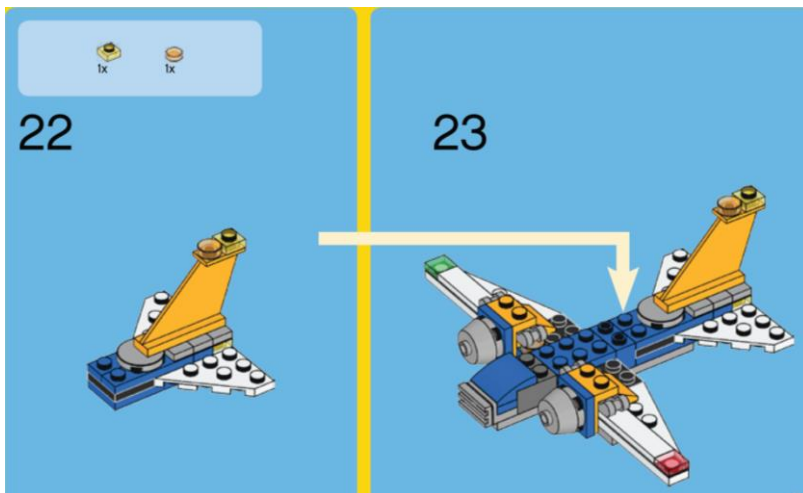
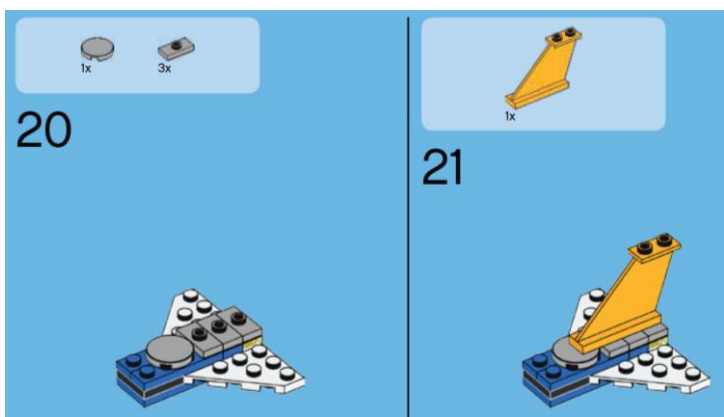
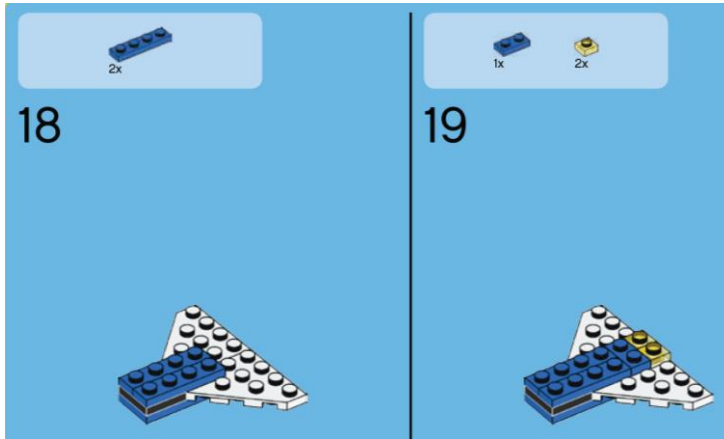
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



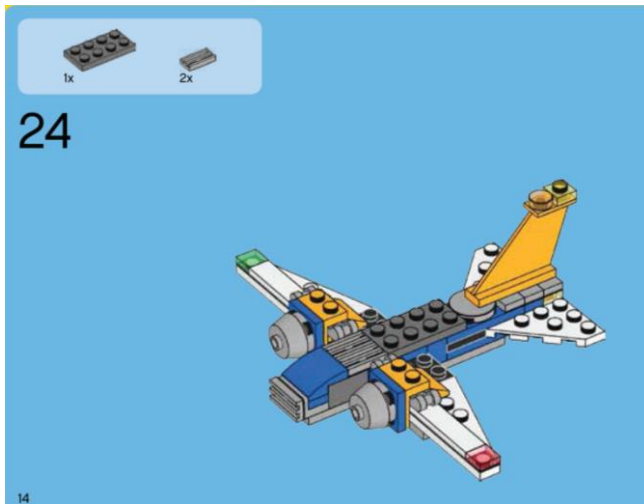
DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo IV



































DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo V

Anexo V

A. Almacén para Curso de Tiempo Mínimo

Brick	Name	Picture Part	Color code	Quantity	Avioneta_Quar	Caza_Quantity	Sónico_Quantity	Almacen fabricando 9 modelos (3 de cada) y comprando 17 modelos
BRICK 1X1			3005 23 - Bright blue	2		2	2	22
BRICK 1X2			3004 199 - Dark Stone Grey	2	2	2	2	16
BRICK 1X4			3010 23 - Bright blue	2		2		28
2X2 ROUND,SLOPE BRICK W. KNOB			98100 194 - Medium Stone Grey	2	2	2	2	16
NOSE CONE 2X2X2			3942 26 - Black	1		1	1	11
TECHNIC BRICK 1X2, Ø4,9			3700 23 - Bright blue	1	1	1	1	8
ROOF TILE 1 X 2 X 2/3, ABS			85984 24 - Bright yellow	2	2	2		22
PLATE W. BOW 2X2X2/3			15068 23 - Bright blue	2	1	2		25
FLAT TILE 1X1			3070 41 - Tr. Red	2	1	1	1	25
FLAT TILE 1X1			3070 48 - Tr. Green	2	1	1	1	25
PLATE 1X1			3024 44 - Tr. Yellow	5	3	4	2	58
RADIATOR GRILLE 1X2			2412 199 - Dark Stone Grey	4	3	2	4	41
PLATE 1X2			3023 23 - Bright blue	4	4	4	4	52
PLATE 1X2			3023 24 - Bright yellow	3	3	3		33
PLATE 1X2 W. 1 KNOB			3794 199 - Dark Stone Grey	3	3	3	3	24
FLAT TILE 1X3			63864 199 - Dark Stone Grey	2		2		28
LEFT PLATE 2X3 W/ANGLE			63723 1 - White	1		1	1	11
RIGHT PLATE 2X4 W/ANGLE			41769 31 - Bright Blue	1		1	1	11
LEFT PLATE 2X4 W/ANGLE			41770 25 - Bright Blue	1		1	1	11
CORNER PLATE 45 DEG. 3X3			2450 199 - Dark Stone Grey	2		2		28
CORNER PLATE 45 DEG. 4X4			30583 1 - White	4	2	4	4	38
RIGHT PLATE 3X6 W. ANGLE			54383 1 - White	1	1	1	1	8
RIGHT PLATE 3X6 W. ANGLE			54383 194 - Medium Stone Grey	1		1	1	11

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo V

FLAT TILE 2X4		2452 1 - White	5	2	5	2	50
PLATE 2X2		3022 26 - Black	1	1	1	1	8
PLATE 1X4		3710 23 - Bright Blue	5	2	5	3	27
FLAT TILE 1X6		6658 24 - Bright Yellow	5		5	2	56
FLAT TILE 2X4		87079 184 - Medium Stone Grey	1		1	1	11
FLAT TILE 2X4		87079 199 - Dark Stone Grey	1		1		14
PLATE 2X3		3021 23 - Bright Blue	1	1	1	1	8
PLATE 2X4		3020 184 - Medium Stone Grey	2	1	2	1	22
PLATE 2X4		3020 199 - Dark Stone Grey	2			1	31
PLATE 2X6		3795 23 - Bright Blue	4	1	4	3	44
PLATE 2X6		3795 26 - Black	1	1	1		11
PLATE 2X10		3832 199 - Dark Stone Grey	2	2	2	1	19
PLATE 4X6		3032 23 - Bright Blue	1		1	1	11
FLAT TILE 1X1, ROUND		91138 182 - Tr. Bright Orange	5	3	4	2	58
FLAT TILE 2X2, ROUND		14769 199 - Dark Stone Grey	2	1	2	2	19
RIGHT PLATE 2X3 W/ANGLE		43722 1 - White	1		1	1	11
LEFT PLATE 3X6 W/ANGLE		54584 1 - White	1	1	1	1	8
LEFT PLATE 3X6 W/ANGLE		54584 184 - Medium Stone Grey	1		1	1	11
PLATE 3X3 W. HOLDER		80897 21 - Bright Red	4		4	4	44
Plate 1x2 w. 2 shafts ø 3.2		18649 199 - Dark Stone Grey	2	2	2	2	16
ANGULAR PLATE 1.5 ROT. 1X2 1/2		99780 199 - Dark Stone Grey	1	1	1	1	8
ANGLE PLATE 1X2 / 2X2		64728 24 - Bright Yellow	2	2	2	2	16
ANGLE PLATE 1X2/1X4		10201 184 - Medium Stone Grey	1		1	1	11
WALL CORNER 1X1X1		6231 199 - Dark Stone Grey	2		2		28
WALL ELEMENT 1X2X1		4865 21 - Bright Red	2		2	2	22
Cross axle 2m w. stop w. fnc.		18651 26 - Black	1		1	1	11
FRONT, 2X2, SPORT		30602 216 - Titanium Metallic	2	2	2	1	19
BUDDER 1X4X3		2340 24 - Bright Yellow	2	1	2	2	19
TURN PLATE 2X2, LOWER PART		3680 23 - Bright Blue	2	2	2	2	16
TURN PLATE 2X2, UPPER PART		3679 199 - Dark Stone Grey	2	2	2	2	16
<b>Total:</b>			<b>108</b>	<b>57</b>	<b>100</b>	<b>76</b>	<b>1137</b>

