



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estandarización y mejora de las líneas de embalado
de kits

Standardization and enhance of packaging kit lines

Autor

Raúl Martínez Martín

Directora

María José Oliveros Colay

Codirección

Noelia García Lozano



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura**
Universidad Zaragoza

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2019

Estandarización y mejora de las líneas de embalado de kits

RESUMEN

En este trabajo fin de grado, se ha puesto de manifiesto la necesidad de implantar una mentalidad Lean Manufacturing en la empresa, y más en concreto, en la línea de embalado de kits. Para ello, se ha desarrollado un estudio de la línea de embalado de kits de armarios para analizar las causas de sus bajos nivel del OEE y valorar los motivos que ocasionaban tal merma.

Antes de comenzar, se debe comprender el funcionamiento de la instalación, cuál es el flujo de los materiales a lo largo de la línea, qué operaciones se realizan en cada estación y cómo está organizado el equipo de trabajo.

Al tratarse de un trabajo académico, a lo largo de todo el proyecto se ha estado trabajando con herramientas Lean: 5S, SMED o sistemas de gestión de la calidad son algunos de los más relevantes. En primer lugar, se ha realizado un análisis de la situación de la línea de producción, identificando y cuantificando todas las ineficiencias de la instalación para de esta forma, justificar la necesidad de implantar una serie de mejoras.

Tras haber comprendido el funcionamiento de la línea, se ha tomado como principal indicador su OEE, ya que es de gran ayuda pues al estudiar en detalle todas las operaciones, procesos y secuencias, y seleccionando aquellas que afectan negativamente a este indicador, puede buscarse la causa raíz identificando las ineficiencias y mudas.

Una vez son identificados los motivos de no eficiencia de la línea, se analizará cuál es su importancia, relevancia y alcance para la producción y, con estos datos, se analizarán y definirán los motivos por los cuales la instalación presenta bajos índices de eficiencia.

Por último, entendido el funcionamiento de la línea de embalado e identificadas las causas y motivos que hacen tener esos bajos niveles de eficiencia, se propondrán una serie de mejoras con la finalidad de incrementar su OEE.

Standardization and enhance of packaging kit lines

ABSTRACT

In this final thesis, it has become evident the need to implement a Lean Manufacturing mentality in the company, and more specifically, in the packaging kit lines. Thus, a study of the packaging cabinet line has been elaborated to analyse the causes of its low OEE level and assess the reasons that causes such reduction.

Before beginning, it must be clearly understood the operation of the installation, what is the flow of materials along the line, what operations are carried out in each station and how the work team is organized.

Being an academic work, throughout the project has been working with Lean tools: 5S, SMED, or quality management systems are some of the most relevant. In the first place, an analysis of the situation of the production line has been made, identifying and quantifying all the installation's inefficiencies to justify the need to implement a series of improvements.

After having understood the operation of the line, its OEE has been taken as the main indicator, since it is of great help because thus studying in detail all the operations, processes and sequences, and selecting those that negatively affect this indicator, the root cause can be sought identifying inefficiencies and wastes.

Once the reasons for the inefficiency of the line have been identified, its importance, relevance and scope for the manufacturing will be analysed and, with these data, the reasons why the facility presents low efficiency rates will be analysed and defined.

Finally, understanding the operation of the packaging line and identifying the causes and reasons for these low levels of efficiency, a series of improvements will be proposed to increase its OEE.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GÁFICAS	6
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Objetivo	8
1.2. Alcance	8
2. MARCO TEÓRICO	9
3. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN	11
4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE EMBALADO	14
4.1. Descripción de procesos	16
4.2. Cálculo del OEE de la Línea de Embalado	22
4.2.1. Tiempo estándar de proceso	23
4.2.2. Disponibilidad	24
4.2.3. Rendimiento	26
4.2.4. Calidad	27
4.2.5. Cálculo del OEE	27
4.3. Conclusiones	28
5. PROPUESTAS PARA MEJORAR LOS NIVELES DEL OEE	31
5.1. Disponibilidad	31
5.1.1. Tiempo de cambio de referencias	31
5.1.2. Averías	34
5.2. Rendimiento	36
5.3. Calidad	39
6. CONCLUSIONES	39
7. BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXO 1	42
1. Fases de la implementación Lean	42
1.1. Integrar los datos	43
1.2. Esquema del plan de mejora	43
1.3. Despliegue	43
1.4. Establecimiento de mejoras	43
1.5. Estandarizar	44
1.6. Definir la producción en flujo	44
1.7. Medición de resultados	44
1.8. Análisis	44

2. Conclusión de implementación Lean Manufacturing	45
Implantación del Lean Manufacturing en la empresa	45
ANEXO 2	46
Políticas y certificaciones	47
ANEXO 3	49
Procesos de mecanizado de la madera	51
Materiales de las herramientas de corte	52
Gestión de procesos	53
Canteadoras	54
Canteadora M02	54
Canteadora M22	55
Canteadora M09	56
Líneas auxiliares	56
Taladro BHT 500 (M03)	56
BP 120 (M06)	57
BAZ (M07)	57
Desdobladora (unilateral, M18)	58
Taladro OMAL (M19)	58
Horno (retractilado, M11)	58
ANEXO 4	59
ANEXO 5	64
ANEXO 6	70

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GÁFICAS

Figura 1. Histórico de la eficiencia de la línea	8
Figura 2. Histórico de la producción de la línea	8
Figura 3. Cálculo del OEE.....	11
Figura 4. Distribución de la planta	12
Figura 5. Rutas de los materiales	13
Figura 6. Almacén CAS01.....	13
Figura 7. Esquema de la línea de embalado.....	15
Figura 8. Línea de embalado	15
Figura 9. Bolsa de herrajes	16
Figura 10. Almacén de hojas de montaje.....	17
Figura 11. Almacén de poliestireno.....	17
Figura 12. Estanterías del almacén SI338b.....	17
Figura 13. Almacén intermedio SI338a	18
Figura 14. Carros para dejar el material.....	18
Figura 15. Carros con material en la zona de trabajo	19
Figura 16. Robots desapiladores	19
Figura 17. Carros preparados en la línea.....	20
Figura 18. Andon de producción	20
Figura 19. Plegadora de cajas vista exterior.....	20
Figura 20. Plegadora de cajas vista interior	20
Figura 21. Tope para presionar las cajas en la plegadora	21
Figura 22. Robot apilando cajas	21
Figura 23. Almacén de palets del robot	22
Figura 24. Secuencia de operaciones de la referencia 612082.....	23
Figura 25. Pie chart de la referencia 612082 con 4 operarios	24
Figura 26. Estado del suelo de la plegadora.....	26
Figura 27. Estado y plásticos de las ruedas	30
Figura 28. Solapas de las cajas despegadas	30
Figura 29. Distribución del suelo.....	32
Figura 30. Línea de embalado con la nueva ubicación de armarios	33
Figura 31. Planning de limpieza para la línea de embalado.....	35
Figura 32. Pie chart de la referencia 612082 con 4 operarios	36
Figura 33. Propuesta de secuenciación para la referencia 612082	37
Figura 34. Ubicaciones de las fábricas del grupo	46
Figura 35. Sellos y cumplimiento de normativa de FINSA	48
Figura 36. Almacén 301.....	50
Figura 37. Vista amplia del almacén 301.....	50
Figura 38. Densidad de Aglomerado frente a MDF.....	52
Figura 39. Material de las herramientas de corte.....	52
Figura 40. Geometría del filo de las herramientas de corte	53
Figura 41. A la izquierda el canto en materia prima, en el medio tablero sin cantear y por último, el tablero con el canto pegado	54
Figura 42. Esquema de una canteadora.....	56
Figura 43. Pie chart actual de la referencia 612082.....	59
Figura 44. Pie chart actual de la referencia 612083.....	59
Figura 45. Pie chart actual de la referencia 615286.....	60

Figura 46. Pie chart actual de la referencia 615300.....	60
Figura 47. Pie chart actual de la referencia 615304.....	61
Figura 48. Pie chart actual de la referencia 615326.....	61
Figura 49. Pie chart actual de la referencia 612362.....	62
Figura 50. Pie chart actual de la referencia 615376.....	62
Figura 51. Pie chart actual de la referencia 615417.....	63
Figura 52. Pie chart actual de la referencia 615430.....	63
Figura 53. Pie chart actual de la referencia 615450.....	63
Figura 54. Propuesta de secuenciación para la referencia 612082	64
Figura 55. Propuesta de secuenciación para la referencia 612083	64
Figura 56. Propuesta de secuenciación para la referencia 615286	65
Figura 57. Propuesta de secuenciación para la referencia 615300	65
Figura 58. Propuesta de secuenciación para la referencia 615304	66
Figura 59. Propuesta de secuenciación para la referencia 615326	66
Figura 60. Propuesta de secuenciación para la referencia 615362	67
Figura 61. Propuesta de secuenciación para la referencia 615376	67
Figura 62. Propuesta de secuenciación para la referencia 615417	68
Figura 63. Propuesta de secuenciación para la referencia 615430	68
Figura 64. Propuesta de secuenciación para la referencia 615450	69
Tabla 1. Gamas de fabricación	15
Tabla 2. Tiempos estándar grabados en MRP	23
Tabla 3. Tiempo total de fabricación con el tiempo estándar calculado	26
Tabla 4. Tiempos reales y estándar de embalado.....	27
Tabla 5. Tiempos de cambio en minutos entre referencias.....	33
Tabla 6. Series mínimas rentables.....	34
Tabla 7. Tiempos de cambio en porcentaje entre referencias	34
Tabla 8. Clasificación ABC del tablero bruto	49
Tabla 9. Producción M22.....	55
Tabla 10. Producción M09.....	56
Tabla 11. Producción M03.....	57
Tabla 12. Producción M06.....	57
Tabla 13. Producción M07.....	58
Tabla 14. Producción M18.....	58
Tabla 15. Producción M19.....	58
Tabla 16. Producción M11.....	58
Gráfica 1. Datos para el OEE.....	22
Gráfica 2. Pérdidas por indisponibilidad	25
Gráfica 3. Comparación OEE	28
Gráfica 4. Eficiencia de la línea.....	28
Gráfica 5. Clasificación ABC del tablero bruto	49
Gráfica 6. Paradas de la sierra, M01	51
Gráfica 7. Paradas M02	55
Gráfica 8. Paradas M22	55

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo analiza la línea de embalado que la empresa Finsa tiene en su fábrica de Cella (Teruel). La instalación de esta línea se hizo en julio de 2012 para poder ofertar nuevos productos: los kits de muebles embalados en cajas para montar en casa. Su producción fue creciendo hasta que alcanzó el máximo en el año 2016 con más de medio millón de unidades producidas. Desde entonces atraviesa un importante descenso de producción que ha obligado a quitar un turno y reducir la mitad de la plantilla.

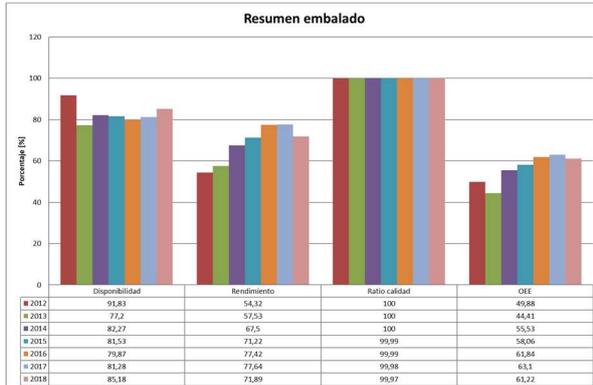


Figura 1. Histórico de la eficiencia de la línea

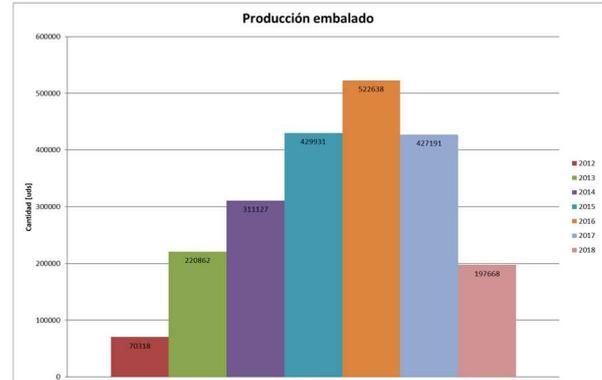


Figura 2. Histórico de la producción de la línea

El desarrollo de este proyecto se ha llevado a cabo desde el departamento de producción de la fábrica, en una estrecha colaboración con el departamento de mantenimiento y los propios operarios de la línea, ya que son estos últimos los que deberán adaptarse a los cambios de la forma de trabajo y sugerir modificaciones y mejoras.

A pesar de ver la caída de producción, no se han tomado medidas para intentar mejorar; por lo tanto, en este proyecto se empezará desde la propia línea para entender el trabajo y funcionamiento de la producción e identificar así las mudas e ineficiencias.

1.1. Objetivo

Por la importancia de esta línea dentro de la fábrica, ya que aproximadamente el 15% del material que se destina a la venta pasa previamente por ella, el objetivo fundamental del proyecto es identificar y analizar las causas de la baja eficiencia. Además, en las negociaciones con los clientes el factor más importante es el precio de compra, por lo que se hace necesaria la mejora continua que permita reducir mudas y obtener un mayor margen de beneficio.

Actualmente, esta línea tiene problemas que ocasionan unas bajas eficiencias y costes crecientes de operación, dificultando de esta manera la competitividad en el sector. La cuantificación de estos problemas se hará mediante el estudio de las causas del no rendimiento. Identificando las causas que provocan los bajos niveles del OEE se tomarán medidas para, aumentando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, aumentar así el OEE.

1.2. Alcance

Debido a los bajos niveles del OEE que oscilan entre un 40% y un 60%, este proyecto se centrará en estudiar las causas que ocasionan que la línea tenga estos niveles tan bajos, ya que los clientes están dejando de pedir productos que fabrica esta línea puesto que sus costes de fabricación van en aumento. Se estudiará también la implicación e importancia de estos bajos niveles de eficiencia y se harán propuestas para solucionar y mejorar su funcionamiento.

Durante la duración de este proyecto, 5 meses, no se podrán llevar a cabo todas las propuestas sugeridas, por lo tanto, no se podrá hacer un estudio final en el que se compare la situación de la línea con el antes y el después de las mejoras.

2. MARCO TEÓRICO

Es conveniente antes de comenzar el proyecto, definir una base teórica que sirva para comprender el trabajo.

Desde la década de los 80 gracias a Toyota, empieza a tomar protagonismo la filosofía lean manufacturing (en español fabricación esbelta, ajustada o ágil), que busca la forma de mejorar y optimizar el sistema de producción tratando de eliminar o reducir todas las actividades que no añaden valor al proceso productivo (mudas).

El concepto de “muda” se entiende como desperdicio y consiste en utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos; entendiéndose como recursos el tiempo, materiales, mano de obra, movimientos etc. De esta manera, Taichi Ohno creador del Toyota Production System identificó 7 tipos de desperdicios que han sido ampliados actualmente a 9 y que son: sobreproducción, esperas, movimientos innecesarios, transportes, sobre-procesamiento, no calidad, inventario, utilización de las personas y desperdicios al medio ambiente.

Todos estos desperdicios repercuten de una u otra manera en el buen funcionamiento de una organización y son la principal fuente de actividades de no valor añadido, las cuales deben ser eliminadas o minimizadas. El lean manufacturing y el despliegue del ciclo de mejora continua a través de actividades Kaizen y herramientas lean, tratan de cambiar la situación actual y conseguir un 100% de valor añadido en el producto reduciendo a su mínima expresión los desperdicios.

Los principios básicos del lean manufacturing pueden esquematizarse de la siguiente manera:

- Hacerlo bien a la primera: cero defectos, se debe conseguir con la detección de los problemas y su solución en el origen.
- Minimizar el derroche: excluyendo las actividades que no agregan valor al producto.
- Mejora continua: tratar continuamente de aumentar la productividad y reducir los costes.
- Procesos “pull”: las cantidades producidas se fabrican en respuesta a la demanda (para evitar así la sobre-producción).
- Flexibilidad: ser capaces de poder fabricar variedad de productos diferentes y en cantidades diferentes.
- Cambio del enfoque: al cliente no se le vende un producto, si no que se le aporta una solución.

El objetivo final de una organización es que cada uno de los procesos que componen la cadena de valor de un producto aporte valor, y sean capaces, disponibles, adecuados y flexibles. Una vez conseguidas estas características para cada proceso, el paso siguiente sería conseguir un flujo suave y continuo que interconectase estos procesos¹.

Para poder proporcionar a la fábrica los beneficios del lean manufacturing, se tomará como principal indicador el OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos), que es un indicador que permite evaluar cómo de efectivo es un equipo o una línea de producción y mejorar la productividad utilizando tres factores:

¹ Todo este proceso se encuentra detallado en el Anexo 1

- **Disponibilidad:** mide el tiempo realmente productivo sobre el tiempo disponible, es decir, el tiempo que ha estado funcionando el equipo respecto del tiempo que se quería que estuviera funcionando.
- **Rendimiento:** mide la producción real sobre la capacidad productiva, es decir, durante el tiempo que ha estado funcionando, cuántas piezas ha fabricado respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.
- **Calidad:** mide las piezas buenas a la primera producidas sobre el total.

¿Por qué es importante medir el OEE? Debido a la inversión que ha hecho la empresa, se necesita obtener el máximo beneficio sobre la inversión en el menor tiempo posible, es fundamental disminuir las pérdidas productivas y aumentar la productividad de la empresa, por ello, a través del OEE se puede ser capaz de conocer el estado de los procesos, marcar objetivos y medir los resultados de las mejoras.

Por lo general, las causas por las que el OEE se ve afectado negativamente suelen ser:

1. Averías o fallos en el equipo: cuando la maquinaria deja de funcionar como debería y no está disponible cuando se la necesita. Afecta a la ratio de disponibilidad.
2. Preparación y ajuste de máquinas: cuando se trabaja en preparar el equipo para otro tipo de producto. Afecta al a ratio de disponibilidad.
3. Pérdidas por disponibilidad: cuando se combinan averías y pérdidas por preparación. Afecta a la ratio de rendimiento.
4. Pérdidas de rendimiento: conocidas como microparadas y velocidad reducida. Estas pérdidas se producen cuando el equipo se detiene de vez en cuando, o cuando se tiene que detener el equipo con el fin de producir piezas buenas. Afecta a la ratio de rendimiento.
5. Pérdidas de defectos y repetición de trabajos: ocurre cuando las máquinas producen piezas que no se ajustan a los estándares de calidad. Afecta a la ratio de calidad.
6. Pérdidas por puesta en marcha: ocurre cuando las piezas están siendo ajustadas y perfeccionadas a medida que comienza la producción. Afecta a la ratio de calidad.

El cálculo de cada factor que índice al OEE se realiza según las siguientes expresiones:

- **Disponibilidad:** incluye todos aquellos eventos que interrumpen la producción planeada. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$$

siendo el tiempo disponible el tiempo de producción planificado al que se le resta el tiempo de descanso programado.

- **Rendimiento:** hace referencia a todas aquellas causas que provocan que los procesos de producción funcionen a menos velocidad de su máxima posible. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

- **Calidad:** toda fabricación que no cumple con los estándares de calidad, incluyendo las que necesitan reprocesarse o fabricarse de nuevo. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Producción real}}$$

Concretamente en este proyecto, se considera que las causas que afectan a cada uno de los tres factores son:

- Disponibilidad:
 - Averías.
 - Set up y ajuste.
 - Falta de material.
- Rendimiento:
 - Ralentí y fallos menores.
 - Pérdidas de velocidad.
- Calidad:
 - Piezas defectuosas.
 - Pérdidas por puesta en marcha.

Por lo tanto, el OEE queda como se puede ver en la figura 3:

$$OEE = \text{disponibilidad} \times \text{rendimiento} \times \text{calidad}$$

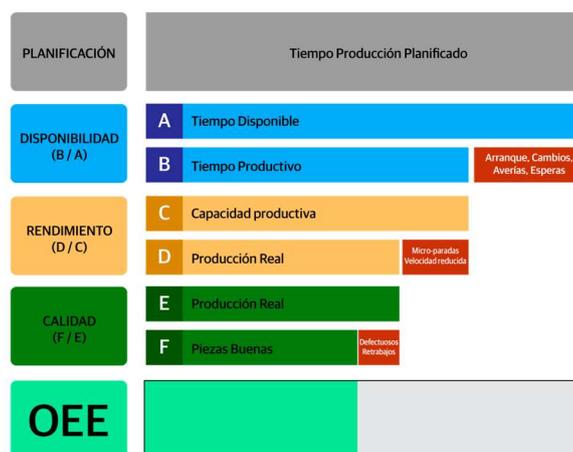


Figura 3. Cálculo del OEE

3. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN

Este trabajo se ha realizado en la planta que FINSA tiene en Cella (Teruel). Finsa es una empresa que forma parte del sector de transformación de la madera, fundada en el año 1931 en La Coruña. Dispone de 20 centros de producción en España, Portugal, Francia, Irlanda y Estados Unidos junto a una red de oficinas comerciales que presta servicio a clientes de más de sesenta países. En el año 2012 inició el negocio de fabricación de muebles y componentes en dos de sus centros (Cella y Santiago de Compostela)².

La fábrica de Cella, en la que trabajan un total de 130 personas, se dedica exclusivamente a la producción de muebles y componentes³.

- Tableros: que engloba a 3 tipos diferentes de productos:
 - Tabletería: todo aquel tablero que mide menos de 2440 mm de largo y que va sin mecanizar.
 - Tiras: todos los tableros de 2440 mm de largo (medida máxima) sin mecanizar.
 - Componentes: tablero de cualquier dimensión que pasa por un proceso de mecanizado.
- Muebles: son kits embalados en cajas con todo el material necesario para poder montarlo.

² En el Anexo 2 se expone con más detalle la actividad de la empresa.

³ Todas aquellas partes de un mueble como pueden ser baldas, mesas, puertas, cajoneras etc.

Las materias primas con las que se abastece la empresa son:

- Tablón bruto: es la materia prima más importante puesto que todos los productos parten de un tablón. Según el tipo, mide de 4 a 6 m de largo y de 800 a 1600 mm de ancho, con un espesor de 16 ó 25 mm. Se abastece de este tablero de las propias fábricas del grupo, lo que le permite tener una ventaja en costes.
- Canto: este material, mediante un proceso de pegado con adhesivo, se coloca en los laterales del tablero para ocultar el aglomerado.
- Cajas: que se utilizarán para embalar los kits de muebles.
- Herrajes: todo aquel material necesario para poder montar los kits de muebles y que no son de madera; como tornillos, tuercas, barras metálicas, escuadras, protectores etc.

La fábrica sigue un sistema de gestión push con lotes de fabricación muy grandes. Este sistema “camufla” ineficiencias como elevados tiempos de cambios entre referencias, material defectuoso, mudas de viaje o movimientos etc. En la actualidad, y debido a los cambios del mercado en el que los clientes únicamente piden lo que necesitan (concretamente en el embalado se ha pasado de pedidos de 2000 unidades por referencia a 16), esta forma de trabajar no funciona, y la planta debe adaptarse a los nuevos requerimientos.

En la Figura 4 se presenta la distribución de la planta, que cuenta con 33000 m².