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo V

B. Almacén para Curso de una jornada y Curso dividido en tres jornadas

Brick	Name	Picture Part	Color code	Quantity	Avioneta_Quar	Caza_Quantity	Sónico_Quantity	Almacen fabricando 15 modelos (6 Avionetas, 6 Caza y 3 Super) y comprando 17 modelos
	BRICK 1X1		3005 23-Bright Blue	2		2	2	16
	BRICK 1X2		3004 199-Dark Stone Grey	2	2	2	2	4
	BRICK 1X4		3010 23-Bright Blue	2		2		12
	2X2 ROUND_SLOPE BRICK W. KNOB		80100 194-Medium Stone Grey	2	2	2	2	4
	NOSE CONE 2X2X2		3942 26-Black	1		1	1	8
	TECHNIC BRICK 1X2, 04.9		3700 23-Bright Blue	1	1	1	1	2
	ROOF TILE 1 X 2 1/2 2/3, ABS		85864 24-Bright Yellow	2	2	2		10
	PLATE W. BOW 2X2X2/3		15066 23-Bright Blue	2	1	2		16
	FLAT TILE 1X1		3070 41-Tr. Red	2	1	1	1	19
	FLAT TILE 1X1		3070 48-Tr. Green	2	1	1	1	19
	PLATE 1X1		3024 44-Tr. Yellow	5	3	4	2	37
	RADIATOR GRILLE 1X2		2412 199-Dark Stone Grey	4	3	2	4	26
	PLATE 1X2		3023 23-Bright Blue	4	4	4	4	8
	PLATE 1X2		3023 24-Bright Yellow	3	3	3		15
	PLATE 1X2 W. 1 KNOB		3794 199-Dark Stone Grey	3	3	3	3	6
	FLAT TILE 1X3		63864 199-Dark Stone Grey	2		2		12
	FLAT TILE 1X4		2431 1-White	3	2	3	2	15
	CORNER PLATE 45 DEG. 3X3		2450 199-Dark Stone Grey	2		2		12
	CORNER PLATE 45 DEG. 4X4		30560 1-White	4	2	4	4	20
	RIGHT PLATE 3X6 W. ANGLE		54383 1-White	1	1	1	1	2
	RIGHT PLATE 3X6 W. ANGLE		54383 194-Medium Stone Grey	1		1	1	8
	LEFT PLATE 3X6 W ANGLE		54384 1-White	1	1	1	1	2
	LEFT PLATE 3X6 W ANGLE		54384 194-Medium Stone Grey	1		1	1	8
	PLATE 1X1 W. HOLDER		60897 21-Bright Red	4		4	4	32
	Plate 1/2 w. 2 shafts ø 3.2		18648 199-Dark Stone Grey	2	2	2	2	4

DESARROLLO DE UN JUEGO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS LEAN.  
Anexo V

PLATE 212		3022 26-Black	1	1	1	1	2
PLATE 214		3710 25-Bright Blue	5	2	5	5	12
FLAT TILE 216		6636 24-Bright Yellow	3		3	2	27
FLAT TILE 218		87079 184-Medium Stone Grey	1		1	1	8
FLAT TILE 214		87079 189-Dark Stone Grey	1		1		11
PLATE 213		3021 23-Bright Blue	1	1	1	1	2
PLATE 214		3020 184-Medium Stone Grey	2	1	2	1	15
PLATE 214		3020 189-Dark Stone Grey	2			1	11
PLATE 216		3705 25-Bright Blue	4	1	4	1	28
PLATE 216		3705 26-Black	1	1	1		5
PLATE 210		3532 189-Dark Stone Grey	2	2	2	1	7
PLATE 416		3032 23-Bright Blue	1		1	1	8
FLAT TILE 111, ROUND		88130 182-T, Bright Orange	5	3	4	2	17
FLAT TILE 212, ROUND		14769 189-Dark Stone Grey	2	1	2	2	10
RIGHT PLATE 213 W/ANGLE		43722 1-White	1		1	1	8
LEFT PLATE 213 W/ANGLE		43723 1-White	1		1	1	8
RIGHT PLATE 214 W/ANGLE		41769 23-Bright Blue	1		1	1	8
LEFT PLATE 214 W/ANGLE		41770 23-Bright Blue	1		1	1	8
ANGULAR PLATE 115 BOT. 112 112		59780 189-Dark Stone Grey	1	1	1	1	2
ANGLE PLATE 112 / 212		44728 24-Bright Yellow	2	2	2	2	4
ANGLE PLATE 112/114		18091 184-Medium Stone Grey	1		1	1	8
WALL CORNER 9131		6231 189-Dark Stone Grey	2		2		22
WALL ELEMENT 11211		4985 21-Bright Red	2		2	2	16
Orzo with 2m w. snap w. fric.		18851 26-Black	1		1	1	8
FRONT. 212, SPORT		38682 316-Titanium Metallic	2	2	2	1	7
RUDOSER 11413		2340 24-Bright Yellow	2	1	2	2	10
TWIN PLATE 212, LOWER PART		3880 23-Bright Blue	2	2	2	2	4
TWIN PLATE 212, UPPER PART		3879 189-Dark Stone Grey	2	2	2	1	4
<b>Total:</b>			<b>108</b>	<b>57</b>	<b>100</b>	<b>76</b>	<b>666</b>