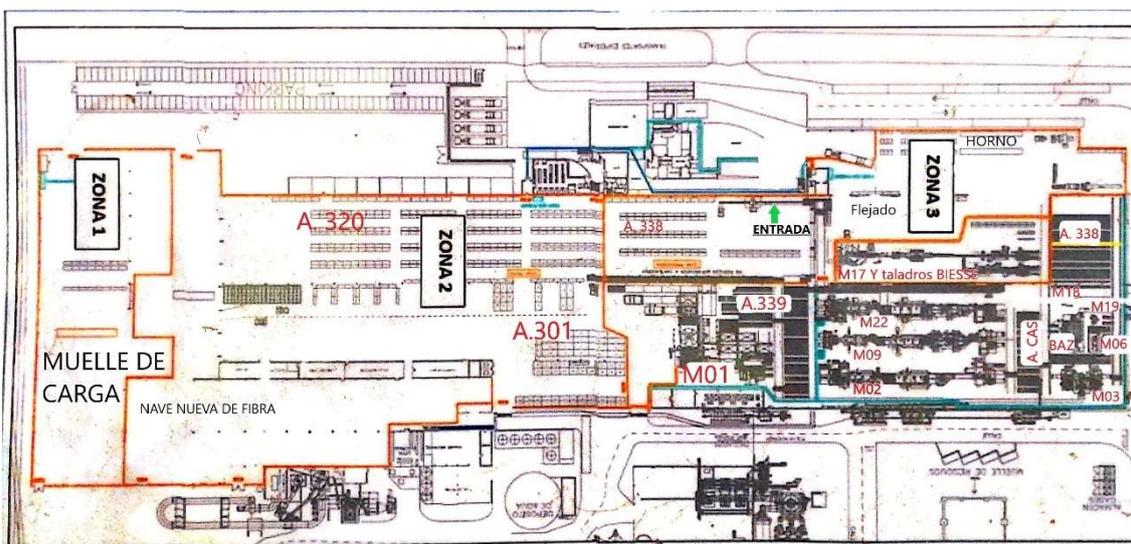


Figura 4. Distribución de la planta

El layout se diseñó para favorecer el suministro continuo de materiales y medios de producción de forma ininterrumpida, reduciendo las ineficiencias de movimiento del material. La ruta de transformación más habitual se presenta en la figura 5⁴.

⁴ En el Anexo 3 se presenta una descripción en detalle de la planta

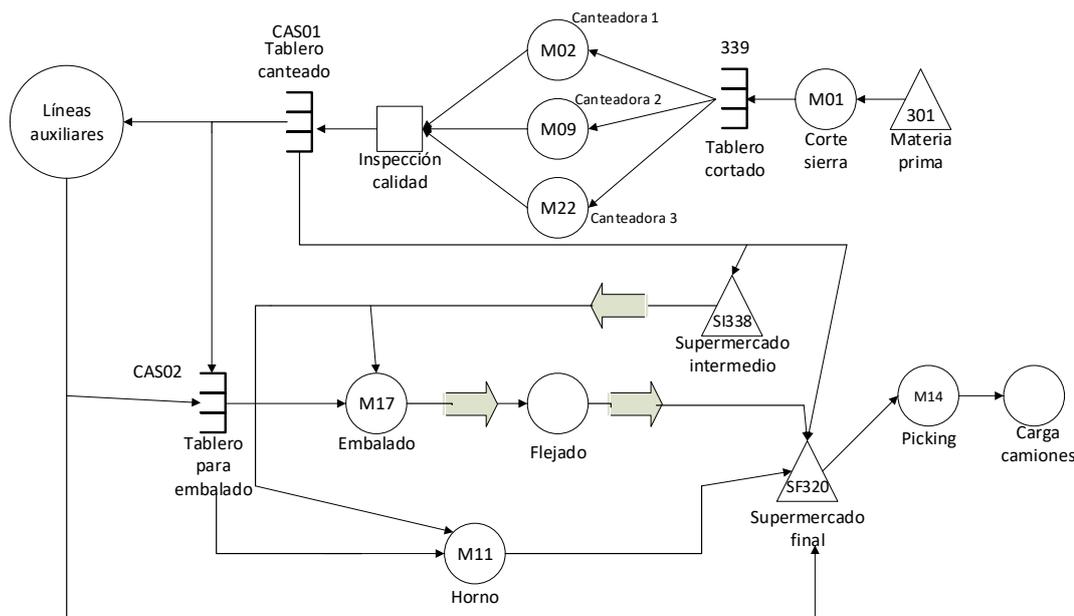


Figura 5. Rutas de los materiales

1. El tablón bruto de grandes dimensiones se ubica en el almacén 301. Estos tabloncillos se diferencian entre sí según medidas y color. En la actualidad hay 483 tabloncillos diferentes, pero 65 de ellos suponen el 80% de la demanda total requerida por esta planta.
2. La sierra, M01, lo corta a la medida requerida, y una vez cortado se deja en un almacén de rodillos, 339.
3. El siguiente paso es cantear y, si lo requiere, mecanizar el tablero. Para realizar estas operaciones se dispone de tres líneas de canteado M02, M09 y M22, y sólo las dos primeras pueden mecanizar. Cada línea de canteado está formada por 4 canteadoras en paralelo. Estas canteadoras están formadas por 2 máquinas, una fija y otra móvil, de manera que el equipo se puede mover para manipular piezas de diferente tamaño.
4. Al finalizar, se realiza una inspección del proceso, tras lo cual se deja el material en un almacén de rodillos llamado CAS01 (ver Figura 6). Si el tablón se vende en este formato, se lleva al almacén de producto final (supermercado final, SF320); si va a ser embalado formando kits o con plástico, su destino será el supermercado intermedio SI338a si mide menos de 1 m de largo; si mide más de 1 m, irá a otro almacén de rodillos, CAS02, que es igual a CAS01.

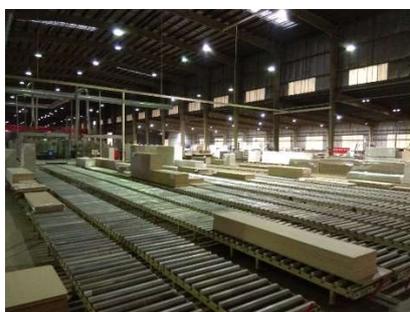


Figura 6. Almacén CAS01

5. Si los tableros presentan algún problema o es necesario hacer otras operaciones de mecanizado más complejas, sufren un proceso en las Líneas Auxiliares. Estas líneas están compuestas por taladros (M03, M06, M19), una máquina desdobladora para hacer piezas de pequeño tamaño (M18) y una máquina compleja y completamente automática, BAZ, capaz de realizar cualquier forma en el tablero. Tras estas operaciones, los tabloncillos si ya

se consideran como producto final van al almacén de producto final (SF320), y los que son embalados o plastificados van al CAS02.

6. Finalizadas las operaciones productivas, el siguiente paso es realizar la presentación final del producto, bien en formato de kits en la estación M17 o bien recubriendo cada tablón de plástico en el horno, M11. Estas dos estaciones se abastecen de tablonos provenientes de los almacenes CAS02 y SI338a. Los herrajes y cajas necesarias para montar el kit se sitúan en el SI338b.
7. Por último, el producto final se ubica en el almacén SF320 próximo al muelle de carga.

Así, cuando las piezas completan todo el proceso y pasan por el embalado, el flujo de material es en forma de U. De esta forma se facilita el movimiento de material, se producen menos movimientos innecesarios y se facilita el equilibrado del proceso.

Por otro lado, los medios de manutención que se utilizan en la fábrica para mantener un transporte continuo de materiales son:

- En el caso de la sierra, el material se mueve mediante charnelas para posicionarlo en el lugar correcto. Una vez ha sido ya cortado, mediante rodillos accionados por el operario, lo mueven hasta el almacén 339.
- Para alimentar las líneas de canteado o posteriormente las líneas auxiliares se utilizan las denominadas vagonas, que son transportadores de rodillos accionados por el operario y que se pueden mover por todo el ancho del almacén.
- Por las líneas de canteado el material se mueve a través de cintas transportadoras.
- Finalmente, para el transporte de los tableros de materia prima o para el transporte de producto terminado se utilizan carretillas. Estas pueden ser:
 - Transpaleta autopropulsada: se utiliza principalmente para el transporte de los rollos de canto y para el transporte de elementos poco pesados.
 - Carretilla contrapesada: se utiliza para gran variedad de actividades, como transporte de producto de un lugar a otro, descarga de camiones o vaciado de contenedores de material reciclable.
 - Carretilla retráctil: se utiliza para el almacenaje del producto tanto en el almacén 338 como en el 320. Se utiliza porque puede apilar material a mayor altura y porque su radio de giro, y por tanto los pasillos, son menores.
 - Carretilla recoge pedidos: se utiliza únicamente en la zona de preparación de pedidos.

4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE EMBALADO

La línea del embalado, figura 7, está compuesta por 4 puestos, además de almacenes de semielaborados y materias primas, así como otros elementos auxiliares.

- El primer equipo, llamado línea de taladros, consiste en un robot cartesiano que desapila los tablonos grandes que llegan de CAS02, depositándolos en una cinta. A los lados de la cinta, se sitúan unos taladros de manera que el tablón va avanzando y si es necesario, para y se mecaniza agujeros o ranuras.
- El segundo puesto es una mesa de rodillos y sobre ella, los operarios dejan los materiales y montan el kit.
- El tercero es la máquina que plega las cajas con el kit dentro, inyecta la cola, dobla las solapas y las pega. A su salida, está la etiquetadora que pone las etiquetas EAN en cada caja.
- El cuarto y último puesto es un robot que coge las cajas ya cerradas y las va apilando sobre un palet.

En esta línea trabajan 6 operarios, de los cuales uno de ellos se dedica a suministrar el material. Las órdenes de fabricación se lanzan semanalmente y en ellas se indica las referencias a fabricar, la cantidad, así como los materiales necesarios para cada referencia. En este lanzamiento no se indica el tiempo en el que tiene que realizarse la producción. Si estas órdenes pueden hacerse en menos de una semana, los operarios van ralentizando la marcha de producción para poder tener carga de trabajo durante toda la semana; en caso contrario, el resto de la programación que no se haya podido hacer en la semana, se reserva y se suma a la producción de la semana siguiente.

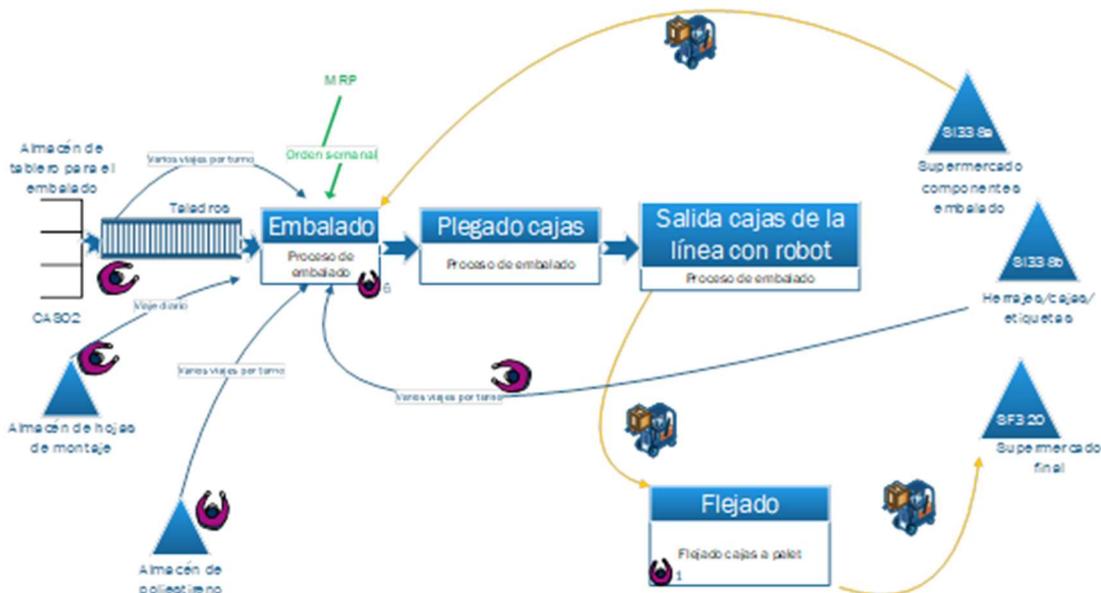


Figura 7. Esquema de la línea de embalado

En la figura 8 se presentan unas vistas de cómo es esta línea.

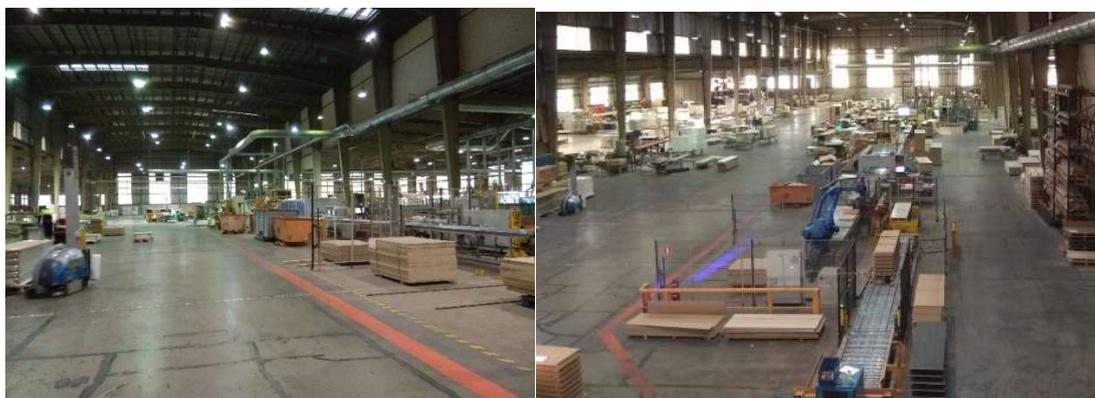


Figura 8. Línea de embalado

En esta línea se han fabricado diferentes gamas, véase la tabla 1, y desde principios de este año, se está embalando la gama ONE, que consta de 11 referencias. Estas referencias son armarios, todos del mismo color y varían en las dimensiones.

AÑO	GAMA
2012-2017	BASIC
2015-2018	SPACEO
2019	ONE

Tabla 1. Gamas de fabricación

Esta línea embala los kits de armarios por piezas para poder montarlos en casa. Cada kit consta de:

1. La caja, donde se embalarán todos los materiales del kit.
2. Los distintos tablones que componen las partes del armario.
3. Herrajes: consisten en tornillos, tuercas, escuadras y llaves allen que servirán para unir todas las partes del armario entre sí (Figura 9).
4. Componentes: todo el material que no es de madera pero que forma parte del armario; bisagras, barras, guías, asas y patas.
5. Hojas de montaje: son los folios con las instrucciones en las que se indican los pasos para poder montar el armario en casa. Esta hoja se pone siempre al principio de embalar cada kit para que el resto de los materiales evite que pueda salirse de la caja.
6. Poliestireno o panal de abeja, que se introduce en aquellas partes del kit que han quedado huecas para darle estabilidad y evitar que se dañe por movimientos de los componentes dentro de la caja.
7. Etiqueta identificativa EAN, es la etiqueta con el código de barras que sirve para identificar el producto.



Figura 9. Bolsa de herrajes

4.1. Descripción de procesos

Las operaciones de esta línea son muy manuales, de manera que en primer lugar se describirá las tareas de cada uno de los 6 operarios, para luego estudiar cada uno de los procesos.

Así, hay 4 operarios (OPER01, OPER02, OPER03 y OPER04) que se dedican a embalar propiamente dicho, es decir, cogen los materiales que componen la caja y los posicionan en la zona de trabajo de embalado. De estos 4 operarios, 2 de ellos realizan otras actividades relacionadas con el abastecimiento de materiales, lo que supone que la velocidad de producción disminuya cuando alguno de ellos falta.

Así, OPER03 suministra el material que se puede mover sin carretilla, y sus operaciones son:

1. Coge a mano las hojas de montaje que van en el kit del almacén de hojas de montaje (AHM). Este AHM son unos armarios situados a 53 m de la zona de trabajo de embalado (ver Figura 10).



Figura 10. Almacén de hojas de montaje

2. También acerca el poliestireno desde el almacén de poliestireno (figura 11), donde este se guarda en bloques. Esta zona se divide en calles según las dimensiones de las planchas, pero el material está sin etiqueta identificativa y los tamaños no tienen zona fija. Por ello, el operario necesita ir revisando uno a uno estos bloques hasta que encuentra el requerido. Este almacén se sitúa a 48 m de la zona de trabajo. OPER03 mueve estos bloques a mano o con un carro, según el tamaño y la cantidad que necesita llevar hasta la zona de trabajo.



Figura 11. Almacén de poliestireno

3. Los herrajes y demás materiales de pequeñas dimensiones los suministra desde el almacén de material semielaborado, SI338b (figura 12). Está compuesto por estanterías convencionales donde el nivel del suelo se reserva para los materiales que pueden cogerse a mano. Para ello, el operario se desplaza los 57 m de distancia que separan este almacén de la zona de trabajo de embalado con un carro donde irá dejando el material. Al coger cajas completas y no cantidades exactas, cuando se termina la orden de fabricación, los excedentes se devuelven al SI338b, por lo que el operario debe realizar este viaje de vuelta.



Figura 12. Estanterías del almacén SI338b

Una vez termina de suministrar todos estos materiales, ayuda al resto de operarios a embalar.

OPER04 es el encargado en abastecer la línea de los tablonos más grandes que vienen del almacén de rodillos CAS02. Para ello, se desplaza hasta este almacén y busca el tablero que hace falta. Este almacén está desactualizado en el MRP, por lo que cuando salen los paquetes de las canteadoras, algunos salen con ubicaciones que ya están ocupadas y los operarios dejan los paquetes en otras calles. Si no se modifica la ubicación en el MRP, OPER04 busca el material calle a calle.

Hay veces que la etiqueta identificativa del paquete se pierde y no se sabe qué tablonos son exactamente. Esto ha ocasionado problemas de calidad, ya que hay tablonos que son del mismo color y dimensiones, pero con distintos mecanizados (distinta profundidad de taladrado, distinto número de agujeros, ranuras de diferentes dimensiones etc.), por lo que se ha embalado en el kit creyendo que era una referencia distinta. Cuando este kit le ha llegado al cliente y lo ha ido a montar, lo ha tenido que devolver pues no se ha podido montar al no coincidir los taladros de unión con los del resto de materiales del kit.

Un carretillero, OPER05, suministra el material del supermercado intermedio SI338a (ver figura 13). Así, acerca el palet con el toro y lo deja sobre unos carros para facilitar su transporte a los operarios.



Figura 13. Almacén intermedio SI338a

Los carros con el material se sitúan en una zona cercana a la línea, justo detrás de los operarios, tal y como se puede ver en la figura 14. De manera que cuando los necesitan, son los propios operarios que están embalando los que retiran los carros vacíos y acercan los que contienen material. Esto ocasiona pequeñas paradas en la línea (ralentís), ya que mientras se está retirando el carro vacío y se acerca el lleno, la línea permanece parada, pues no se puede completar el kit. En la figura 15, pueden verse carros con material en la zona de trabajo.



Figura 14. Carros para dejar el material



Figura 15. Carros con material en la zona de trabajo

Otra tarea del OPER05 consiste en trasladar los palets con las cajas que salen de la línea hasta el área de flejado. El flejado del bloque se realiza en otro puesto de trabajo cercano a la línea, pero este proceso y la persona que lo hace no forma parte del embalado.

El último operario, OPER06, está a la salida de la plegadora de cajas para volver a pegar a mano con una pistola termofusible de silicona aquellas cajas que no se han pegado correctamente.

En resumen, el suministro del material a la línea se realiza desde cinco almacenes: CAS02, SI338a, SI338b, el almacén de poliestireno y el almacén de las hojas de montaje. El proceso se inicia cuando el OPER04 alimenta el tablero largo apilado empujándolo desde el supermercado de rodillos CAS02 hasta los robots cartesianos, según se puede ver en la figura 16. El robot los desapila de uno en uno y los hace llegar mediante una cinta transportadora hasta la zona de embalado.

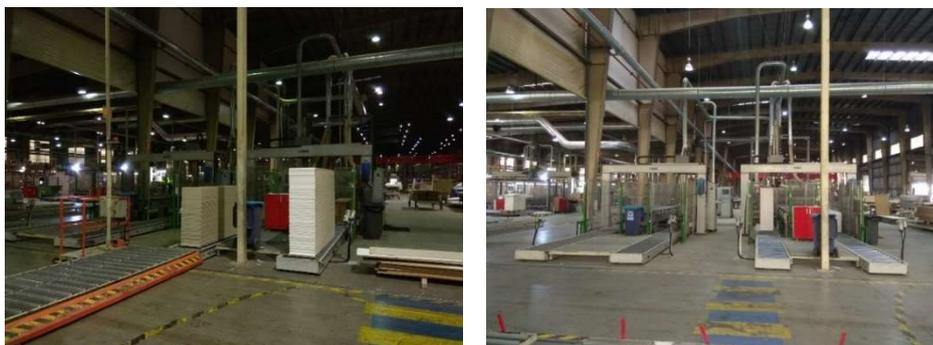


Figura 16. Robots desapiladores

Por otro lado, OPER05 acerca desde SI338a los palets con tablonos de menos de 1 m a los carros, para que los operarios de embalado los puedan mover. Cuando el material que están cogiendo de un carro se termina, son éstos (OPER01 y OPER02) los que se encargan de mover el carro hacia atrás y coger otro con la misma referencia para acercarlo a la línea y seguir embalando. Durante este cambio, la línea permanece parada unos 2 minutos que es el tiempo que cuesta cambiar los carros. En la figura 17 se ve un carro con cajas de cartón en la zona de embalado y otro detrás de éste con la misma referencia.



Figura 17. Carros preparados en la línea

Una vez se dispone de todo el material necesario en la línea, se selecciona en el MRP la orden de fabricación que se va a hacer. La información pasa a un Andon, figura 18, que muestra las cajas a montar, el tack time, el retraso por turno, las cajas producidas y el tiempo desde la última caja.



Figura 18. Andon de producción

Cuando se termina de colocar todos los elementos del kit, las cajas se cierran tras pasar por la plegadora de cajas. Esta plegadora se ajusta manualmente, por lo que es necesario que en cada cambio de referencia se le indiquen las dimensiones de la caja y la altura a la que deben estar los inyectores de cola. En las figuras 19 y 20 se presenta una vista exterior e interior de la plegadora.



Figura 19. Plegadora de cajas vista exterior



Figura 20. Plegadora de cajas vista interior

Esta máquina tiene incorporada una encoladora que suministra la cola líquida a los inyectores. Cuando la caja está entrando a la plegadora, los inyectores van echando la cola en las solapas de las cajas y, una vez la caja se para, actúan los posicionadores doblando las solapas y cerrando así la caja.

A la entrada hay un tope para presionar las cajas y terminar de cerrarlas, según se ve en la figura 21. Debido a la altura a la que se encuentra, a las cajas de poca altura no les afecta, pero las de mayor altura, que coincide que son además las más pesadas, rozan en exceso. Como

todos los rodillos se mueven con un único motor, el motor se sobretensiona y la máquina se desconecta, de manera que hay que mover las cajas a mano, cerrándolas y pegándolas también manualmente.



Figura 21. Tope para presionar las cajas en la plegadora

La siguiente operación consiste en colocar la etiqueta EAN en cada caja, tarea que realiza una etiquetadora automática situada a la salida de la plegadora. El siguiente paso es montar los palets de cajas, para lo cual, la caja pasa a una zona de rodillos, donde un robot la coge y la deja sobre un palet (ver figura 22). Cuando está montado, la cinta transportadora se mueve, dejando el conjunto al final de la cinta. El carretillero, OPER05, las saca fuera de la línea y las lleva a la zona de flejado, donde un operario le coloca la etiqueta identificativa al paquete y lo fleja para su almacenamiento.



Figura 22. Robot apilando cajas

Al robot hay que abastecerle de palets, y para ello, OPER05 rellena el almacén que tiene en la jaula, figura 23, de manera que cuando los necesita, automáticamente la cinta transportadora los coloca en posición para que el robot pueda seguir funcionando.

OPER05 acerca los palets a la línea desde el SI338a por grupos de 20, y los deja en un hueco al lado de las estanterías, donde se almacenan por bloques. Cuando se necesitan en el robot, OPER05 los acerca de este hueco al almacén del robot. Este almacén tiene una capacidad máxima de 10 palets, pero se reabastecen de 2 en 2, disminuyendo de esta manera el rendimiento de la línea, ya que OPER05 tiene que estar continuamente desplazándose hasta ese lugar para volver a dejar otro par de palets.



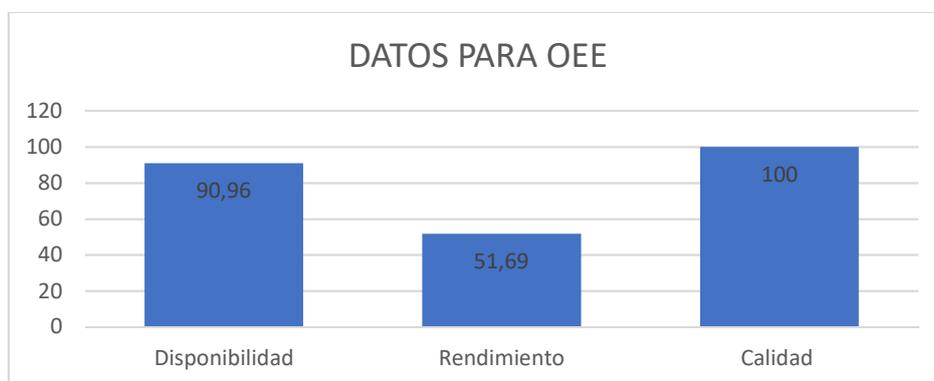
Figura 23. Almacén de palets del robot

4.2. Cálculo del OEE de la Línea de Embalado

Para determinar el OEE, el MRP calcula la disponibilidad con las 8 horas del turno, sin tener en cuenta el descanso de 15 minutos. Esto es debido a que al haber 6 operarios trabajando, se van turnando por parejas para descansar y la línea siempre está en funcionamiento. Tampoco hay reservado un tiempo para pérdidas de indisponibilidad, averías etc.

El objetivo planteado en este proyecto es reservar de las 8 horas del turno 45 min para las pérdidas por disponibilidad, 15 min para el descanso; de las 7 horas restantes, el 20% para rendimiento y calidad. De esta manera, toda la producción deberá darse en 5.6 horas para alcanzar el OEE objetivo del 70%. Este objetivo podrá alcanzarse más fácilmente si se introduce una mentalidad más lean para trabajar en una mejora continua.

En la Gráfica 1 se presenta para el periodo de febrero a abril de 2019 lo que está grabado en el MRP para ese periodo de tiempo. Según se puede ver, el OEE es del 47.01%, con un total de 19604 unidades producidas.



Gráfica 1. Datos para el OEE

Así, para calcular la disponibilidad se supone que el tiempo disponible es todo, es decir, 259 horas (1 turno de 8 h * nº de días laborables), y el tiempo productivo se calcula restando al tiempo disponible las paradas por averías y cambio de referencia grabadas en el sistema. En este caso, el tiempo disponible fue de 210 h.

Para calcular el rendimiento, se establece el tiempo estándar de embalado por cada referencia y se compara con el tiempo real de proceso, de manera que el rendimiento es el cociente entre el tiempo estándar y el tiempo real.

Por último, para calcular la no eficiencia por calidad, se cuentan el nº de cajas válidas al final de proceso y se divide por el total de cajas que se han embalado. El problema es que el nº de cajas no válidas hay que introducirlo en el MRP a mano, pero no se hace. Además, dado que son procesos manuales y que los reprocesos son muy fáciles, está la idea de que este reproceso es un proceso más, y no se considera fallo de calidad.

Como se ha visto, el primer problema encontrado es que este cálculo tiene errores. Por ello, se decide hacer una aproximación para tener una idea más real de la eficiencia actual de la línea. Para posteriores decisiones, habrá que tener en cuenta que este cálculo no deja de ser una aproximación, aunque bastante ajustada.

4.2.1. Tiempo estándar de proceso

El primer problema es que el tiempo estándar de operación está desactualizado, ya que cuando se introdujeron los modelos actuales de kits en la línea, no se calculó el tiempo y simplemente se copiaron los tiempos estándares de la gama anterior, asignándolos a las nuevas referencias en función de los materiales que contenían.

Esto ocasiona que, a pesar de grabar las producciones siempre con 2 operarios cuando hay 6, rara vez se embale el kit dentro del tiempo establecido. Esto genera retrasos que afectan al rendimiento y, en consecuencia, disminuye el OEE. En la tabla 2 están los tiempos estándar grabados en el MRP y calculados para 2 operarios.

Referencia	Tiempo/caja [s]
612082	32
612083	31
615286	54
615300	54
615304	42
615326	29
615350	32
615362	33
615376	30
615379	23
615417	54
615430	54
615450	33

Tabla 2. Tiempos estándar grabados en MRP

Para ver este desfase, y a modo de ejemplo, vamos a fijarnos en la referencia 612082 con un tiempo estándar de embalado de 32 s⁵. Son 4 los operarios que se encargan de embalar, y la secuencia de operaciones se puede ver en la figura 24.

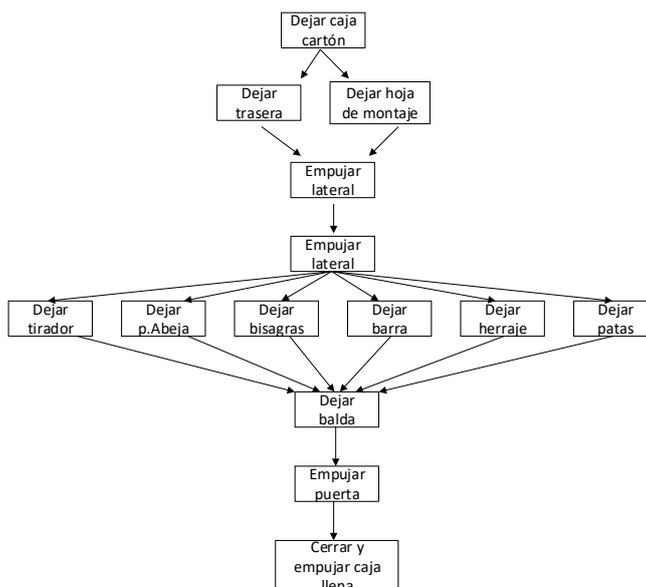


Figura 24. Secuencia de operaciones de la referencia 612082

⁵ En el Anexo 4 se muestran los pie chart de las 11 referencias tal y como lo hacen actualmente

Cuando se desglosan y secuencian estas tareas según el pie chart de la figura 25, se observa que a pesar de tener un estándar de 32 s por caja calculado para dos operarios, las actividades se reparten entre 4 operarios y el tack-time es de 39 s, 7 más que el estándar, y con elevados tiempos de espera o inactividad de estos operarios.

Aunque se han desglosado las tareas para los 4 operarios que embalan, como OPER03 y OPER04 tienen otras tareas que atender, para las cuales han de ausentarse del puesto de embalado, cuando alguno de estos dos, o los dos, se ausenta, OPER01 y OPER02 han de asumir esa carga de trabajo extra, que al no estar bien secuenciada y, los carros colocados para 4 personas, incrementa en varios segundos el embalado por caja.

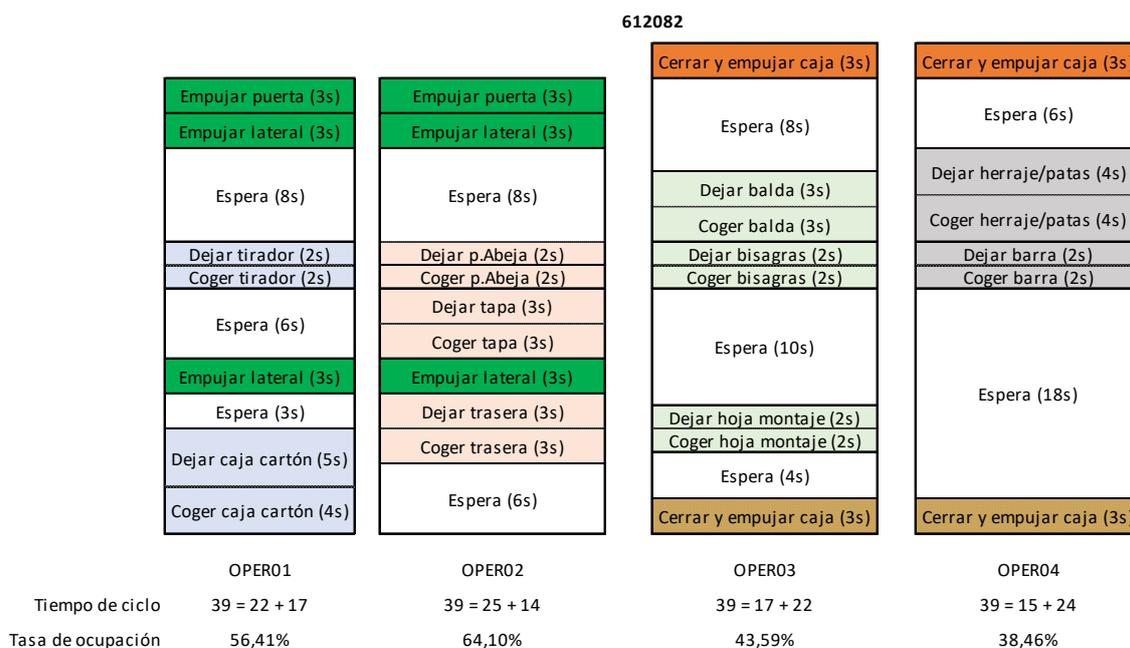


Figura 25. Pie chart de la referencia 612082 con 4 operarios

4.2.2. Disponibilidad

Antes de evaluar el valor de este factor, destaca que, para los cambios de referencia, el MRP tiene asignados 5 minutos como cambio estándar. Si el cambio dura más, el tiempo extra se cuenta como tiempo de fabricación, disminuyendo el rendimiento de la línea y no la disponibilidad como sería lo correcto. Esto es debido a que el MRP entiende que se ha empezado la fabricación y ese retraso corresponde al embalado de la primera caja de la referencia. El resto de los tiempos de paradas se introducen a mano.

Durante el periodo evaluado, la línea ha tenido 259 horas de trabajo, de las cuales, 49 ha estado parada, lo que supone un 19% que habría que restar a la disponibilidad. Estas paradas tienen varias causas según aparece en la gráfica 2, destacando especialmente las paradas de la línea por cambio de referencia y por averías. El resultado es que la línea ha tenido una disponibilidad del 72%.



Gráfica 2. Pérdidas por indisponibilidad

Casi la mitad, 45%, de los tiempos de indisponibilidad son debidos a averías: 15% del robot desapilador, 5% por fallos en la temperatura de la encoladora y 25% tienen causas diversas.

El robot se encarga de desapilar el tablero largo proveniente del CAS02, y forma parte de una línea de taladros que está en desuso. Al no tener un programa de mantenimiento preventivo y, en muchas ocasiones, no hacer actuaciones de correctivo a tiempo, se dan situaciones de riesgo que se van alargando en el tiempo hasta que el equipo termina de fallar del todo y queda inoperativo. En ese momento, el departamento de mantenimiento repara la avería. Estas son algunas de las situaciones observadas durante el periodo de realización del proyecto:

1. Cableado pelado en los mandos de control y en el propio robot, de manera que cuando hay un mal contacto, el robot se desactiva. Cuando esto ocurre, el robot no se puede arrancar hasta que se pone el cableado de forma adecuada y se reinicia el ordenador de control. Solo el reinicio de este ordenador ocasiona un retraso de 7 minutos.
2. Exceso de fricción por rodamientos deteriorados, lo que ocasiona que los motores de los robots se sobrecalientan hasta alcanzar el máximo de seguridad, y se desconectan. Hasta que se enfrían para volver a conectar pasa un mínimo de dos horas.

Cuando esto ocurre, los tabloncillos largos se acercan a la línea desde CAS02 con carretilla. Así, al tiempo de retraso ocasionado por la avería, se suma el de ralentí durante el proceso de embalado, pues las largas dimensiones de estos tabloncillos hacen que los operarios tengan que moverlos por parejas y con movimientos más pausados.

3. Atascos durante el proceso de desapilamiento de los tabloncillos, ocasionado por el mal estado de las ventosas de vacío.
4. Atascos por la rotura de sensores, que al quedar inoperativos no permiten el paso de los tabloncillos.

Respecto a los problemas con la temperatura de la encoladora, éstos se deben a que durante las noches de más frío (con temperaturas en el interior de la fábrica de 7°C), al empezar el turno a las 6 de la mañana la cola no fluye por los manguitos y hay que esperar una hora hasta alcanzar la temperatura suficiente. Además, la temperatura de la encoladora estaba fijada a 150°C, pero revisando las instrucciones del proveedor, se comprobó que debía ser de 160°C a 190°C. Tras aumentar la temperatura de la encoladora a 190°C, no ha habido paradas ocasionadas por este motivo.

Por último, el 25% correspondiente a “otras averías” hace referencia al resto de averías que se han tenido en la plegadora de cajas o en el robot del final de línea. En el caso de la plegadora, estas averías ocasionan paros prolongados que hasta que no se solucionan, la producción se detiene. Estas averías son la principal consecuencia de no limpiar ni engrasar la máquina. Los rodillos de este equipo están accionados por un único motor, y el exceso de cola, plástico y demás suciedad se va acumulando en los rodamientos. Esto provoca que el motor se sobrecaliente y se pare la máquina, no pudiendo arrancarla hasta que se enfría. En la figura 26 se observa el estado del suelo de la plegadora; los restos que se ven son de cola seca acumulada en los inyectores, rodillos, paredes y demás superficies de la máquina y que han caído al suelo.

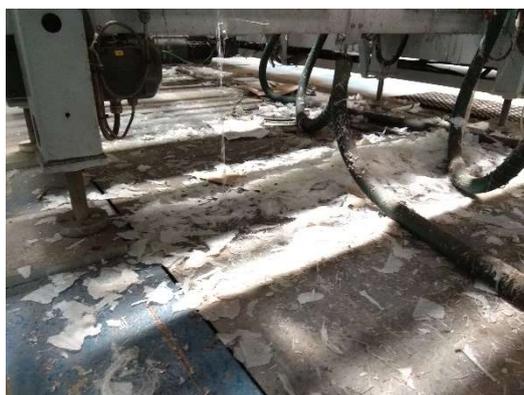


Figura 26. Estado del suelo de la plegadora

4.2.3. Rendimiento

En cuanto al rendimiento, se va a tomar como tiempo estándar de embalado el obtenido tras secuenciar las operaciones de embalado, que es el que se muestra en la Tabla 3.

REFERENCIA	CANTIDAD FABRICADA	Tiempo Estándar [s]	Tiempo total [s]	Tiempo total [h]
612082	934	34	31756	8,82
612083	462	41	18942	5,26
615286	172	24	4128	1,15
615300	169	24	4056	1,13
615304	2314	31	71734	19,93
615326	172	34	5848	1,62
615362	173	34	5882	1,63
615376	11327	34	385118	106,98
615417	2388	24	57312	15,92
615430	172	24	4128	1,15
615450	1321	34	44914	12,48
	19604		TIEMPO TOTAL FABRICACIÓN [h]	176,06

Tabla 3. Tiempo total de fabricación con el tiempo estándar calculado

El rendimiento se calcula a partir del nº de unidades fabricadas y del tiempo estándar de fabricación de cada referencia. Como la línea ha estado operando durante 259 h, de las cuales, según el tiempo estándar de embalado, ha estado operativa 176.06 h, el rendimiento es del 68%. Este valor es un 16% más del calculado por defecto, consecuencia de un incorrecto estándar de tiempo.

Los tiempos de embalado se muestran en la tabla 4, donde se comparan con el estándar que tienen asignado en el MRP y se indica la tasa promedio de ocupación de los operarios:

	Tiempo real [s]	Tiempo estándar [s]	Tasa de ocupación [%]
612082	39	32	51
612083	39	31	53
615286	23	54	45
615300	23	54	45
615304	27	42	58
615326	37	29	68
615362	31	33	49
615376	30	31	56
615417	24	54	47
615430	24	54	47
615450	31	33	49

Tabla 4. Tiempos reales y estándar de embalado

En el anexo 4 se muestra en detalle las operaciones de embalado y los tiempos de espera que tiene cada uno de los operarios.

4.2.4. Calidad

Por otra parte, no se tienen en cuenta defectos de calidad, tal y como se puede ver en la gráfica 3, donde no se ha contabilizado problema alguno. Dentro de este grupo de defectos no contabilizados destacan que cuando algún material llega defectuoso se tira al contenedor sin contabilizar o, por ejemplo, cuando salen las cajas, salen despegadas y es necesario que un operario las cierre manualmente. Si se tuviese este apartado en cuenta, los fallos de calidad harían disminuir el OEE.

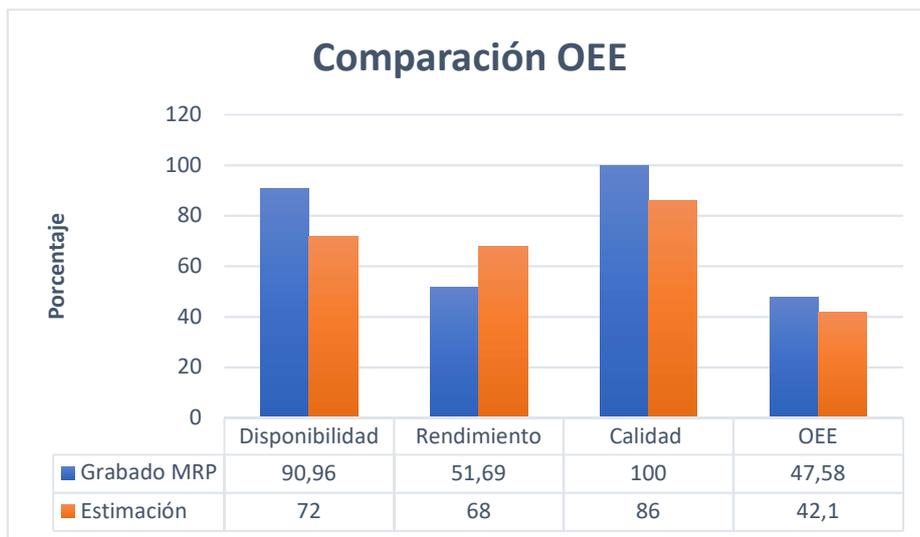
No hay un control del material que se embala en cada kit, lo que puede ocasionar problemas cuando el producto llega al cliente, ya que como el material que se embala viene de las canteadoras donde ha pasado un control de calidad, se da por hecho que está en buenas condiciones. Pero a veces ha podido sufrir desperfectos durante su desplazamiento hasta la zona de trabajo. Todo el material que se recepciona de proveedor, se asume también que está en buenas condiciones y tampoco se inspecciona.

Cuando llega alguna reclamación del cliente por desperfectos en algún material del kit, éste no se le imputa a la línea, sino que se le vuelve a enviar otra vez un nuevo kit.

Para saber cuántas cajas salieron sin pegar correctamente de la plegadora, se hace una estimación grosso modo, y se pregunta a los operarios de la línea cuántas cajas suelen salir despegadas. Según sus estimaciones son entre 40 y 60 cajas por turno. Teniendo en cuenta que durante un turno se fabrican entre 300 y 400 cajas, se puede asumir que un 14% de las cajas salen defectuosas y es necesario el pegado manual posterior. Así, de las 19604 cajas fabricadas, 2744 hubo que reprocesarlas, lo que quiere decir que la calidad es de un 86%.

4.2.5. Cálculo del OEE

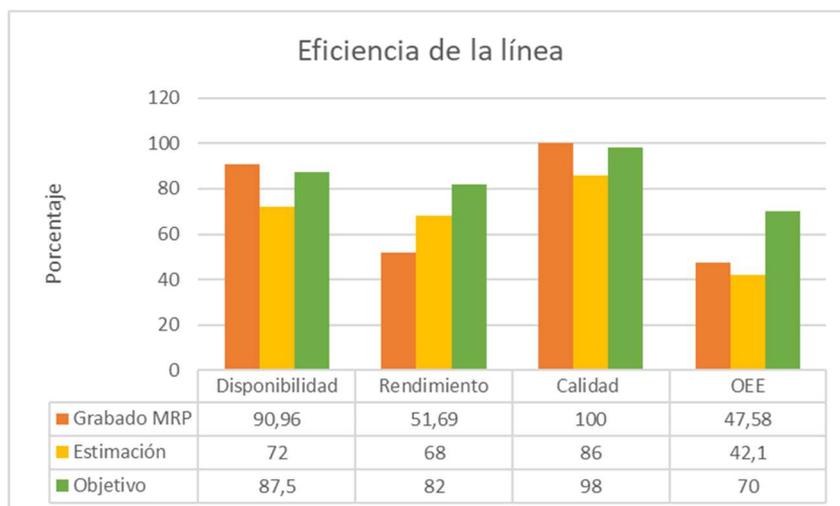
El OEE es el producto de la disponibilidad, rendimiento y calidad, se tiene que el OEE actual de la línea es del 42.10%, 5 puntos menos que el obtenido en el MRP, tal y como se refleja en la gráfica 3.



Gráfica 3. Comparación OEE

4.3. Conclusiones

Tras analizar la línea, se observa que tiene un nivel bajo de eficiencia, 42.10%, por lo que se harán propuestas para mejorarla e intentar dejarla a los niveles objetivo de la gráfica 4.



Gráfica 4. Eficiencia de la línea

Como se observa en la gráfica 4, el nivel más bajo de eficiencia lo ocupa el rendimiento. Esto es debido a que los estándares de tiempo no son los correctos y se tiene un tack-time demasiado corto al cual se intenta llegar poniendo más operarios a embalar. Sin embargo, pese a sobrecargar la línea con más personal, no se llega a cumplir ese estándar al haber largos tiempos de espera por ciclo.

La disponibilidad se ve afectada por la reconfiguración de la línea entre los cambios de referencia, averías y falta de material. En el caso del cambio de referencia, son tiempos que oscilan alrededor de los 10 minutos, pues en cada cambio hay que:

1. Retirar los carros con material que no se va a usar.
2. Colocar en la línea los carros con el material que se va a usar.
3. Alimentar de tablero largo los desapiladores.
4. Ajustar a las dimensiones adecuadas la plegadora de cajas.
5. Seleccionar en el MRP la orden de fabricación que se va a comenzar.

La no disponibilidad de la línea es mayor que la grabada en el MRP, ya que los tiempos por cambio de referencia son mayores de 5 minutos. Las tareas que se realizan son:

- OPER01 y OPER02 retiran los carros de la zona de trabajo y los cambian por los que contienen el material que van a utilizar.
- Mientras tanto, OPER03 comprueba si está todo el material que van a necesitar y en caso de que falte alguno, se desplaza hasta el almacén correspondiente a por él, donde según las cantidades que se necesiten, los traerá a mano o se desplazará a pie con un carro para dejar ahí el material.
- OPER04 se desplaza hasta el CAS02 y en caso de que quede tablones en los desapiladores, los saca y los devuelve otra vez al CAS02; si no, busca los tablones que necesitan y, empujándolos por los rodillos, los coloca en los desapiladores.
- OPER05 sigue trayendo material del SI338a, devolviendo el que ha sobrado y sacando los palets con las cajas de la línea para llevarlos al flejado.
- OPER06 al no tener ninguna tarea asignada, pregunta al resto de operarios qué puede hacer para ayudarles, normalmente ayuda a OPER01 Y OPER02 a reconfigurar la línea.
- Una vez todo el material está listo, OPER01 o OPER02 seleccionan en el MRP la orden de fabricación que van a comenzar a embalar y cada uno vuelve a su puesto.

En el caso de las averías, estas se producen por el desgaste y suciedad de los mecanismos de las máquinas. Esta línea se implantó en el año 2012 tras la crisis económica para intentar captar nuevos clientes diversificando productos. Debido a que se venía de la crisis, como estas máquinas eran de nueva instalación no se quiso gastar dinero en ellas, de esta manera, no se han reparado ni arreglado las averías que ha ido teniendo a lo largo del tiempo.

El resto de tiempos de no disponibilidad están asociados a la falta de material, debido al retraso en la producción de la sierra, M01, y de las canteadoras, M02, M09 y M22. En estos casos, la línea para y se busca alguna orden que esté programada para más adelante pero que estén todos los materiales. Si faltan materiales para todas las ordenes de fabricación, se destina a los operarios a hacer tareas auxiliares.

La falta de material puede darse además en las materias primas, cuando no se programa bien su seguimiento y no se emite orden de compra. Se han dado situaciones en que se han programado para embalar más de 300 kits, pero se ha tenido que retrasar su producción 2 semanas por falta de cajas, parte fundamental en estos kits.

Para las pérdidas por indisponibilidad que se han calculado, 12,5%, no se han tenido en cuenta las que puedan ser debidas a la falta de material, pues se trata este de un motivo ajeno a la línea que no ha podido estudiarse durante este proyecto.

Todas las averías afectan de manera directa a la disponibilidad al dejar de funcionar la línea, pero también disminuyen el rendimiento, ya que hay averías que no tienen la gravedad para detener la producción, pero sí para ralentizarla. Por ejemplo, el mal estado de los inyectores de cola de la plegadora hace que cuando salen las cajas despegadas, OPER06 las pegue a mano. Como la operación manual cuesta más que la máquina, el resto de las cajas permanecen a la espera para poder salir de esta. La línea se detiene hasta que termina el reproceso y vuelve a poner en marcha la línea.

El estado de las ruedas de los carros de transporte de material, que puede observarse en la figura 27, debido a la suciedad que acumulan hace que alguno de ellos sea difícil de empujarlos con una sola persona y se necesite la ayuda de otro compañero.



Figura 27. Estado y plásticos de las ruedas

Por otro lado, al no estar bien definidos los ciclos de trabajo, los operarios no saben cuándo tienen que realizar las tareas, y se dedican a embalar sin parar. Cuando se para la línea por falta de material, los operarios van a rellenar material: OPER04 se desplaza para reabastecer los desafiladores; OPER03 se desplaza hasta SI338b a por herrajes; hay veces que la cinta transportadora que saca los palets con las cajas de la línea está completa, y se dan cuenta cuando la línea se ha llenado de cajas y se detiene, teniendo que llamar a OPER05 para que los retire, etc.

El indicador de calidad es penalizado si hay defectos de producto en la producción. En esta línea no se contabilizan defectos (de ahí que en el MRP se tenga un 100%). Si alguna caja sale despegada, se vuelve a pegar manualmente o si, por ejemplo, se rompe la caja durante su transporte por la cinta, tiran la caja con todo el material al contenedor para reciclar. En la figura 28, se observan las cajas de un palet que han salido despegadas de la plegadora y que necesitan pegarse manualmente, pero que no han sido incluidas en el MRP como defectos de calidad.



Figura 28. Solapas de las cajas despegadas

5. PROPUESTAS PARA MEJORAR LOS NIVELES DEL OEE

Analizados los datos del OEE, y los motivos que impiden alcanzar niveles mayores, se van a hacer una serie de propuestas para mejorar la eficiencia. Se pone como objetivo el incremento del OEE al 70%, reservando el 30% restante a paradas o imprevistos.

Debido a la duración de este proyecto, no todas las mejoras se han podido implantar, por lo que quedará a criterio del responsable de producción de la fábrica la implantación o no de estas medidas.

5.1. Disponibilidad

Tal y como se ha comentado, el primer objetivo es que la pérdida de disponibilidad sea de 1 hora, es decir del 12,5%, frente al 18% actual. En este grupo se incluyen averías y set-up.

5.1.1. Tiempo de cambio de referencias

Según se ha visto en la gráfica 2, el 35% de las paradas de la línea son debidas a la reconfiguración de ésta cada vez que se cambia de referencia, por lo que es el primer factor que se estudia. Actualmente, se están haciendo producciones de sólo 12 unidades, lo que supone que el tiempo de cambio sea mayor que el de producción.

Parte del material que se acerca hasta la línea (mientras están embalando), primero se deja en el suelo. En el momento en que se necesita, para la producción actual o en el cambio de referencia, se llama al carretillero para que lo suba a un carro. Pero los carros no se vacían después de terminar la orden de fabricación ya que cada lote tiene un nº de tablonos, sino que se dejan con los tablonos que queden, y se desplazan detrás de la línea, por si esos materiales son necesarios en siguientes órdenes de fabricación. Además, como no hay una organización o distribución del suelo, es necesario ir buscando los materiales hasta que se encuentran. Si ese material que se necesita está detrás de otros carros o materiales, primero se debe despejar ese espacio para poder acceder a él.

Todo lo anterior se hace con la línea parada y debido a que los operarios no tienen tareas específicas asignadas, cuando se termina la producción necesitan dedicar un tiempo para decidir quién se encarga de cada tarea. Por ello, estos tiempos de paro son tan elevados.

Para reducir estos tiempos al mínimo posible y, en consecuencia, los paros por indisponibilidad de la línea, se hacen las siguientes propuestas:

Propuesta 1

Puesto que los tiempos de indisponibilidad son en un 45% debidos a averías, que a su vez gran parte del origen es la suciedad de la línea, lo primordial es hacer un plan de limpieza y orden que evite alguna de las averías y tiempos improductivos.

Propuesta 2

Dejar reservados 6 carros para los herrajes que se utilizan diariamente, ya que al desplazarse OPER03 a pie, emplea gran parte de su tiempo en realizar viajes para buscar material. Al haber pocas referencias de herrajes y almacenarse estos en cajas que ocupan poco espacio (en un palet, que se deja en un carro, pueden haber de 1000 hasta 2000 unidades de la misma referencia), de esta manera, se ahorran los tiempos de desplazamientos.

Propuesta 3

Para agilizar el cambio de referencia. Consiste en dividir el suelo en las siguientes áreas para los carros que se observan en la figura 29, y de señalizarlas correctamente.

- a. Material con el que se está embalando en la producción actual [3].

- b. Material para usar en la producción siguiente, estos carros deberán de estar en una única fila para facilitar la tarea de OPER05 cuando traiga el material del SI338a [2].
- c. Material para retirar al supermercado [1].
- d. Palets vacíos y material defectuoso [4].

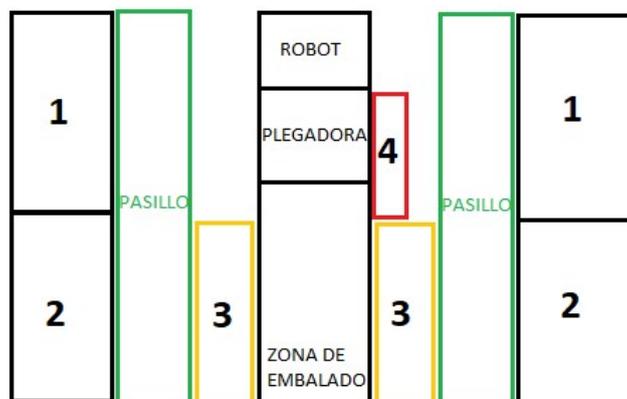


Figura 29. Distribución del suelo

Propuesta 4

No dejar el material que se trae de los supermercados en el suelo, hacerlo directamente en los carros. Ya que, sino cuando se necesita este material, hay que volver a avisar a OPER05 para que los suba al carro. De esta manera reducimos a la mitad los movimientos para la recepción de material, y no penalizamos al rendimiento al no tener que esperar hasta que se sube el material al palet, sino que cogemos el carro con el material ya preparado, solo tenemos que desplazarlo de la zona 1 a la 3.

Propuesta 5

Asignación de tareas, de manera que cada operario sepa en todo momento lo que tiene que hacer:

- a. OPER01 y OPER02: retirar los carros de la zona de embalado y colocar los siguientes, y OPER01 seleccionar la producción en el MRP, ya que es el que tiene el ordenador más cerca.
- b. OPER03: alimentar el tablero largo a los robots desapiladores, suministrar el poliestireno y hojas de montaje.
- c. OPER05: seguir retirando los palets con las cajas de la línea y trasladarlos a la zona de flejado, retirar los palets al SI338a y traer material para las siguientes producciones.

Propuesta 6

Se trata de acercar las hojas de montaje del kit a la propia línea. Para ello, se propone mover un armario cerca de la propia línea. De esta manera se busca qué hojas de montajes son las que se usan y se les modifica la ubicación en el MRP:

Hay 24 armarios con 8 baldas cada uno, lo que hace un total de 192 huecos/baldas para almacenar hojas de montaje, pero únicamente se están empleando 9 huecos. Por ello, sólo se mueven 2 armarios cerca de la línea para almacenar este material, tal y como se puede ver en la figura 30.



Figura 30. Línea de embalado con la nueva ubicación de armarios

Esta nueva ubicación de los armarios, hace que OPER03 tenga que desplazarse únicamente 4 m desde su puesto de trabajo, 49 menos que anteriormente.

En la Tabla 5 están calculados los tiempos de cambio entre todas las referencias entre sí. En estos tiempos se incluyen los tiempos necesarios para preparar todo el material mientras la línea está en funcionamiento, cuando se termina la producción actual, OPER01 y OPER02 retiran los carros de la zona de embalado y acercan los necesarios incluidas las hojas de montaje que estarán en la propia línea (al estar el suelo dividido en zonas, los carros necesarios se identificarán con rapidez) y OPER03 paralelamente, prepara el tablero largo en los desafiladores. En estos tiempos de cambio se incluyen los debidos a la retirada de los carros de la zona 3 hasta la 2, de la zona 1 a la 3, el abastecimiento del tablero largo en el desafilador, y la selección de la orden de fabricación en el MRP.

	615417	615430	615286	615300	615450	615362	612083	612082	615304	615376	615326
615417		4	4	4	6	6	8	7	7	8	10
615430	4		4	4	6	6	8	7	7	8	10
615286	4	4		5	6	6	8	7	7	8	10
615300	4	4	4		6	6	8	7	7	8	10
615450	7	7	7	7		4	9	9	9	9	11
615362	7	7	7	7	4		9	9	9	9	11
612083	9	8	8	8	9	9		8	8	10	11
612082	8	8	8	8	9	9	8		8	9	10
615304	7	7	7	7	8	8	8	8		7	10
615376	7	7	7	7	8	8	10	10	8		9
615326	10	10	10	10	11	11	10	10	10	9	

Tabla 5. Tiempos de cambio en minutos entre referencias

Con estas medidas será posible disminuir el tiempo de cambio. El siguiente paso es determinar cuántos cambios de órdenes de fabricación son posibles en cada turno ya que, aunque el tiempo sea reducido, hay que tener en cuenta que todos los cambios no pueden durar en total más de 45 minutos/turno.

Para ello, se ha calculado las series mínimas de fabricación en esta línea, teniendo en cuenta que el tablero que se suministra a través del almacén de rodillos es el que menos espacio de almacenamiento tiene, y teniendo en cuenta que la sierra corta el tablero en 160 unidades para intentar evitar de esta manera tener la menor cantidad posible de material semielaborado, además, como todas las referencias se cargan en los palets de 8 en 8, las series mínimas también serán múltiplos de 8 y en caso de que el cliente no pida un palet completo, se podrá dejar el resto como palet de picos en la línea o en el supermercado para cajas sueltas.

En la mayoría de los casos, la cantidad que viene por palet que se trae desde el SI338a, o la que se suministra a los desafiladores del CAS02 no coincide con las cantidades exactas que se

necesitan para embalar. Por ello, en la zona de embalado el material restante se deberá fusionar con otro palet de la misma referencia y OPER05 volver a ubicarlo en el S1338a. En caso de que suceda en los desapiladores, OPER03 los sacará y volverá a ubicar en su sitio correspondiente. Este operario también devolverá las hojas de montaje a los armarios situados al lado de la línea y, los herrajes, a los carros reservados para herrajes en la zona de la línea del embalado.

Con todo ello, la serie mínima rentable para cada referencia se presenta en la tabla 6. El tiempo por caja que aparece en esta tabla es el calculado en el apartado anterior, y no el estándar del MRP.

Referencia	Serie mínima [uds]	Tiempo por caja [s]	Tiempo de línea [h]	% de 5,6h
615417	160	24	1,07	19%
615430	160	24	1,07	19%
615286	160	24	1,07	19%
615300	160	24	1,07	19%
615450	160	34	1,51	27%
615362	160	34	1,51	27%
612083	160	41	1,82	33%
612082	160	34	1,51	27%
615304	160	31	1,38	25%
615376	144	34	1,36	24%
615326	180	34	1,70	30%

Tabla 6. Series mínimas rentables

En la Tabla 7 se muestra los tiempos de cambios en tanto por ciento respecto al tiempo máximo disponible para cambios, 45 minutos.

	615417	615430	615286	615300	615450	615362	612083	612082	615304	615376	615326
615417		8%	8%	10%	13%	13%	17%	16%	16%	17%	21%
615430	8%		8%	10%	13%	13%	17%	16%	16%	17%	21%
615286	8%	8%		11%	13%	13%	17%	16%	16%	17%	21%
615300	10%	10%	10%		14%	14%	17%	16%	16%	17%	21%
615450	16%	16%	16%	16%		9%	21%	19%	20%	20%	24%
615362	16%	16%	16%	16%	9%		21%	19%	20%	20%	24%
612083	19%	19%	19%	19%	20%	20%		18%	19%	23%	24%
612082	17%	17%	17%	17%	19%	19%	18%		19%	21%	22%
615304	16%	16%	16%	16%	17%	17%	17%	17%		16%	22%
615376	16%	16%	16%	16%	18%	18%	21%	21%	17%		19%
615326	23%	23%	23%	23%	24%	24%	21%	21%	23%	19%	

Tabla 7. Tiempos de cambio en porcentaje entre referencias

Según se puede ver, se podrán hacer unos 5 cambios de referencia al turno, ya que como el tiempo que se ha reservado para producción son 5.6 h, $5.6h/5$ cambios de referencia = 1.2 h de producción por orden de producción.

Con estas propuestas, se incrementaría el nivel de la disponibilidad, y, en consecuencia, el OEE, reduciéndose así el valor del 35% de paros asociados a cambios de pedido entre diferentes referencias.

5.1.2. Averías

Dado la situación de la línea, lo primero que se propone es un plan de limpieza y ordenamiento, se propone el plan de limpieza indicado en la propuesta 1. Las principales acciones se reflejan en la figura 31, y consisten en la limpieza de la suciedad que se haya podido acumular en las máquinas de la línea, para evitar así que su acumulación pueda afectar a

mecanismos y componentes. Otra tarea es la limpieza en la zona de trabajo de embalado para evitar accidentes por resbalones o caídas con material, además de que restos de plásticos no se metan en los rodamientos de los carros.

INSTRUCCIÓN DE TRABAJO										PÁGINA: 1/1			
PLAN DE LIMPIEZA		Línea: EMBALADO (M17)								REVISIÓN: 1.0		FICHA Nº 1	
OPERADOR		TODOS		SECCIÓN		MyC				FABRICA		CELLA I	
Nº	ZONA	ÚTILES	OPERACIÓN	ESTADO LINEA	MOMENTO	RIESGO	MEDIDA PREVENTIVA	OPERARIO	17/06/2019 TURNO A	24/06/2019 TURNO A	01/07/2019 TURNO A		
1	Robot-etiquetadora	Cepillos Recogedor Espátula	Limpiar los rodillos, retirar todas aquellas etiquetas que hayan podido quedar pegadas en la zona, barrer el suelo y ubicar el material correctamente	PARADA	Semanal (Miércoles)	MENOR		OPER05					
2	Plegadora	Cepillos Recogedor Espátula	Primero rasar la cola de toda la máquina (rodillos e inyectores incluidos) y después barrer el suelo	PARADA	Semanal (Miércoles)	MENOR		OPER05					
4	Cinta transportadora y empaquetado	Cepillos Recogedor	Retirar las alfombras y barrer toda la zona	PARADA PARA ALFOMBRAS NO PARADA PARA EL RESTO	Semanal (Miércoles)	MENOR		OPER01 y OPER02					
5	Almacén de rodillos	Cepillos Recogedor	Retirar trozos de tablero que hayan podido romperse. Juntar todos los "picos" fusionándolos con otra misma referencia, si no es posible dejarlos en un único pasillo	NO PARADA	Semanal (Miércoles)	MENOR		OPER02					
6	Alimentación taladros	Transpaleta o carretilla Cepillos Recogedor	Retirar todas las tapas que hayan podido acumularse	NO PARADA	Semanal (Miércoles)	MENOR		OPER01					
Fecha 16/06/2019									RESPONSABLE Producción				

Figura 31. Planning de limpieza para la línea de embalado

Las averías en esta línea se producen por falta de mantenimiento preventivo. A continuación, se van a comentar situaciones observadas que podrían solucionarse con un adecuado programa de mantenimiento:

En los robots desapiladores, hay cables pelados que cuando hacen mal contacto, desconectan los rodillos. Algunas de las ventosas de estos robots tienen agujeros, lo que hace que cuando levanta tablero pesado no tenga la fuerza suficiente y se caiga, teniendo que sacar el material por fuera.

Con un adecuado mantenimiento de los robots cartesianos que se encargan de desapilar el tablero, se puede ganar el 15% de paros que la línea tiene asociados a ellos. Para ello, primero hay que hacer un correctivo y reparar todos los componentes que estén dañados. Para evitar que se vuelvan a estropear, los propios operarios de la línea revisarán semanalmente sus partes más importantes: rodamientos, rodillos, ventosas y raíles. De esta manera, cuando se detecta el mal estado de alguna de sus partes, se puede solucionar con un correctivo temprano y evitar que la avería se haga de más relevancia con el paso del tiempo.

El 25% de paradas por averías, hace referencia a problemas con la plegadora de cajas y el robot del final de la línea. La plegadora se avería cuando algún inyector de cola se rompe y no cierra las cajas, cuando se rompe algún sensor y no detecta las cajas o, cuando se desconecta sin previo aviso y hay que reiniciarla para que vuelva a funcionar.

Se propone revisar el sistema eléctrico de la máquina para poder identificar los paros aleatorios. También resulta necesario cambiar los inyectores de cola por otros en buen estado y, una vez instalados, observar su estado diariamente. Si se detecta alguna anomalía, avisar al departamento de mantenimiento para que, mediante intervención temprana, analice el problema y de solución.

Al robot del final de la línea (al que se le hacen continuas paradas de emergencia cuando se reponen palets al almacén que tiene asociado), se le desgastan los rodamientos de la garra y no se cambian hasta que se atasca y no se mueve. Además, cuando por algún motivo se entra dentro de la jaula del robot, se pisa en las lamas de la cinta que transporta los palets y, en consecuencia, algunas de estas lamas se han roto, cuando un palet se apoya en una de esas lamas, la cinta se atasca, el robot se para y hay que sacar el palet y las cajas que contiene a mano.

Para ello, habría que formar a OPER05 que es la persona encargada de abastecer el almacén de palets para que antes de dejarlos en el almacén, en la consola del robot presione el botón de paro, de esta manera el robot no se detendrá bruscamente y no se dañarán sus mecanismos.

5.2. Rendimiento

Debido a que los estándares de embalado están desactualizados, se decide hacer, para cada una de las 11 referencias, un estudio con la que sería la secuenciación óptima de embalado que se muestra en el Anexo 5 y poder establecer así un tack-time adecuado, además, para facilitar la labor de los operarios de la línea y reducir el tiempo de preparación y cambio entre referencias, se complementa el estudio del tack-time con un esquema para cada referencia, Anexo 6, con la finalidad de que sea más fácil la recepción y colocación de material en los carros y el lado de la línea en que tienen que dejarse.

Por ejemplo, para la referencia 612082 que se ha enseñado con anterioridad y que tiene un tack-time de 32 segundos, actualmente en la línea hay 4 operarios embalando de los cuales no todos están siempre, la secuenciación de embalado es la siguiente (figura 32):

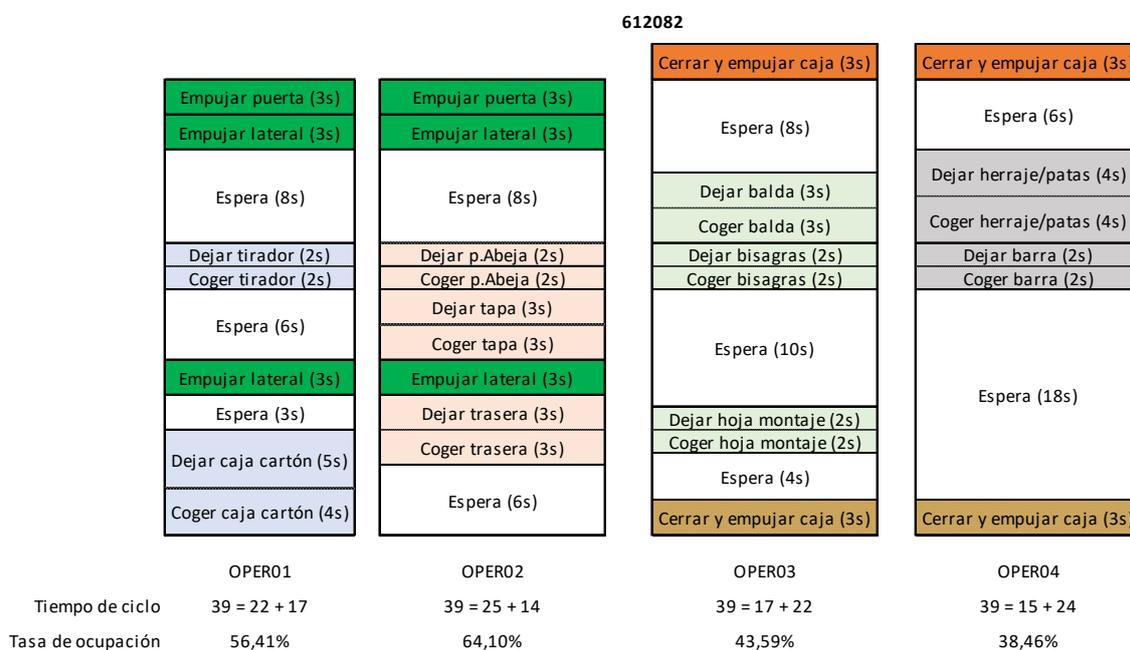


Figura 32. Pie chart de la referencia 612082 con 4 operarios

Se observa que cada operario tiene largos tiempos de espera y que la tasa promedio de ocupación de todos ellos es del 50,64%, es decir, que de los 39 segundos que tardan en embalar una caja (7 segundos más que el estándar) entre todos ellos la mitad del tiempo están esperando a que el resto de los compañeros dejen material para poder dejarlo ellos. Además, OPER03 y OPER04 tienen que atender otras tareas, por lo que no estarán en ese puesto parte del turno.

Tras estudiar en la línea la manera óptima de embalar, se llega a la conclusión que lo óptimo es el embalado con 2 operarios, cuya secuenciación sería la de la figura 33:

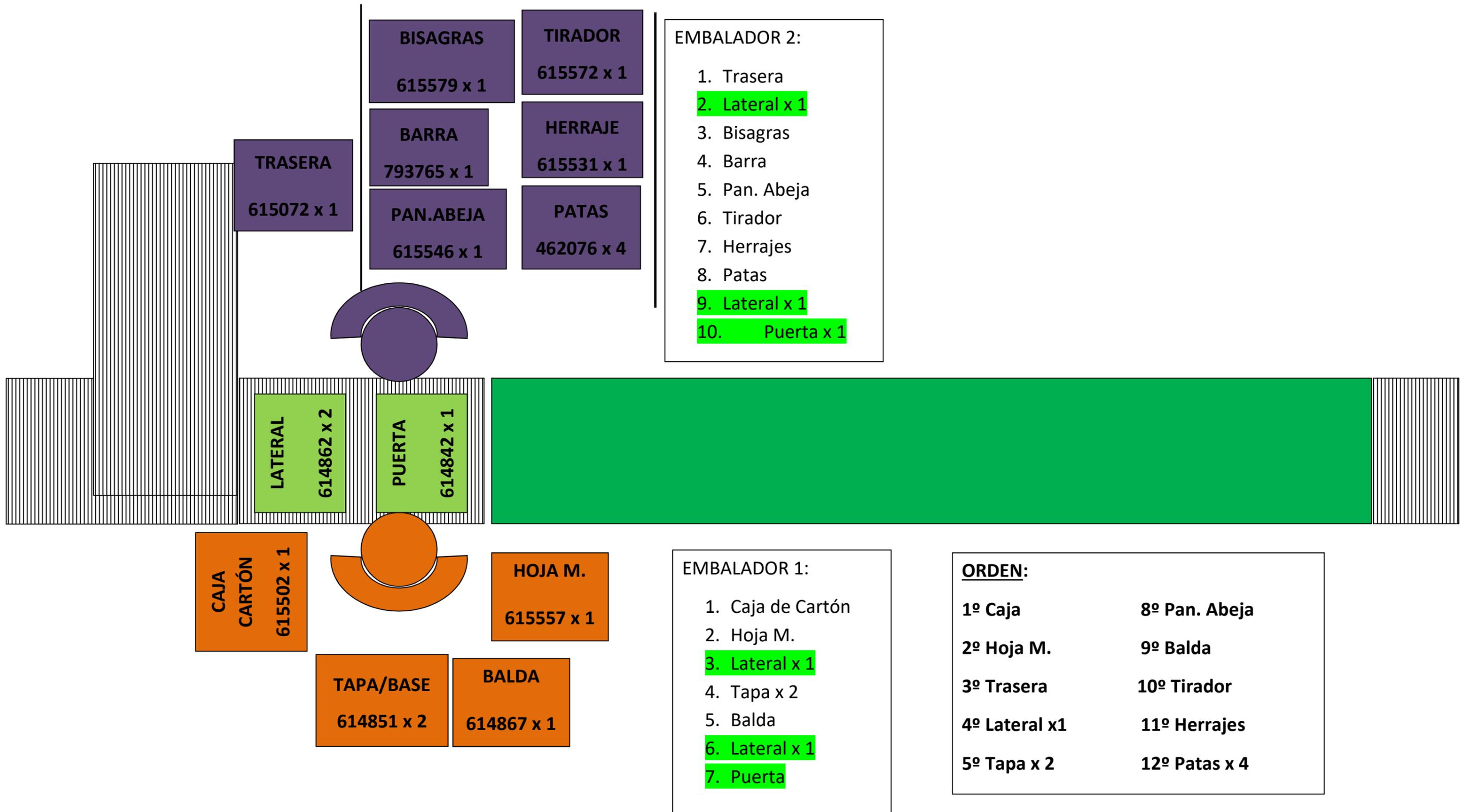
	612082																									
	<table border="1"> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar balda (3s)</td></tr> <tr><td>Coger balda (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar tapa (3s)</td></tr> <tr><td>Coger tapa (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar latera (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Coger hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Dejar caja cartón (5s)</td></tr> <tr><td>Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar puerta (3s)	Empujar lateral (3s)	Dejar balda (3s)	Coger balda (3s)	Dejar tapa (3s)	Coger tapa (3s)	Empujar latera (3s)	Dejar hoja montaje (2s)	Coger hoja montaje (2s)	Dejar caja cartón (5s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td>Cerrar y empujar caja (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar tirador/herrajes/patas (3s)</td></tr> <tr><td>Coger tirador/herrajes/patas (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar bisagras/barra/p.Abeja (3s)</td></tr> <tr><td>Coger bisagras/barra/p.Abeja (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar latera (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (1s)</td></tr> <tr><td>Dejar trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Coger trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td>Cerrar y empujar caja (3s)</td></tr> </table>	Cerrar y empujar caja (3s)	Empujar puerta (3s)	Empujar lateral (3s)	Dejar tirador/herrajes/patas (3s)	Coger tirador/herrajes/patas (3s)	Dejar bisagras/barra/p.Abeja (3s)	Coger bisagras/barra/p.Abeja (3s)	Empujar latera (3s)	Espera (1s)	Dejar trasera (3s)	Coger trasera (3s)	Espera (3s)	Cerrar y empujar caja (3s)
Empujar puerta (3s)																										
Empujar lateral (3s)																										
Dejar balda (3s)																										
Coger balda (3s)																										
Dejar tapa (3s)																										
Coger tapa (3s)																										
Empujar latera (3s)																										
Dejar hoja montaje (2s)																										
Coger hoja montaje (2s)																										
Dejar caja cartón (5s)																										
Coger caja cartón (4s)																										
Cerrar y empujar caja (3s)																										
Empujar puerta (3s)																										
Empujar lateral (3s)																										
Dejar tirador/herrajes/patas (3s)																										
Coger tirador/herrajes/patas (3s)																										
Dejar bisagras/barra/p.Abeja (3s)																										
Coger bisagras/barra/p.Abeja (3s)																										
Empujar latera (3s)																										
Espera (1s)																										
Dejar trasera (3s)																										
Coger trasera (3s)																										
Espera (3s)																										
Cerrar y empujar caja (3s)																										
	OPER01	OPER02																								
Tiempo de ciclo	34	34 = 30 + 4																								
Tasa de ocupación	100,00%	88,24%																								

Figura 33. Propuesta de secuenciación para la referencia 612082

Como puede verse, el promedio de ocupación de los dos operarios es del 94,12%, no obstante, el embalador 2 tiene tiempos de espera que no tiene el embalador 1, por lo que lo ideal sería que estos dos operarios se intercambiaran su puesto (por ejemplo, a la mitad de la producción) para que ambos descansaran el mismo tiempo. El tack-time se quedaría en 34 segundos por caja; 2 segundos más que el estándar, sin embargo, como estos tiempos estándar están desactualizados se propone que se incremente esos 2 segundos al tiempo estándar. Además, como se ha dicho anteriormente, los operarios de la línea dispondrán del siguiente esquema en el puesto de trabajo para saber en qué lado de la línea han de colocar el material, quien ha de colocarlo y el orden en el que han de hacerlo:

ESTÁNDAR EMBALADO – 612082 ARM ONE 1PTA ABATIBLE 200x50CM CAMBRIAN

2 EMBALADORES



Con esto, se conseguiría pasar de 6 operarios que tiene actualmente la línea, a 4, ya que se unifican las tareas del OPER03 y OPER04, y tras el mantenimiento de la plegadora, no sería necesario disponer de OPER06 para el reprocesado. Por esto, el OEE se verá aún más favorecido, ya que se realizaría una mayor producción con un 33% menos de personal.

5.3. Calidad

Puesto que los problemas de calidad son debidos a un mal estado de la máquina que se encarga de cerrar las cajas al no actuar correctamente, es necesaria una revisión y puesta a punto por parte del departamento de mantenimiento, una vez observado su funcionamiento, se detectan los siguientes fallos:

1. Faltan 3 rodillos a la entrada de la máquina, lo que ocasiona que las cajas entren ladeadas y, en ocasiones, chocan con los posicionadores y rompiendo la caja.
2. Los inyectores de cola están obstruidos con cola seca, en consecuencia, el caudal de cola no es el adecuado y la adhesión entre las solapas de la caja se debilita.
3. Los posicionadores que se encargan de doblar las solapas para pegarlas están torcidos, por lo que en una parte de la caja la fuerza es menor que en el resto, ocasionando que la solapa, tras haberse pegado, se desprege por esta parte y sea necesaria pegarla a mano.
4. La encoladora no está a la temperatura adecuada, por lo tanto, la adhesión no se hace en buenas condiciones y pueden soltarse las solapas tras el pegado. Solventando este problema, seleccionando la temperatura adecuada recomendada por el fabricante, tendríamos un 5% menos de paradas.

Gracias a estas sencillas intervenciones, la máquina nos dará fiabilidad suficiente para fabricar con altos niveles de calidad. Es posible que no se llegue al 100%, pero este valor podrá oscilar entre un 90% y un 98%. Los defectos de calidad ocasionados por embalar material defectuoso en el kit son difíciles de controlar, ya que muchas veces la repetición de las tareas hace que se trabaje de manera autónoma y no se visualicen arañazos, desportillamientos, exceso de cola etc. Otro fallo típico es que al coger la misma referencia en 2 o más unidades, no se vea si las de debajo tienen algún defecto.

6. CONCLUSIONES

Con la experiencia adquirida a lo largo de la realización de este proyecto, puedo decir que es de gran importancia diseñar adecuadamente las líneas de producción, teniendo en cuenta todos los factores que puedan afectarles tanto directa como indirectamente. De esta manera, cuando la línea se encuentre en funcionamiento, si no alcanza la eficiencia deseada, con ayuda del OEE se podrá empezar a investigar los motivos y una vez descubiertos, tomar medidas.

Para poder llevar a cabo un correcto análisis, es necesario que los datos se graben correctamente en el MRP, ya que de lo contrario, nunca se tendrá una percepción real de la situación. Además, para poder entender mejor el funcionamiento, los procesos, las frecuencias, las operaciones, los operarios y, en definitiva, todos los factores que afectan a las líneas, es necesario que se complemente dicho análisis, observando a pie de línea, preguntando al personal, y no quedarse con la identificación del problema, si no buscar siempre el motivo que hace que este suceda para así, corregir y solucionar la situación.

Debido a la grave situación de ineficiencia en la que se encontraba esta línea al comienzo del proyecto, se empezaron a realizar propuestas sencillas como, por ejemplo, un 5S, para limpiar y organizar la zona, ya que se observó que, con mínimas mejoras, la eficiencia podía empezar a aumentar.

Pero uno de los factores que más repercusión ha tenido sobre el proyecto y, por lo tanto, en la situación de la línea, ha sido el poco interés y falta de apoyo que los responsables mostraban

por querer mejorar. Por ello, la implantación de estas propuestas no se ha podido llevar a cabo, empeorando cada vez más la situación hasta el punto en el que se ha decidido cerrar la línea, pues esta ya no es rentable.

Como valoración personal, el realizar este proyecto en una fábrica cuya situación era tan desfavorable, me ha servido para darme cuenta de lo importante que es tener una buena organización. Durante estos cinco meses he podido observar la importancia de tener un plan de mejora continua, pues al estar constantemente en busca de la excelencia, cuando surgen problemas se pueden atajar rápidamente evitando así que las situaciones empeoren. Esto hubiese podido evitar que la situación de la línea de embalado llegase hasta tal punto en el que ha habido que clausurarla.

En conclusión, se puede decir que el Lean Manufacturing es una herramienta esencial que, con el impulso adecuado es capaz de elevar el rendimiento de los equipos y líneas de manera considerable. No obstante, debido al desinterés de los distintos departamentos y la resistencia al cambio mostrada por los propios operarios de la línea, provocan que los esfuerzos realizados no se hayan podido ver reflejados sobre el OEE.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aunque este proyecto se ha basado en gran medida en observaciones y actuaciones personales, también se ha llevado a cabo un estudio documental. Las referencias que siguen a continuación han sido especialmente útiles o influyentes.

"Sabi - Acceso", Sabi.bvdinfo.com, 2019. [Online]. Available:

[https://sabi.bvdinfo.com/version-](https://sabi.bvdinfo.com/version-2019417/Report.serv?_CID=355&context=GD3BEPD9Q1D5L0Q&SeqNr=0)

[2019417/Report.serv?_CID=355&context=GD3BEPD9Q1D5L0Q&SeqNr=0](https://sabi.bvdinfo.com/version-2019417/Report.serv?_CID=355&context=GD3BEPD9Q1D5L0Q&SeqNr=0). [Accessed: 08-May- 2019].

"Sabi - Bureau van Dijk", Sabi.bvdinfo.com, 2019. [Online]. Available:

[https://sabi.bvdinfo.com/version-](https://sabi.bvdinfo.com/version-2019417/Report.serv?_CID=355&context=GD3BEPD9Q1D5L0Q&SeqNr=0)

[2019417/Report.serv?_CID=355&context=GD3BEPD9Q1D5L0Q&SeqNr=0](https://sabi.bvdinfo.com/version-2019417/Report.serv?_CID=355&context=GD3BEPD9Q1D5L0Q&SeqNr=0). [Accessed: 27-Jun-2019].

"Cálculo del OEE Avanzado • Disponibilidad, Rendimiento y Calidad multi-lote", Sistemas

OEE - Technology to Improve, 2019. [Online]. Available:

<https://www.sistemasoe.com/calculo-oe-avanzado/>. [Accessed: 09-Jun- 2019].

"Fases de la implementación Lean Manufacturing en una empresa", Lean Manufacturing

10, 2019. [Online]. Available: [https://leanmanufacturing10.com/fases-de-laimplementacion-](https://leanmanufacturing10.com/fases-de-laimplementacion-lean)

[lean](https://leanmanufacturing10.com/fases-de-laimplementacion-lean). [Accessed: 18-Jun- 2019].

"Disponibilidad de equipos. OEE: lean en mantenimiento", Escuelalean.es, 2019. [Online].

Available: [https://www.escuelalean.es/divulgacion-lean/blog/118-disponibilidad-equiposoe-](https://www.escuelalean.es/divulgacion-lean/blog/118-disponibilidad-equiposoe-mantenimiento)

[mantenimiento](https://www.escuelalean.es/divulgacion-lean/blog/118-disponibilidad-equiposoe-mantenimiento). [Accessed: 09-Jun- 2019].

Goldratt, E. (2004). La Meta.

Shook, J. (1999). Learning to See.

Womack, J. (1991). The machine that changed the world.

Womack, J. (s.f.). Lean Thinking.

Cuatrecasas, L. (2017). Ingeniería de procesos y de planta.

ANEXO 1

Los beneficios de implantar lean manufacturing son:

1. Menor mano de obra.
2. Reducción del lead time.
3. Reducción de costes de producción.
4. Reducción de los inventarios.
5. Optimización del transporte y movimientos.
6. Reducción de pérdidas por mermas de producción.
7. Disminución de los desperdicios.
8. Disminución de la sobreproducción.

De esta forma, explicados los factores involucrados en el lean manufacturing, se deberían de hacer las siguientes preguntas para cada uno de los procesos y actividades que componen la cadena de valor de cada producto:

- **¿Aporta valor este proceso?** A través de esta pregunta se analizan las actividades en función del valor añadido percibido por el cliente.
- **¿Este paso es capaz?** Esta pregunta es el punto de partida del six sigma, el cual se encarga de analizar las desviaciones y fluctuaciones estadísticas sobre el estándar de trabajo de cada operación.
- **¿Está este proceso disponible?** ¿Se puede utilizar en el momento que se necesita? ¿Tiene este proceso averías y variaciones en el tiempo de ciclo de tal forma que no estás seguro de lo que puede ocurrir? Este es el punto inicial del Mantenimiento Total Productivo.
- **¿Este paso es adecuado?** Esta pregunta se refiere a la capacidad instalada y si esta es suficiente para procesar la demanda del cliente. Este análisis es conocido comúnmente como el análisis de los cuellos de botella enmarcado dentro de la teoría de las restricciones.
- **¿Es este proceso flexible?** La flexibilidad es clave para disminuir los lotes de fabricación progresivamente, evitando de esta forma el principal tipo de despilfarro: la sobreproducción.

1. Fases de la implementación Lean

Una vez conocemos la metodología lean, ¿cuáles son los pasos de implementación de lean manufacturing en una empresa?

Debe de hacerse por etapas, sin embargo, hay que saber identificar la naturaleza de la propia producción para adaptar la metodología de una manera más efectiva y conveniente.

Dicha implementación debe hacerse de una manera secuencial, equilibrando cada uno de los esfuerzos y recursos con los que se cuentan, así como tener claros los objetivos de mejora continua propuestos.

Todos los trabajadores de la empresa, incluidos mandos y directivos han de estar implicados en todo el proceso de cambio cultural, para garantizar la sostenibilidad y desarrollo del sistema, realizando para ello reuniones y talleres en las que participe todo el personal, implicando directamente a los directivos para invertir en la formación de todo el personal.

Deben aprender a analizar el flujo de operaciones, detectando los desperdicios. Así mismo, deben aprender a representar el flujo de procesos por medio de un organigrama o cadena de valor (VSM).

Se debe mantener una comunicación de manera continuada, para que todos en la empresa conozcan los objetivos lean manufacturing.

1.1. Integrar los datos

Definir el entorno: identificar el problema que se necesita resolver y hacer un cálculo de los recursos con los que se cuentan, tanto materiales como humanos.

Detallar la situación presente realizando un diagnóstico mediante un VSM por parte de todas las áreas involucradas, acotando los principales despilfarros. Así mismo, se debe trazar un VSM de lo que se pretende lograr en cada línea de proceso. Incluso si es necesario realizar análisis de la variedad de productos y volúmenes de producción, con el fin de organizar los productos.

Determinar objetivos: una vez que se han identificado cuáles son las oportunidades de mejora, se deben establecer los objetivos que se pretenden alcanzar con la implementación de lean manufacturing. De esta manera, sabremos con exactitud cuáles deben ser las acciones siguientes. Para facilitar la implementación, al principio se puede elegir un área piloto o primera etapa para empezar a implementar el método lean, entrenando a un equipo de producción con las técnicas lean, sin dejar de lado las funciones de soporte del personal de ingeniería y mantenimiento.

1.2. Esquema del plan de mejora

Planear: establecer objetivos concretos, las tareas a seguir de cada uno, así como la duración y proporcionar los medios necesarios para llevar a cabo las tareas.

Definir el sistema de indicadores para darle seguimiento al proyecto, de manera que se tengan claros los criterios a evaluar para medir el aumento de mejoras. Además, es bueno organizar equipos de trabajo para establecer funciones y metodologías operativas.

Para una buena planificación es imprescindible integrar sistemas ERP, que ayudarán a hacer un seguimiento de la producción y los procesos.

1.3. Despliegue

Se debe iniciar con las bases de técnicas lean, tales como las 5S, SMED y Jidoka. Puede que sea necesario hacer un previo ajuste en la distribución de la planta, en especial para eliminar los tiempos de traslado y que las líneas de operación queden lo suficientemente juntas según la secuencia de los procesos.

La nueva redistribución debe tomar en cuenta el flujo de materiales, recorrido de materiales y personas, ubicación de máquinas, elementos de transporte, ajustar la capacidad productiva de acuerdo a la demanda y evitar los desperdicios o cuellos de botella.

Durante todo el proceso se deben emplear grupos de trabajo que ayuden a detectar las posibles mejoras mediante el control visual, estandarización de operaciones y mejora continua. De esta forma, se podrán desarrollar a trabajadores multifuncionales.

1.4. Establecimiento de mejoras

¿Cuándo puede considerarse que se ha realizado una mejora? Cuando:

- Se reducen desperdicios por medio del mantenimiento y calidad.
- Los procesos de producción se estabilizan incrementando la eficiencia del equipo, los niveles de calidad y disminuyen los tiempos de preparación.
- Los lotes de producción son reducidos al mínimo.

1.5. Estandarizar

Una vez que se han establecido las mejoras, es necesario establecer un seguimiento continuo y detallado a la parte de la estandarización. Esto se logrará una vez que se optimicen los métodos de trabajo al máximo y que a la vez sean capaces de adaptarse según la demanda.

1.6. Definir la producción en flujo

De acuerdo con los principios del JIT (Just In Time), la producción debe ser en flujo continuo, en los tiempos adecuados, la cantidad y el lugar requeridos con niveles de desperdicios cero. Contemplando estas especificaciones, es de vital importancia mantener esa estabilidad y flexibilidad por el resto del proceso operativo.

Otra de las ventajas que se deben notar en esta etapa, es la reducción del inventario en proceso (WIP), puesto que todo va en flujo, no deben existir los cuellos de botella ni los tiempos perdidos. Se deben tener siempre presentes las técnicas lean manufacturing para tener resultados relacionados con la producción mezclada y equilibrada y sincronización de producción.

1.7. Medición de resultados

El método lean nunca termina, pues lo que se busca es obtener una mejora continua que no permita nuevos estancamientos ni re-trabajos. El poder medir los índices de mejora es de gran ayuda para evitar futuros problemas, del mismo modo ayudan a establecer recompensas, especialmente al inicio de la implementación. Los criterios base que van a definir los **indicadores** (KPI) son:

- Nivel numérico y plazo de tiempo a alcanzar.
- Fórmula de cálculo y la frecuencia con la que se medirán los indicadores.
- Tener un plan de acciones correctivas y un grupo especializado en este tema.
- Representar gráficamente los resultados del indicador.
- Tener claras las posibles variantes que pueden influir en el significado o comportamiento de los indicadores.
- Estar al tanto de los valores indicativos de empresas de la competencia o del mismo sector.

1.8. Análisis

Después de establecer un escenario en el que la dirección de la organización opta por adoptar la metodología lean como estrategia de trabajo, se deben considerar algunos pasos para implementar lean manufacturing, para que la aplicación de los conceptos se haga correctamente y de manera sostenible. Se va a dividir el análisis en dos partes: gerencial y operacional.

Análisis gerencial

- **Compromiso de la dirección:** es de fundamental importancia que la dirección de la empresa ofrezca las condiciones básicas para la aplicación de lean manufacturing, priorizando el qué hacer.
- **Objetivos cuantificados:** los indicadores de rendimiento de la empresa (KPI) deben ser medibles, de modo que se pueda realizar un seguimiento de su progreso (por ejemplo, lead time, tiempo de fabricación, porcentaje de rechazos, volumen de ventas etc.).
- **Cronograma de implantación lean:** la empresa debe tener conocimiento de sus debilidades, fortalezas, su situación externa, amenazas y oportunidades (DAFO).
- **Capacitación y disposición:** como paso previo a la aplicación de lean, la dirección debe elegir las personas adecuadas para desempeñar funciones como sea necesario: asignación de los líderes y capacitación de los operadores.
- **Gestión del tiempo:** la administración debe proporcionar recursos que garanticen una rápida respuesta a las ideas de mejora señaladas por los operadores, de la solución de

las anomalías observadas durante las actividades y la organización del lugar de trabajo, etc.

- **Profundización de análisis:** el equipo involucrado en actividades de lean debe ser calificado para una investigación que se traduce para alcanzar la causa raíz de los problemas encontrados, pudiendo proponer medidas eficaces (análisis coste-beneficio).
- **Aprovechamiento de las mejoras:** las actividades lean en una máquina o estación de trabajo deben ser registradas, y deben tenerse en cuenta las lecciones aprendidas y, posteriormente, dichas medidas deben extenderse a todos los puestos de trabajo/máquinas similares en la planta.
- **Moral:** la empresa debe proporcionar las condiciones para medir y asegurar la motivación de sus operadores. Esto puede ser a través de un programa de sugerencias que recompensa a los empleados que colaboran con ideas para mejorar la planta.

Análisis operacional

- **Seguridad:** es de fundamental importancia que las actividades sean pautadas por el mantenimiento de la seguridad de los operadores, con el fin de lograr cero accidentes, prevenir accidentes y mejorar la ergonomía en el lugar de trabajo.
- **Cuantificación de pérdidas:** es crucial ofrecer un sistema de recogida de datos simple y eficiente que asegure la medición de las condiciones de trabajo durante la implantación y después. Además, con la cuantificación de las pérdidas, es posible tener la dirección correcta por donde la planta debe empezar el trabajo de lean. Por ejemplo, si hay notas sobre la eficiencia de las máquinas en una fábrica, se puede dar prioridad para inicial el trabajo TPM en la que sea más necesaria una intervención.
- **Herramientas de mejora:** una vez con la seguridad garantizada, y sabiendo por mediciones a qué área se debe aplicar lean prioritariamente, deben ser adoptadas las herramientas de mejora básicas. Por ejemplo, al optar por una mejor organización del trabajo, se adoptará la herramienta 5S. Si el objetivo es una mejor gestión de control e inventario, se debe utilizar el Kanban. Si la estrategia consiste en la optimización de los procesos de producción, debe adoptarse kaizen y hacer uso de herramientas como por ejemplo Ishikawa.

2. Conclusión de implementación Lean Manufacturing

Aunque los pasos de implementación de lean se distribuyen en gerencial y operacional, deben ser adoptados al mismo tiempo para lograr resultados exitosos, donde una buena planificación será clave para la implantación y mantenimiento de los resultados.

Implantación del Lean Manufacturing en la empresa

Hace 4 años, la empresa decidió modificar su sistema de gestión e implantar medidas lean, para ello, la dirección convocó una serie de reuniones a las cuales únicamente acudieron miembros del departamento de producción. Tras reunirse varias veces, decidieron implantar un 5S en toda la fábrica, que consistía en un plan de limpieza semanal de las líneas y una organización de las herramientas. Como no se especificó nada más ni se llevó a cabo un seguimiento de los resultados de esta implantación, actualmente en la fábrica puede decirse que no hay una implantación lean.

ANEXO 2

Finsa es una empresa que forma parte del sector de transformación de la madera, fundada en el año 1931 en La Coruña, desde entonces ha sido pionera en la fabricación de tableros de madera aglomerada y MDF. Dispone de 20 centros de producción, figura 34, en España, Portugal, Francia, Irlanda y Estados Unidos junto a una red de oficinas comerciales que presta servicio a clientes de más de sesenta países. No obstante, es en el año 2012 cuando empiezan con la fabricación de muebles y componentes en dos de sus centros (Cella y Santiago de Compostela).



Figura 34. Ubicaciones de las fábricas del grupo

La actividad de algunas de sus fábricas es:

- DECOTEC: se encarga del diseño y de plasmar los requerimientos del cliente en papel decorativo que posteriormente se pegará, mediante adhesivos o resinas, al tablero para darle un mejor acabado. Toda la producción se realiza en la fábrica de Barcelona en sus tres líneas de producción.
- FORESA: es el área química de Finsa. Es especialista en el tratamiento de tablero y en las nuevas exigencias del mercado, como la resistencia a la humedad o al fuego y aislamiento. Para ello disponen de una amplia gama de soluciones de impregnación de papel mediante combinaciones de resinas, catalizadores y aditivos. Presta principal atención a la integración del medio ambiente y la I+D+i en todas sus actividades: fabricación de resinas, abrasivos, biocombustibles e impregnación de papel. Cuenta con tres delegaciones donde se realizan las mismas actividades:

- FORESA CALDAS.
- FORESA BRESFOR.
- FORESA FRANCE.
- Finsa CELLA: está compuesta por dos fábricas, con diferente campo de actividad:
 - CELLA II: se encarga de la fabricación del tablero, es decir, de la transformación de la materia prima (troncos de madera y virutas recicladas de diferente tamaño) en tableros de dimensiones variables (largo, ancho y espesor). Posteriormente, estos tableros se envían a CELLA I, que es su principal cliente.
 - CELLA I: también llamada muebles y componentes (lugar de realización de este proyecto). En esta fábrica se reciben los tableros de CELLA II, y se fabrican los productos finales con las dimensiones que requieren los clientes. Más adelante se comentará en detalle el flujo y los diferentes procesos que se llevan a cabo para la transformación en producto terminado.
- Finsa FIBRANOR: ubicada en Lugo, se encarga de la fabricación de los tableros de fibra (MDF).
- Finsa FRANCE: se encarga de la fabricación de los tableros de MDF de mayor espesor.
- Finsa OREMBER: su campo de actividad es muy similar al de Cella I, ya que se encarga de la fabricación y de la transformación de los tableros de aglomerado en producto final para los clientes.
- Finsa PADRÓN: muy similar a Cella I, porque se encarga de la fabricación de productos derivados de la madera (aglomerado y MDF) recubiertos o no de melamina. La diferencia es que en esta planta también se manipula el material para la fabricación de suelo laminado.
- Finsa SANTIAGO: su principal campo de actividad es igual que Cella I (fabricación de muebles y componentes). Se trata de la sede central del grupo, y por ello es donde se localizan los servicios centrales de administración y finanzas, dirección comercial y de compras, servicios forestales, dirección de operaciones, asesoría jurídica, servicios centrales de calidad, logística, medioambiente, publicidad, tesorería y transporte marítimo. Todo esto hace que sea la empresa más importante dentro del grupo.
- LUSO Finsa NELAS: cuenta con dos líneas de producción, una de aglomerado y otra de tablero de MDF. En esta línea de MDF están especializados en la fabricación de SuperPan, que es un material compuesto por capas exteriores de fibra de madera pero que por el interior está compuesto de partículas de madera aglomerada. Se trata de un producto único y específico de Finsa, por lo que lo tienen patentado.

Es con diferencia la empresa más importante de su sector con un inmovilizado de 324.010.808€, activo total de 712.313.720€, un beneficio de 56.102.682€ y 2.471 empleados. Está englobada en el código CNAE primario 1621 – Fabricación de chapas y tableros de madera. Secundario: 4613 – Intermediarios del comercio de la madera y materiales de construcción.

Políticas y certificaciones

Los productos que Finsa fabrica para la construcción cumplen con la ley de productos de construcción EU 305/2011 que establece las condiciones para la venta de productos de construcción en Europa.

Poseen la certificación LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible), sistema de evaluación y estándar internacional desarrollado por el U.S. Green Building Council para

fomentar el desarrollo de edificaciones basadas en criterios sostenibles y de alta eficiencia. Los productos se fabrican a partir de madera procedente de especies rápidamente renovables y reciclado y de regiones cercanas, principalmente España, Portugal y el sur de Francia. De esta forma se ayuda a distintos proyectos de distintas áreas a conseguir créditos LEED:

- Contenido en reciclados.
- Materiales regionales.
- Materiales rápidamente renovables.
- Madera certificada.
- Materiales de bajas emisiones.

La política medioambiental, establecida y desarrollada por la Dirección General de FINSA, marca el conjunto de directrices y objetivos que guían las actuaciones relacionadas con la protección y el cumplimiento de los requisitos legales medioambientales. FINSA está fuertemente involucrada en la reducción de los riesgos medioambientales. Para ello, promueve actividades de prevención de la contaminación y de reducción de las emisiones y de las descargas de los materiales al medio ambiente, lo que los lleva a potenciar su uso como materia prima procedente de explotaciones forestales gestionadas de forma eficiente, es decir, cumplir los requisitos PEFC / FSC®. De esta forma se compromete con el cumplimiento de Requisitos sociales y de seguridad y salud laboral en la cadena de custodia de la NORMA INTERNACIONAL PEFC_ST_2002-2013_Norma CdC. Posee los sellos de la figura 35:



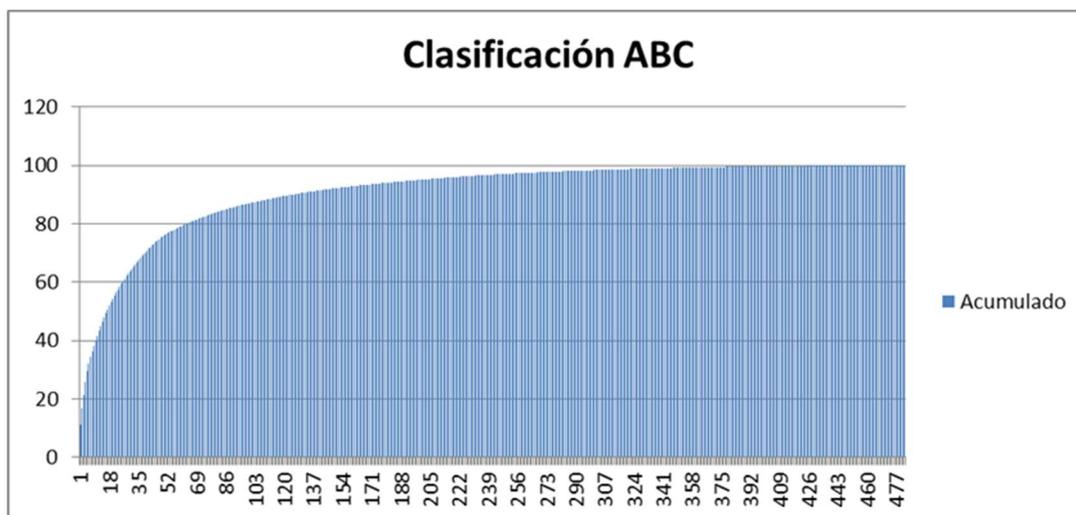
Figura 35. Sellos y cumplimiento de normativa de FINSA

ANEXO 3

El proceso se inicia con la recepción de los productos, y en especial del tablero bruto del que hay 483 referencias diferentes, que siempre viene en alguna de las siguientes medidas [largo, ancho y espesor, en mm]:

- 4880 x 2100 x 19
- 5500 x 2100 x 16
- 4050 x 1830 x 16
- 2440 x 1830 x 16
- 4900 x 2500 x 16

Aunque a pesar de haber 483 referencias diferentes, 65 de ellas suponen el 80% del total que se usan en la producción, gráfica 5 y tabla 8:



Gráfica 5. Clasificación ABC del tablero bruto

Referencias	Porcentaje que representan	que	Clasificación	grosso	Porcentaje referencia de productos
[2,65]	80		A		13.28
[66,200]	15		B		28.22
[201,483]	5		C		58.51

Tabla 8. Clasificación ABC del tablero bruto

El proveedor de este tablero es una fábrica del mismo grupo (Finsa) que está situada a escasos 400 m de distancia. No hay un tamaño de lote predefinido, sino que se intenta ajustar lo máximo posible a la cantidad necesaria de fabricación.

Este tablero se recepciona en un almacén compacto, figuras 36 y 37, de difícil acceso, ya que no está distribuido por ubicaciones, sino que se va dejando conforme se van liberando huecos, Lo que ocasiona que parte del material no esté accesible, y sea necesario desmontar una torre entera para llegar hasta el que hace falta.



Figura 36. Almacén 301



Figura 37. Vista amplia del almacén 301

Las principales desventajas de este tipo de almacenaje son:

- Dificultad de acceso directo, excepto a las cargas más altas y junto a los pasillos.
- La escasa selectividad (se puede seleccionar una paleta). Es complicado realizar FIFO.
- Requiere varias celdas por referencia para un alto aprovechamiento del espacio.
- Dificultades para el control del hueco si se mezclan varias referencias

En cuanto a los controles, se lleva a cabo únicamente control visual del tablero bruto para comprobar que no haya gran cantidad de tablero desportillado o con otro tipo de defecto visible. Posteriormente en la sierra, el control de calidad es mayor:

- Control visual de los golpes de sierra que van saliendo.
- Tienen que rellenar una hoja de datos con las dimensiones de las piezas asegurando que las dimensiones están dentro de las tolerancias permitidas. Revisión de la 1ª pieza de cada corte y de la pieza superior de cada paquete.

La mayor parte de los defectos superficiales o de acabado en la melamina se suelen detectar en el proceso siguiente, en las canteadoras, ya que las piezas se mueven una a una por la línea.

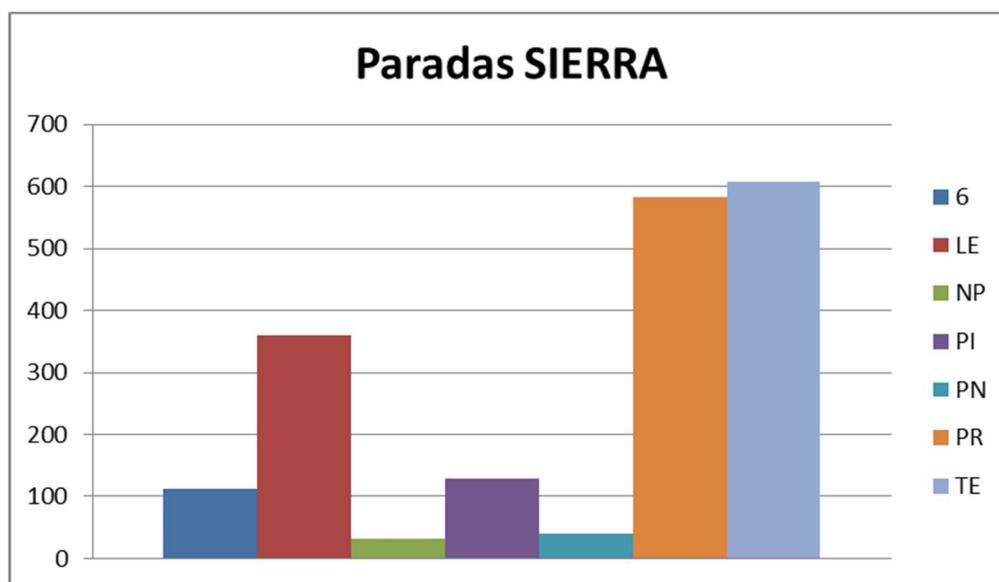
Tras haber recepcionado el tablero, el primer paso consiste en cortarlo a las dimensiones necesarias. Para ello, la primera línea por la que pasan todos estos tableros es una sierra que se encarga de cortar primero longitudinal y después transversalmente a las medidas necesarias.

Este proceso es el cuello de botella de la fábrica, ya que la sierra es la estación por la que pasa todo el material que se va a fabricar. Para optimizar este proceso, se le asigna a cada pedido el corte óptimo, por lo que el número de lotes puede variar para la misma referencia, si bien lo habitual es que se corten en lotes de 4 x 40 unidades (total de 160 unidades), que al haberse cortado de vez, a la salida de la sierra se apilará según sea necesario para los procesos siguientes.

Respecto a las paradas, el tiempo improductivo de la sierra del año 2018 fue un total de 3015 horas distribuidas de forma:

- Paradas de producción 1264h.
- Paradas por otros motivos y estipuladas en el calendario 1751h.

La gráfica 6 muestra la distribución de las paradas sin tener en cuenta las paradas por vacaciones (48 días completos, es decir, 1152 horas).



Gráfica 6. Paradas de la sierra, M01

Este es el proceso más simple ya que únicamente se cortan los tableros a las medidas necesarias (con una sobredimensión de 2.5mm por cada lado) y la precisión, aunque siempre es muy importante, es más necesaria en los procesos posteriores.

Una vez las piezas han sido mecanizadas, se apilan en un almacén intermedio de rodillos, 339. Cuando el material es requerido por alguna línea de canteado, un operario alimenta la máquina gracias a una vagona de rodillos accionados por el operario.

Procesos de mecanizado de la madera

Como material renovable, la madera es una materia prima muy importante por su fuerza y resistencia y por estar presente en todo el mundo. Su uso está ampliamente generalizado tanto en estructuras de soporte como en otras áreas como mobiliario o elementos decorativos.

La madera posee una baja conductividad térmica, gracias a su estructura porosa, lo que le dota de un nivel elevado de aislamiento térmico y se puede usar en diversas formas que se clasifican principalmente por la densidad que presentan:

- Materiales de madera maciza, madera en su estado más natural.
- Materiales de viruta de madera, es decir, aglomerado. Compuestos normalmente por tres capas, siendo la del medio la que contiene las virutas de mayor tamaño y la de los extremos de menor para conseguir un acabado más suave.

- Materiales de fibra, son materiales mucho más compactos y homogéneos que el aglomerado, y por ello más densos. Se pueden distinguir tipos en función de su densidad: los materiales de densidad media (MDF) y los materiales de alta densidad (HDF) o tableros de aislamiento.
- Materiales de madera compuestos, son tableros recubiertos con plástico o resinas sintéticas (como la melamina).

En la figura 38 se puede observar el aspecto y la diferencia de densidad en función del espesor del panel, de un tablero de aglomerado frente a un tablero de MDF. La estructura interna del material mucho más compacta y densa en el caso del MDF.

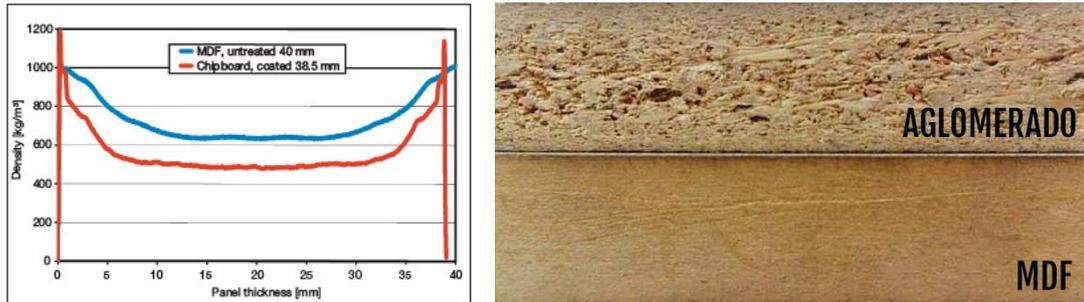


Figura 38. Densidad de Aglomerado frente a MDF

Actualmente la escasez de materia prima ha provocado un aumento del uso de la madera desechada y, por tanto, un aumento de la producción de tablero aglomerado. Esto está provocando un aumento de las impurezas (minerales, tierra, etc.) que contiene el producto final. Este aspecto es necesario tenerlo en cuenta a la hora de establecer los controles durante la fabricación, ya que la calidad de la materia prima afecta de forma directa al producto que se está fabricando.

Materiales de las herramientas de corte

Para la decisión del tipo de herramientas a utilizar, es imprescindible conocer la materia a trabajar y poder optimizar el proceso de corte y las condiciones de los útiles de trabajo. También es muy importante seleccionar adecuadamente el material de las herramientas de corte, figura 39, así como la geometría de los filos de corte o dientes de las herramientas, figura 40, para lograr el potencial máximo de los útiles. De esta forma se puede garantizar una larga vida de herramienta y una alta calidad de la superficie mecanizada.

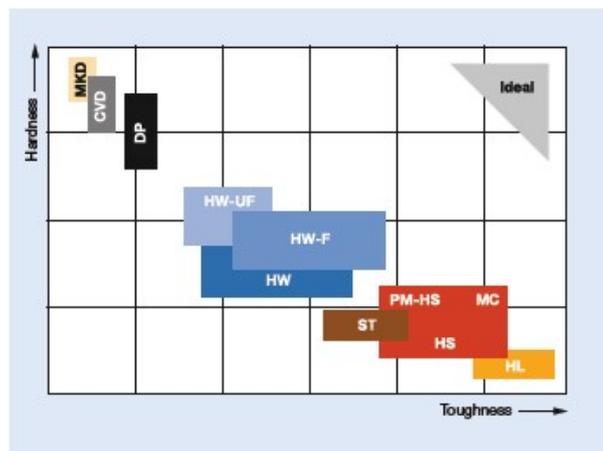


Figura 39. Material de las herramientas de corte

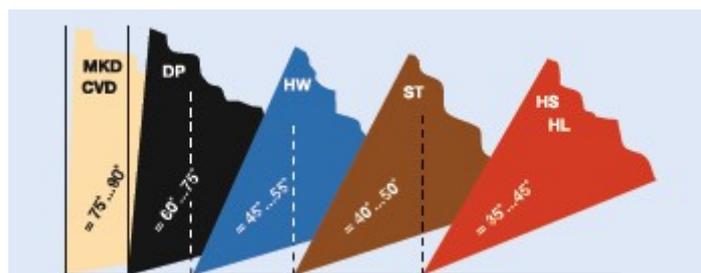


Figura 40. Geometría del filo de las herramientas de corte

El material ideal de corte tiene que ser duro y resistente al mismo tiempo, por lo que se deben estudiar las necesidades y elegir un tipo de material que combine estas dos características de forma adecuada. A continuación, se definen brevemente las diferentes opciones disponibles:

- SP (aleación de acero): posibilidad de endurecerse hasta los 60HRC. Se usa para procesar madera maciza en el sector artesanal.
- HL (acero de alta aleación): acero con al menos un elemento de aleación mayor del 5%. Los materiales más utilizados son Cr, Mo, W y carbono de carburos, que le dota de dureza y resistencia al desgaste. Se usa para el corte de maderas blandas a alta velocidad.
- HS (acero de corte rápido): contenido de aleación superior al 12%. Los elementos más utilizados son W, Mo, V y carbono de carburos. Su uso se centra en el procesado de madera maciza. Su duración es mayor que el HL, endurecible hasta 65HRC.
- ST (aleación basada en cobalto, estelita): utilizado para procesar maderas fibrosas, ácidas o húmedas. Se pueden conseguir ángulos de corte pequeños.
- HW (metales de carburo, sin recubrimiento): durezas entre 1300 - 2500 HV, gracias a materiales sintetizados compuestos de carburos de metal (principalmente WC y Co). Gracias al tamaño pequeño de los carburos de metal que permiten filos muy afilados, se podría decir que su campo de aplicación es universal.
- HC (metal duro con recubrimiento, tungsteno o carburos): durezas entre 1600-3500 HV gracias al procesamiento de nitruros, carburos, nitruros de carbono y oxígeno de elementos como Ti, Al, Cr y Zr manufacturados en condiciones de vacío. Este tratamiento le proporciona una mejora del rendimiento de hasta 5 veces más que las herramientas sin recubrimiento. Se suele usar en maderas macizas, termoplásticas y metales no ferrosos.
- DP (Diamante policristalino): capa sintetizada de 0.3 - 0.6 mm de cristales de diamante sobre una superficie de tungsteno. El tamaño de los granos de diamante es entre 1 – 30 μm . La dureza y tenacidad varía en función del tamaño de los granos. Excelentes condiciones para aglomerado, madera maciza y fibra.
- DM (Diamante monocristalino): más duro que DP. Se pueden producir únicamente si los monocristales se muelan con diamante, lo que le produce unos filos de corte muy suaves. Se usa para revestimientos laminados o para un acabado pulido en plástico.
- CVD (capas de diamante policristalino): capas de 0.5 mm de diamante compuesto por cristales de diamante sobre una superficie de tungsteno. Más duro que DP y DM. Se usa para casos especiales de revestimientos.

Gestión de procesos

A través del estudio del MRP se consiguió un análisis de los consumos de materia prima, de la producción y de las paradas de cada proceso. Se analizó el año 2018 por completo para tener una idea representativa de las capacidades de la fábrica.

Un problema de la fábrica es la indisponibilidad de sus máquinas, principalmente porque no se realiza el mantenimiento preventivo necesario. Por ello, se estudian las paradas de las máquinas, que se deben registrar en el MRP. Cada proceso tiene las suyas propias, pero se agrupan siempre de la misma forma, que es la siguiente:

- LE: motivos logísticos externos, como falta de materia prima, materia defectuosa o falta de persona.
- NP: motivos no productivos.
- PI: motivos previstos, paradas intencionadas.
- PN: motivos producción normal como cambios de programa de producción (entrada de pedidos con mayor prioridad) o cambios de útiles de trabajo. Esta es una de las paradas que más nos interesa por el objetivo del trabajo.
- PR: motivos del proceso, limpieza al final del turno, desajustes, atascos, etc.
- TE: motivos técnicos, en este caso se debe llamar a mantenimiento ya que suelen ser paradas por problemas más técnicos y de mayor duración.
- O6: paradas de producción. Aquí se contabilizan las paradas por vacaciones estipuladas por el convenio.

Canteadoras

Después de tener el tablero cortado, éste pasa por una de las tres canteadoras⁷ donde se le pegará el canto en los laterales y se mecanizará si es necesario. Este proceso se realiza todo en la misma máquina, donde primero se pega el canto uno a uno al tablero en movimiento mientras avanza por la máquina, y para el mecanizado (que puede ser un taladrado o ranurado), el tablero se detiene mientras la herramienta realiza la operación, figura 41, debido a esto, el proceso de mecanizado ralentiza la producción ya que interrumpe el flujo continuo. Solo 2 de las 3 canteadoras pueden realizar operaciones de mecanizado, la M02 y la M09.



Figura 41. A la izquierda el canto en materia prima, en el medio tablero sin cantear y por último, el tablero con el canto pegado

Las 3 líneas de canteadado disponibles son:

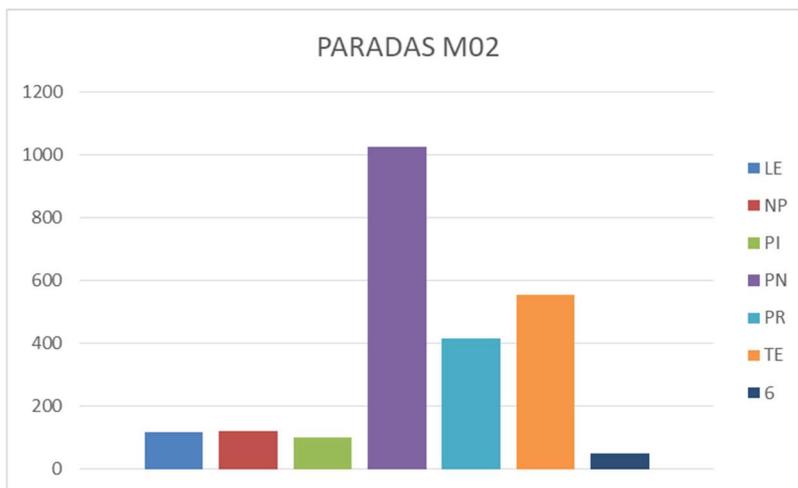
Canteadora M02

Es la línea más antigua y completamente manual, por lo que los ajustes son más complejos y requieren mayor tiempo de ajuste. Los pares de canteadoras están formadas por una fija y una móvil que permite el mecanizado preciso de material de diferentes dimensiones.

⁷ Se puede ver el esquema de una canteadora en la figura 42

En cuanto al consumo, en los procesos de canteado se utiliza el canto, que en este caso es de PVC y de diferentes dimensiones, predominando las de espesor 0.8 mm y 1mm.

Respecto a las paradas, la de calendario/vacaciones fueron de un total de 3570h, y como están previamente definidas, no se tienen en cuenta. La distribución de las paradas en el año de estudio fue la de la gráfica 7, con gran volumen de paradas de producción normal.



Gráfica 7. Paradas M02

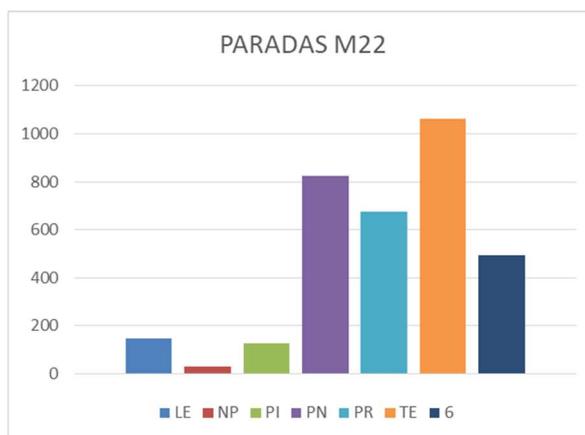
Canteadora M22

Esta es la máquina con el ajuste semiautomático. En esta línea se fabrican únicamente paneles, tabla 9.

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
PANELES	19474046	2166806	326438.08	2621611.61	24
MEDIA DIARIA	6149.67	67.5	4132.21	8167	

Tabla 9. Producción M22

En cuanto a las paradas que pueden consultarse en la gráfica 8, en este caso, las de vacaciones suponen un total de 1160h. Sin tener esta parada en cuenta:



Gráfica 8. Paradas M22

En cuanto a la producción, tabla 11, se fabrican únicamente componentes, es decir, tableros con mecanizados de taladro.

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
COMPONENTES	792921	6290.84	406926.14	871648.35	13
MEDIA DIARIA	2566	20.22	1316.91	2820	

Tabla 11. Producción M03

BP 120 (M06)

Se trata de otro taladro capaz de realizar mecanizados horizontales y verticales, además de fresados.

En cuanto a la producción, tabla 12, se distribuye de la siguiente forma, con prácticamente la totalidad de la producción en componentes.

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
COMPONENTES	85308	431.28	31611.02	59925.39	18
PANELES	766	6.3	145.03	397.96	2
MEDIA DIARIA	430.37	2.19	158.78	301.62	

Tabla 12. Producción M06

BAZ (M07)

Esta es la máquina más completa de todas, ya que permite realizar cualquier forma no común en los tableros. Se utiliza principalmente cuando los requerimientos de los clientes están fuera de lo estándar, es decir, para realizar esquinas redondas, vaciados interiores, mesas con formas especiales, etc.

Permite hacer taladrados horizontales y verticales, ranurados a lo largo del tablero y del canto, canteados del tablero y encolado.

En cuanto a la producción, tabla 13, está dividida en componentes y paneles.

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
COMPONENTES	61065	970.14	43135.68	71195.28	24
PANELES	15439	137.9	6023.86	10814.14	14
COMCUR	1600	35.38	1415.59	1732.2	2
1	307	1.67	104.53	178.98	1
MEDIA DIARIA	329.46	4.81	212.94	352.61	

Tabla 13. Producción M07

Desdobladora (unilateral, M18)

En esta máquina se realiza el corte y el canteado únicamente por uno de los lados de piezas de pequeñas dimensiones (ancho de 65 mm), como los denominados zócalos. En caso de que se quiera cantear más de un lado en esta máquina, será necesario pasar la pieza todas las veces cada vez por el lado a cantear. Puede verse la producción en la tabla 14.

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
PANELES	346529.47	288.42	22239.27	207111.42	15
COMPONENTES	252110.75	346.78	21466.07	168230.22	16
MELAMINAS	31135.66	13.5	1354.51	16937.8	1
MEDIA DIARIA	2591.67	2.67	185.43	1614.32	

Tabla 14. Producción M18

Taladro OMAL (M19)

Se trata de otro taladro con posibilidad de taladrar tanto en vertical como en horizontal, y con posibilidad de realizar espigados. Véase la producción en la tabla 15.

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
COMPONENTES	213512	315.04	19402.24	132691.1	14
PANELES	156	0.1	6.05	18.41	1
MEDIA DIARIA	945.43	1.38	85.88	587.21	

Tabla 15. Producción M19

Horno (retractilado, M11)

El horno es un proceso de agrupado de productos similar al embalado, pero en este caso, el material va retractilado y posteriormente introducido en el horno para que el plástico recubra perfectamente el producto. Véase la producción en la tabla 16

Agrupación	Unidades	m ³	m ²	m lineales	Nº Referencias
MUEMEL	135747	2064.7	66800.2	119736.18	39
MODCOC	1017	10.82	79	802.04	5
PROTB	36	0.83	-	-	1
MEDIA DIARIA	597.38	9.07	292.5	526.52	

Tabla 16. Producción M11

ANEXO 4

A continuación, se muestran los pie chart de las 11 referencias que se fabrican en la línea de embalado según los hacen actualmente.

Pie chart para la referencia 612082, figura 43, tiene un estándar de embalado de 32 segundos. En la realidad se está embalando cada 39 segundos, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, y con una tasa promedio de ocupación del 51%:

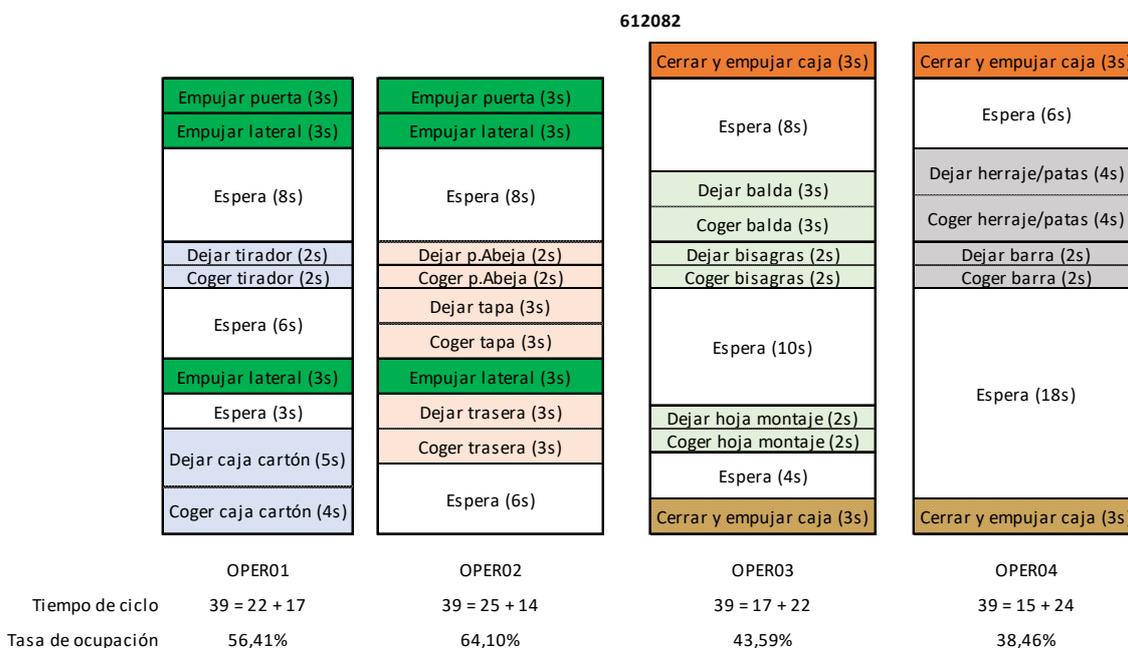


Figura 43. Pie chart actual de la referencia 612082

Pie chart para la referencia 612083, figura 44, tiene un estándar de embalado de 31 segundos. En la realidad se está embalando cada 39 segundos, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, y con una tasa promedio de ocupación del 53%:

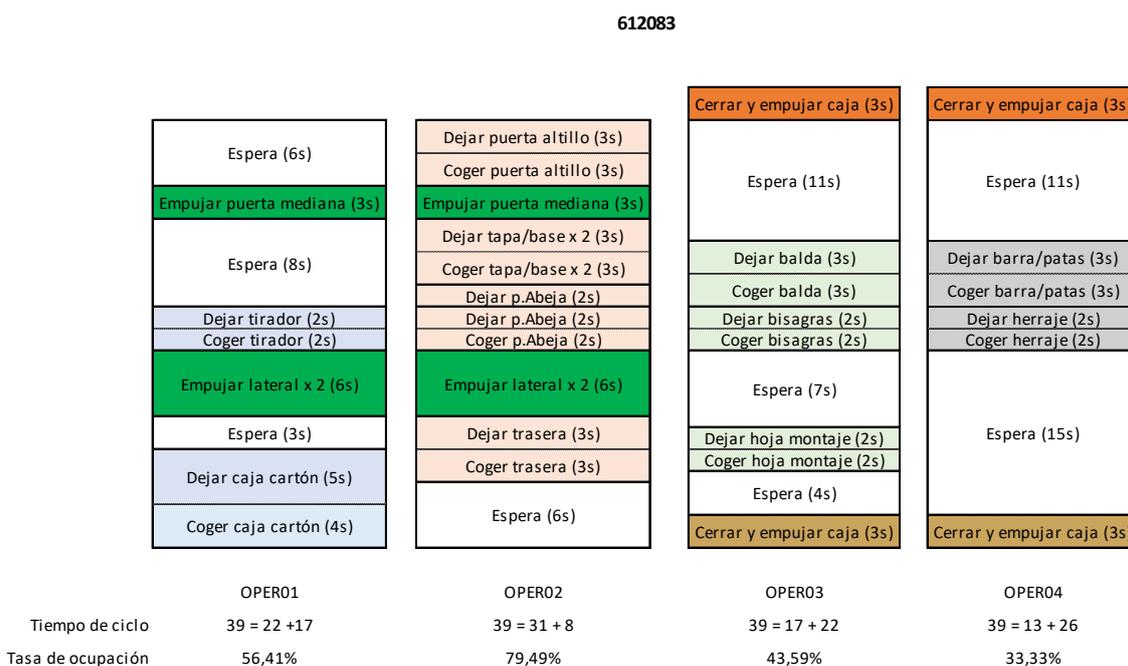


Figura 44. Pie chart actual de la referencia 612083

Pie chart para la referencia 615286, figura 45, tiene un estándar de embalado de 54 segundos. En la realidad se está embalando cada 23 segundos, tiempo mucho inferior al estándar que tiene asignado, no obstante, tiene largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 45%:

615286

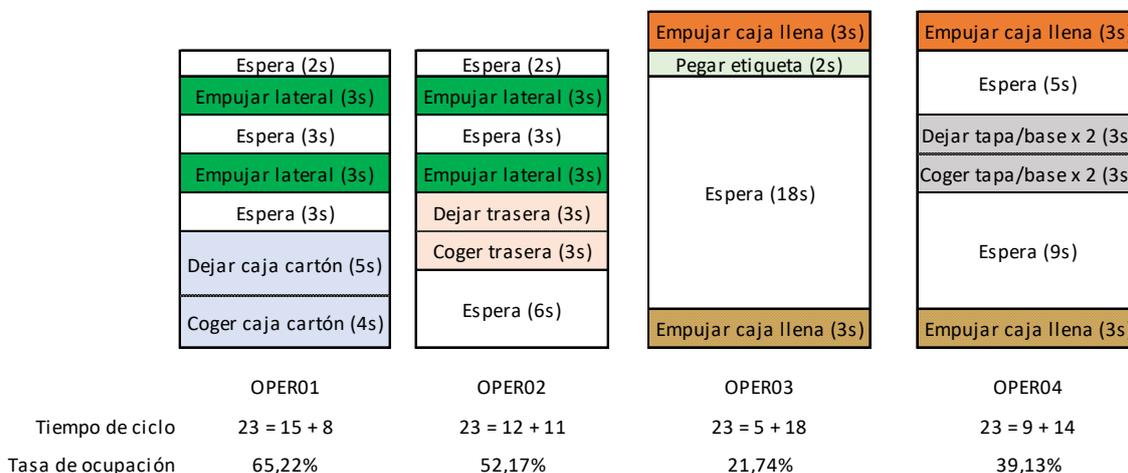


Figura 45. Pie chart actual de la referencia 615286

Pie chart para la referencia 615300, figura 46, tiene un estándar de embalado de 54 segundos. En la realidad se está embalando cada 23 segundos, tiempo mucho inferior al estándar que tiene asignado, no obstante, tiene largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 45%:

615300

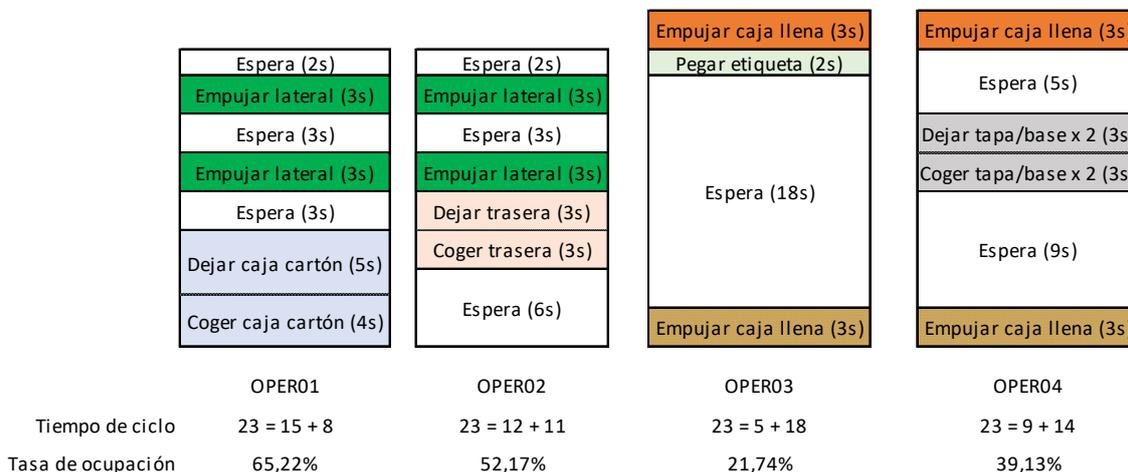


Figura 46. Pie chart actual de la referencia 615300

Pie chart para la referencia 615304, figura 47, tiene un estándar de embalado de 42 segundos. En la realidad se está embalando cada 27 segundos, tiempo inferior al estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 58%:

615304

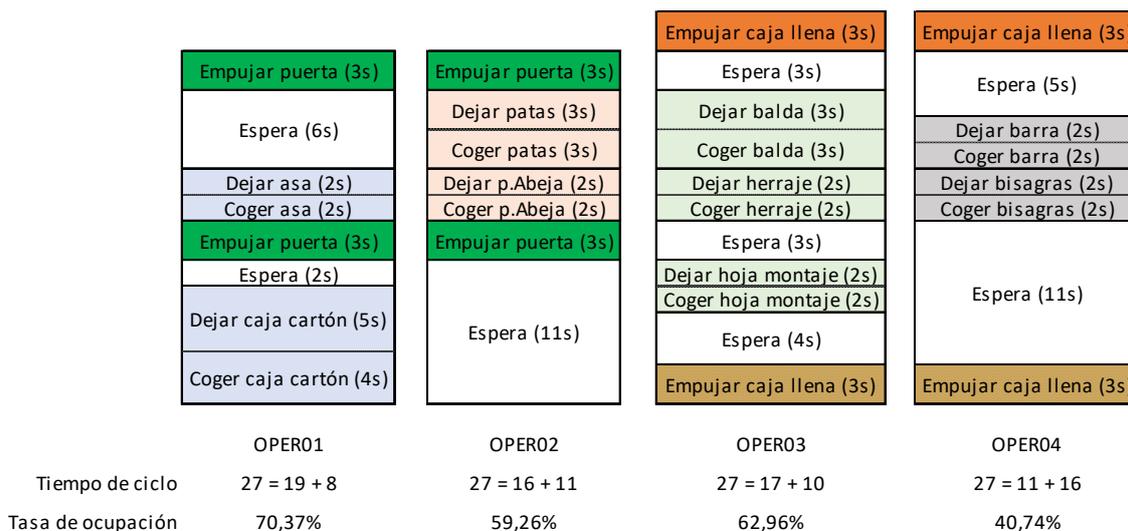


Figura 47. Pie chart actual de la referencia 615304

Pie chart para la referencia 615326, figura 48, tiene un estándar de embalado de 29 segundos. En la realidad se está embalando cada 37 segundos, tiempo superior al estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 68%:

615326

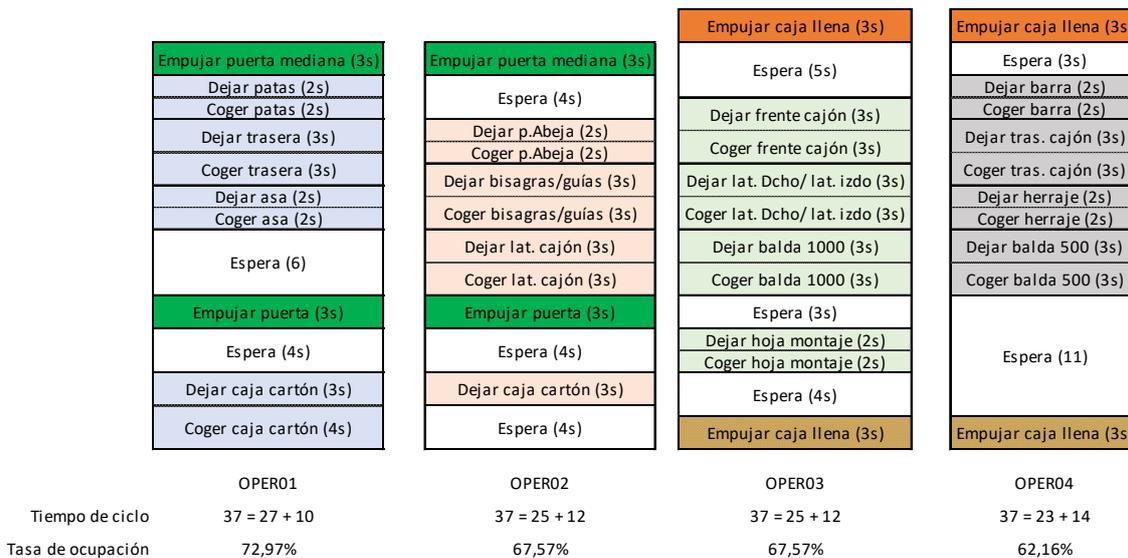


Figura 48. Pie chart actual de la referencia 615326

Pie chart para la referencia 615362, figura 49, tiene un estándar de embalado de 33 segundos. En la realidad se está embalando cada 31 segundos, tiempo bastante ajustado al estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 49%:

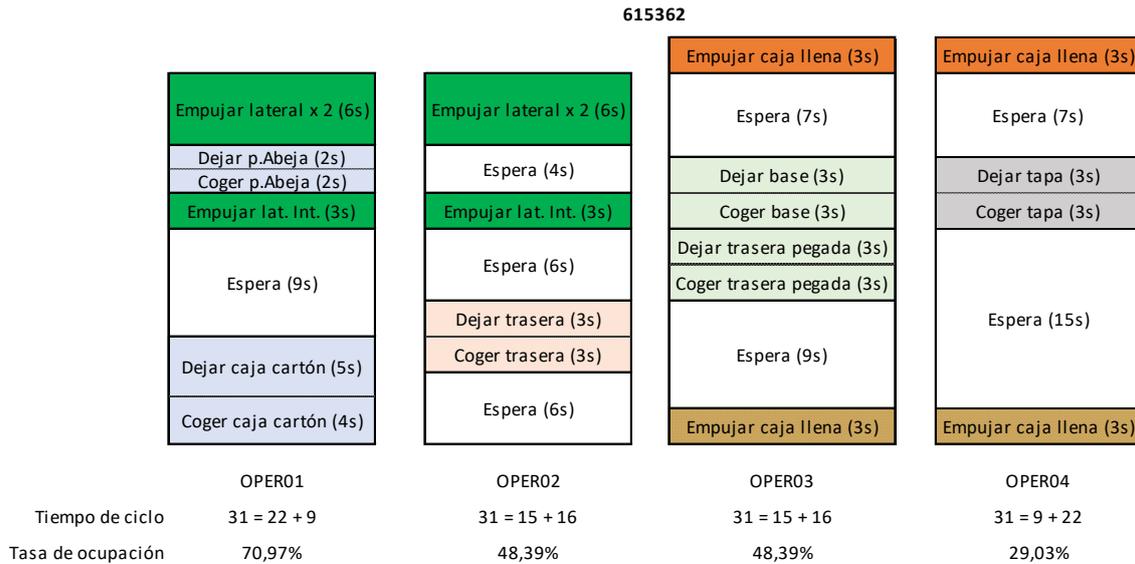


Figura 49. Pie chart actual de la referencia 612362

Pie chart para la referencia 615376, figura 50, tiene un estándar de embalado de 31 segundos. En la realidad se está embalando cada 30 segundos, tiempo bastante ajustado al estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 56%:

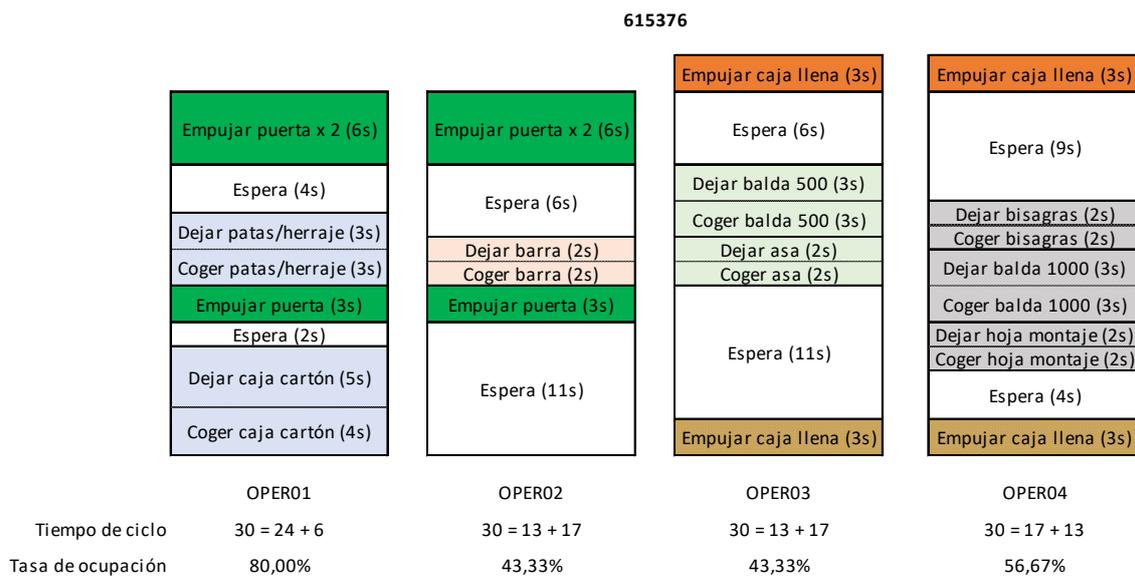


Figura 50. Pie chart actual de la referencia 615376

Pie chart para la referencia 615417, figura 51, tiene un estándar de embalado de 54 segundos. En la realidad se está embalando cada 24 segundos, este tiempo es mucho más inferior que el estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 47%:

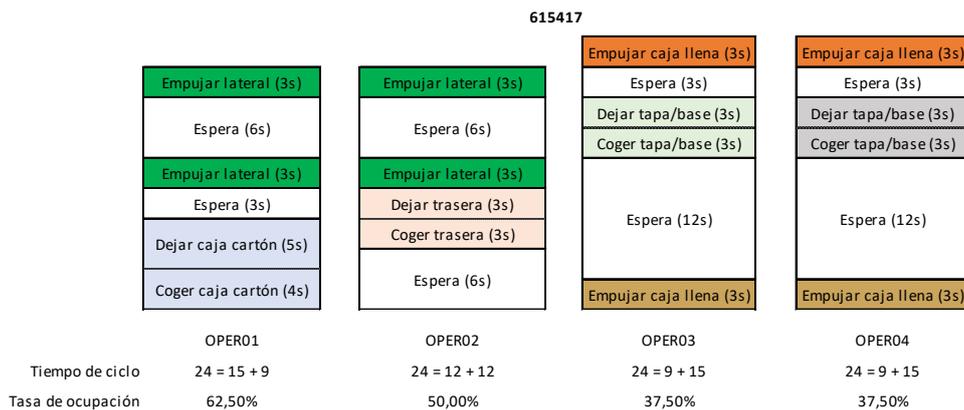


Figura 51. Pie chart actual de la referencia 615417

Pie chart para la referencia 615430, figura 52, tiene un estándar de embalado de 54 segundos. En la realidad se está embalando cada 24 segundos, este tiempo es mucho más inferior que el estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 47%:

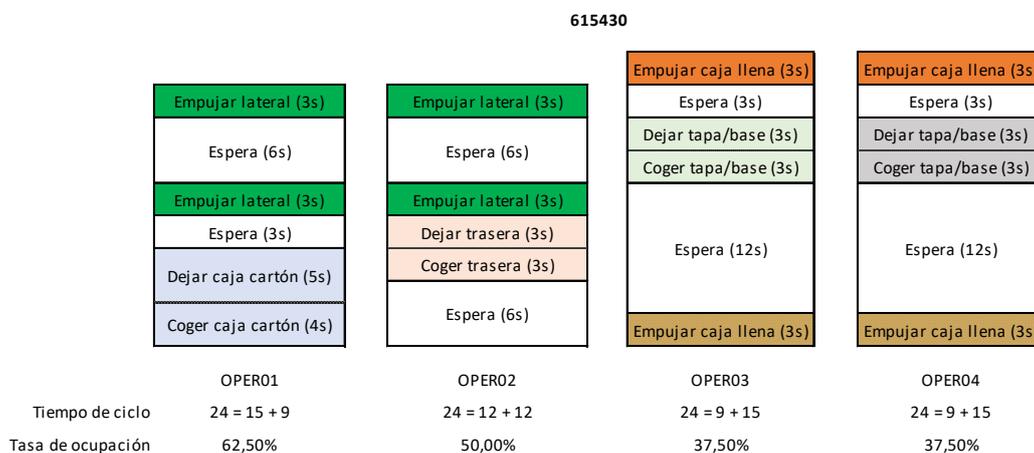


Figura 52. Pie chart actual de la referencia 615430

Pie chart para la referencia 615450, figura 53, tiene un estándar de embalado de 33 segundos. En la realidad se está embalando cada 31 segundos, tiempo bastante ajustado al estándar que tiene asignado, no obstante, con largos tiempos de espera o inactividad de los operarios, con una tasa promedio de ocupación del 49%:

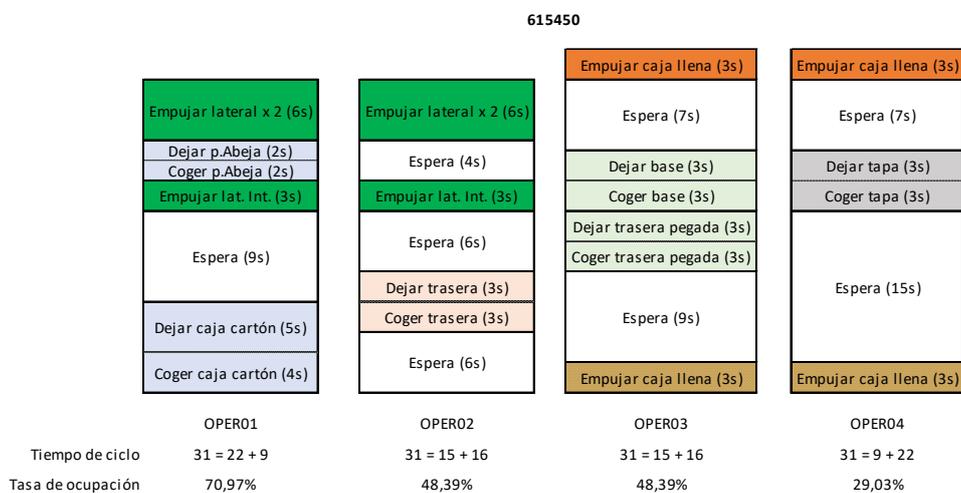


Figura 53. Pie chart actual de la referencia 615450

ANEXO 5

En este anexo se van a mostrar los pie chart obtenidos tras el estudio para la secuenciación óptima del proceso de embalado de los kits. Así pues, para la referencia 612082 obtenemos lo siguiente, figura 54:

		612082	
		Empujar puerta (3s)	Cerrar y empujar caja (3s)
		Empujar lateral (3s)	Empujar puerta (3s)
		Dejar balda (3s)	Empujar lateral (3s)
		Coger balda (3s)	Dejar tirador/herrajes/patas (3s)
		Dejar tapa (3s)	Coger tirador/herrajes/patas (3s)
		Coger tapa (3s)	Dejar bisagras/barra/p.Abeja (3s)
		Empujar latera (3s)	Coger bisagras/barra/p.Abeja (3s)
		Dejar hoja montaje (2s)	Empujar latera (3s)
		Coger hoja montaje (2s)	Espera (1s)
		Dejar caja cartón (5s)	Dejar trasera (3s)
		Coger caja cartón (4s)	Coger trasera (3s)
			Espera (3s)
			Cerrar y empujar caja (3s)
	OPER01	OPER02	
Tiempo de ciclo	34	34 = 30 + 4	
Tasa de ocupación	100,00%	88,24%	

Figura 54. Propuesta de secuenciación para la referencia 612082

Con una tasa de ocupación promedio de ambos operarios del 94% y un tiempo de ciclo 5 s inferior al real.

Para la referencia 612083, figura 55:

		612083	
		Espera (3s)	Cerrar y empujar caja (3s)
		Empujar puerta mediana (3s)	Dejar puerta altillo (3s)
		Dejar barra/patas/tirador (4s)	Coger puerta altillo (3s)
		Coger barra/patas/tirador (4s)	Dejar tapa/base x 2 (3s)
		Dejar pan.Abeja (2s)	Coger tapa/base x 2 (3s)
		Coger pan.Abeja (2s)	Dejar balda (3s)
		Dejar herrajes (2s)	Coger balda (3s)
		Coger herrajes (2s)	Dejar bisagras (2s)
		Empujar lateral x 2 (6s)	Coger bisagras (2s)
		Dejar hoja montaje (2s)	Empujar lateral x 2 (6s)
		Coger hoja montaje (2s)	Espera (1)
		Dejar caja cartón (5s)	Dejar trasera (3s)
		Coger caja cartón (4s)	Coger trasera (3s)
			Espera (3s)
			Cerrar y empujar caja (3s)
	OPER01	OPER02	
Tiempo de ciclo	41 = 38 + 3	41 = 37 + 4	
Tasa de ocupación	100,00%	90,24%	

Figura 55. Propuesta de secuenciación para la referencia 612083

Con un tiempo de ciclo 2 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 95%, frente a la del 53% del real.

Para la referencia 615286, figura 56:

615286		
	Operación	Operación
	Empujar lateral (3s)	Empujar caja llena (3s)
	Dejar tapa (3s)	Empujar lateral (3s)
	Coger tapa (3s)	Dejar tapa (3s)
	Empujar lateral (3s)	Coger tapa (3s)
	Espera (3s)	Empujar lateral (3s)
	Dejar caja cartón (5s)	Dejar trasera (3s)
	Coger caja cartón (4s)	Coger trasera (3s)
		Espera (3s)
		Empujar caja llena (3s)
	OPER01	OPER02
Tiempo de ciclo	24 = 21 + 3	24 = 21 + 3
Tasa de ocupación	87,50%	87,50%

Figura 56. Propuesta de secuenciación para la referencia 615286

Con un tiempo de ciclo 1 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 87%, frente a la del 45% del real.

Para la referencia 615300, figura 57:

615300		
	Operación	Operación
	Empujar lateral (3s)	Empujar caja llena (3s)
	Dejar tapa (3s)	Empujar lateral (3s)
	Coger tapa (3s)	Dejar tapa (3s)
	Empujar lateral (3s)	Coger tapa (3s)
	Espera (3s)	Empujar lateral (3s)
	Dejar caja cartón (5s)	Dejar trasera (3s)
	Coger caja cartón (4s)	Coger trasera (3s)
		Espera (3s)
		Empujar caja llena (3s)
	OPER01	OPER02
Tiempo de ciclo	24 = 21 + 3	24 = 21 + 3
Tasa de ocupación	87,50%	87,50%

Figura 57. Propuesta de secuenciación para la referencia 615300

Con un tiempo de ciclo 1 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 87%, frente a la del 45% del real.

Para la referencia 615304, figura 58:

615304																										
	<table border="1"> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar asas (2s)</td></tr> <tr><td>Coger asas (2s)</td></tr> <tr><td>Dejar balda (3s)</td></tr> <tr><td>Coger balda (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar herrajes (2s)</td></tr> <tr><td>Coger herrajes (2s)</td></tr> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (2s)</td></tr> <tr><td>Dejar caja cartón (5s)</td></tr> <tr><td>Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar puerta (3s)	Dejar asas (2s)	Coger asas (2s)	Dejar balda (3s)	Coger balda (3s)	Dejar herrajes (2s)	Coger herrajes (2s)	Empujar puerta (3s)	Espera (2s)	Dejar caja cartón (5s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar patas (2s)</td></tr> <tr><td>Coger patas (2s)</td></tr> <tr><td>Dejar p.Abeja/Barra (3s)</td></tr> <tr><td>Coger p.Abeja/Barra (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar bisagras (2s)</td></tr> <tr><td>Coger bisagras (2s)</td></tr> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Coger hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Espera (4s)</td></tr> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> </table>	Empujar caja llena (3s)	Empujar puerta (3s)	Dejar patas (2s)	Coger patas (2s)	Dejar p.Abeja/Barra (3s)	Coger p.Abeja/Barra (3s)	Dejar bisagras (2s)	Coger bisagras (2s)	Empujar puerta (3s)	Dejar hoja montaje (2s)	Coger hoja montaje (2s)	Espera (4s)	Empujar caja llena (3s)
Empujar puerta (3s)																										
Dejar asas (2s)																										
Coger asas (2s)																										
Dejar balda (3s)																										
Coger balda (3s)																										
Dejar herrajes (2s)																										
Coger herrajes (2s)																										
Empujar puerta (3s)																										
Espera (2s)																										
Dejar caja cartón (5s)																										
Coger caja cartón (4s)																										
Empujar caja llena (3s)																										
Empujar puerta (3s)																										
Dejar patas (2s)																										
Coger patas (2s)																										
Dejar p.Abeja/Barra (3s)																										
Coger p.Abeja/Barra (3s)																										
Dejar bisagras (2s)																										
Coger bisagras (2s)																										
Empujar puerta (3s)																										
Dejar hoja montaje (2s)																										
Coger hoja montaje (2s)																										
Espera (4s)																										
Empujar caja llena (3s)																										
	OPER01	OPER02																								
Tiempo de ciclo	31 = 29 + 2	31 = 27 + 4																								
Tasa de ocupación	93,55%	87,10%																								

Figura 58. Propuesta de secuenciación para la referencia 615304

Con un tiempo de ciclo 4 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 87%, frente a la del 58% del real.

Para la referencia 615326, figura 59:

615326																																						
	<table border="1"> <tr><td>Empujar puerta mediana (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (5s)</td></tr> <tr><td>Dejar patas (2s)</td></tr> <tr><td>Coger patas (2s)</td></tr> <tr><td>Dejar herrajes/asas (3s)</td></tr> <tr><td>Coger herrajes/asas (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar lat. Caj. (3s)</td></tr> <tr><td>Coger lat. Caj. (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar caja cartón (3s)</td></tr> <tr><td>Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar puerta mediana (3s)	Espera (5s)	Dejar patas (2s)	Coger patas (2s)	Dejar herrajes/asas (3s)	Coger herrajes/asas (3s)	Dejar lat. Caj. (3s)	Coger lat. Caj. (3s)	Empujar puerta (3s)	Dejar caja cartón (3s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td>Empujar puerta mediana (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (1s)</td></tr> <tr><td>Dejar lat. Dcho/izdo/tras. Cajón (4s)</td></tr> <tr><td>Coger lat. Dcho/izdo/tras. Cajón (4s)</td></tr> <tr><td>Dejar trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Coger trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar balda 1000 (3s)</td></tr> <tr><td>Coger balda 1000 (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar caja cartón (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (4s)</td></tr> </table>	Empujar puerta mediana (3s)	Espera (1s)	Dejar lat. Dcho/izdo/tras. Cajón (4s)	Coger lat. Dcho/izdo/tras. Cajón (4s)	Dejar trasera (3s)	Coger trasera (3s)	Dejar balda 1000 (3s)	Coger balda 1000 (3s)	Empujar puerta (3s)	Dejar caja cartón (3s)	Espera (4s)	<table border="1"> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar frente cajón (3s)</td></tr> <tr><td>Coger frente cajón (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar p.Abeja/barra (3s)</td></tr> <tr><td>Coger p.Abeja/barra (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar bisagras/guías (3s)</td></tr> <tr><td>Coger bisagras/guías (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar balda 500 (3s)</td></tr> <tr><td>Coger balda 500 (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Coger hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> </table>	Empujar caja llena (3s)	Espera (3s)	Dejar frente cajón (3s)	Coger frente cajón (3s)	Dejar p.Abeja/barra (3s)	Coger p.Abeja/barra (3s)	Dejar bisagras/guías (3s)	Coger bisagras/guías (3s)	Dejar balda 500 (3s)	Coger balda 500 (3s)	Dejar hoja montaje (2s)	Coger hoja montaje (2s)	Empujar caja llena (3s)
Empujar puerta mediana (3s)																																						
Espera (5s)																																						
Dejar patas (2s)																																						
Coger patas (2s)																																						
Dejar herrajes/asas (3s)																																						
Coger herrajes/asas (3s)																																						
Dejar lat. Caj. (3s)																																						
Coger lat. Caj. (3s)																																						
Empujar puerta (3s)																																						
Dejar caja cartón (3s)																																						
Coger caja cartón (4s)																																						
Empujar puerta mediana (3s)																																						
Espera (1s)																																						
Dejar lat. Dcho/izdo/tras. Cajón (4s)																																						
Coger lat. Dcho/izdo/tras. Cajón (4s)																																						
Dejar trasera (3s)																																						
Coger trasera (3s)																																						
Dejar balda 1000 (3s)																																						
Coger balda 1000 (3s)																																						
Empujar puerta (3s)																																						
Dejar caja cartón (3s)																																						
Espera (4s)																																						
Empujar caja llena (3s)																																						
Espera (3s)																																						
Dejar frente cajón (3s)																																						
Coger frente cajón (3s)																																						
Dejar p.Abeja/barra (3s)																																						
Coger p.Abeja/barra (3s)																																						
Dejar bisagras/guías (3s)																																						
Coger bisagras/guías (3s)																																						
Dejar balda 500 (3s)																																						
Coger balda 500 (3s)																																						
Dejar hoja montaje (2s)																																						
Coger hoja montaje (2s)																																						
Empujar caja llena (3s)																																						
	OPER01	OPER02	OPER03																																			
Tiempo de ciclo	34 = 29 + 5	34 = 29 + 5	34 = 31 + 3																																			
Tasa de ocupación	85,29%	85,29%	91,18%																																			

Figura 59. Propuesta de secuenciación para la referencia 615326

Para esta referencia, debido a la cantidad de componentes que tiene, será necesario que se incorpore un tercer embalador, de esta manera, se obtiene un tiempo de ciclo de 34 s, 3 s inferior al real y una tasa de ocupación promedio del 87%, frente a la del 66% del real.

Para la referencia 615362, figura 60:

615362																						
<table border="1"> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar lateral x 2 (6s)</td></tr> <tr><td>Espera (4s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar base (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger base (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar lat. Int. (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar trasera pegada (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger trasera pegada (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar caja cartón (5s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar lateral x 2 (6s)	Espera (4s)	Dejar base (3s)	Coger base (3s)	Empujar lat. Int. (3s)	Dejar trasera pegada (3s)	Coger trasera pegada (3s)	Dejar caja cartón (5s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #ff8c00;">Empujar caja llena (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar lateral x 2 (6s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar p.Abeja (2s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger p.Abeja (2s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar tapa (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger tapa (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar lat. Int. (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar trasera (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #808000;">Empujar caja llena (3s)</td></tr> </table>	Empujar caja llena (3s)	Empujar lateral x 2 (6s)	Dejar p.Abeja (2s)	Coger p.Abeja (2s)	Dejar tapa (3s)	Coger tapa (3s)	Empujar lat. Int. (3s)	Espera (3s)	Dejar trasera (3s)	Coger trasera (3s)	Espera (3s)	Empujar caja llena (3s)
Empujar lateral x 2 (6s)																						
Espera (4s)																						
Dejar base (3s)																						
Coger base (3s)																						
Empujar lat. Int. (3s)																						
Dejar trasera pegada (3s)																						
Coger trasera pegada (3s)																						
Dejar caja cartón (5s)																						
Coger caja cartón (4s)																						
Empujar caja llena (3s)																						
Empujar lateral x 2 (6s)																						
Dejar p.Abeja (2s)																						
Coger p.Abeja (2s)																						
Dejar tapa (3s)																						
Coger tapa (3s)																						
Empujar lat. Int. (3s)																						
Espera (3s)																						
Dejar trasera (3s)																						
Coger trasera (3s)																						
Espera (3s)																						
Empujar caja llena (3s)																						
OPER01	OPER02																					
Tiempo de ciclo 34 = 30 + 4	34 = 28 + 6																					
Tasa de ocupación 88,24%	82,35%																					

Figura 60. Propuesta de secuenciación para la referencia 615362

Con un tiempo de ciclo 3 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 85%, frente a la del 49% del real.

Para la referencia 615376, figura 61:

615376																						
<table border="1"> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar puerta x 2 (6s)</td></tr> <tr><td>Espera (2s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar patas/herraje (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger patas/herraje (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar barra/asas (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger barra/asas (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (2s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar caja cartón (5s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar puerta x 2 (6s)	Espera (2s)	Dejar patas/herraje (3s)	Coger patas/herraje (3s)	Dejar barra/asas (3s)	Coger barra/asas (3s)	Empujar puerta (3s)	Espera (2s)	Dejar caja cartón (5s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #ff8c00;">Empujar caja llena (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar puerta x 2 (6s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar balda 500/bisagras (4s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger balda 500/bisagras (4s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar balda 1000 (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger balda 1000 (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Empujar puerta (3s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Dejar hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #d9e1f2;">Coger hoja montaje (2s)</td></tr> <tr><td>Espera (4s)</td></tr> <tr><td style="background-color: #808000;">Empujar caja llena (3s)</td></tr> </table>	Empujar caja llena (3s)	Empujar puerta x 2 (6s)	Dejar balda 500/bisagras (4s)	Coger balda 500/bisagras (4s)	Dejar balda 1000 (3s)	Coger balda 1000 (3s)	Empujar puerta (3s)	Dejar hoja montaje (2s)	Coger hoja montaje (2s)	Espera (4s)	Empujar caja llena (3s)
Empujar puerta x 2 (6s)																						
Espera (2s)																						
Dejar patas/herraje (3s)																						
Coger patas/herraje (3s)																						
Dejar barra/asas (3s)																						
Coger barra/asas (3s)																						
Empujar puerta (3s)																						
Espera (2s)																						
Dejar caja cartón (5s)																						
Coger caja cartón (4s)																						
Empujar caja llena (3s)																						
Empujar puerta x 2 (6s)																						
Dejar balda 500/bisagras (4s)																						
Coger balda 500/bisagras (4s)																						
Dejar balda 1000 (3s)																						
Coger balda 1000 (3s)																						
Empujar puerta (3s)																						
Dejar hoja montaje (2s)																						
Coger hoja montaje (2s)																						
Espera (4s)																						
Empujar caja llena (3s)																						
OPER01	OPER02																					
Tiempo de ciclo 34 = 30 + 4	34 = 30 + 4																					
Tasa de ocupación 88,24%	88,24%																					

Figura 61. Propuesta de secuenciación para la referencia 615376

Con un tiempo de ciclo 4 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 88%, frente a la del 56% del real.

Para la referencia 615417, figura 62:

615417																		
	<table border="1"> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Coger tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar caja cartón (5s)</td></tr> <tr><td>Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar lateral (3s)	Dejar tapa/base (3s)	Coger tapa/base (3s)	Empujar lateral (3s)	Espera (3s)	Dejar caja cartón (5s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Coger tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Coger trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> </table>	Empujar caja llena (3s)	Empujar lateral (3s)	Dejar tapa/base (3s)	Coger tapa/base (3s)	Empujar lateral (3s)	Dejar trasera (3s)	Coger trasera (3s)	Espera (3s)	Empujar caja llena (3s)
Empujar lateral (3s)																		
Dejar tapa/base (3s)																		
Coger tapa/base (3s)																		
Empujar lateral (3s)																		
Espera (3s)																		
Dejar caja cartón (5s)																		
Coger caja cartón (4s)																		
Empujar caja llena (3s)																		
Empujar lateral (3s)																		
Dejar tapa/base (3s)																		
Coger tapa/base (3s)																		
Empujar lateral (3s)																		
Dejar trasera (3s)																		
Coger trasera (3s)																		
Espera (3s)																		
Empujar caja llena (3s)																		
	OPER01	OPER02																
Tiempo de ciclo	24 = 21 + 3	24 = 21 + 3																
Tasa de ocupación	87,50%	87,50%																

Figura 62. Propuesta de secuenciación para la referencia 615417

Con un tiempo de ciclo igual al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 87%, frente a la del 47% del real.

Para la referencia 615430, figura 63:

615430																		
	<table border="1"> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Coger tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar caja cartón (5s)</td></tr> <tr><td>Coger caja cartón (4s)</td></tr> </table>	Empujar lateral (3s)	Dejar tapa/base (3s)	Coger tapa/base (3s)	Empujar lateral (3s)	Espera (3s)	Dejar caja cartón (5s)	Coger caja cartón (4s)	<table border="1"> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Coger tapa/base (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar lateral (3s)</td></tr> <tr><td>Dejar trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Coger trasera (3s)</td></tr> <tr><td>Espera (3s)</td></tr> <tr><td>Empujar caja llena (3s)</td></tr> </table>	Empujar caja llena (3s)	Empujar lateral (3s)	Dejar tapa/base (3s)	Coger tapa/base (3s)	Empujar lateral (3s)	Dejar trasera (3s)	Coger trasera (3s)	Espera (3s)	Empujar caja llena (3s)
Empujar lateral (3s)																		
Dejar tapa/base (3s)																		
Coger tapa/base (3s)																		
Empujar lateral (3s)																		
Espera (3s)																		
Dejar caja cartón (5s)																		
Coger caja cartón (4s)																		
Empujar caja llena (3s)																		
Empujar lateral (3s)																		
Dejar tapa/base (3s)																		
Coger tapa/base (3s)																		
Empujar lateral (3s)																		
Dejar trasera (3s)																		
Coger trasera (3s)																		
Espera (3s)																		
Empujar caja llena (3s)																		
	OPER01	OPER02																
Tiempo de ciclo	24 = 21 + 3	24 = 21 + 3																
Tasa de ocupación	87,50%	87,50%																

Figura 63. Propuesta de secuenciación para la referencia 615430

Con un tiempo de ciclo igual al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 87%, frente a la del 47% del real.

Para la referencia 615450, figura 64:

615450			
	Operación	Tiempo (s)	
OPER01	Empujar lateral x 2	6s	
	Espera	4s	
	Dejar base	3s	
	Coger base	3s	
	Empujar lat. Int.	3s	
	Dejar trasera pegada	3s	
	Coger trasera pegada	3s	
	Dejar caja cartón	5s	
	Coger caja cartón	4s	
	Tiempo de ciclo		34 = 30 + 4
	Tasa de ocupación		88,24%
	OPER02	Empujar caja llena	3s
Empujar lateral x 2		6s	
Dejar p.Abeja		2s	
Coger p.Abeja		2s	
Dejar tapa		3s	
Coger tapa		3s	
Empujar lat. Int.		3s	
Espera		3s	
Dejar trasera		3s	
Coger trasera		3s	
Espera		3s	
Empujar caja llena		3s	
Tiempo de ciclo		34 = 28 + 6	
Tasa de ocupación		82,35%	

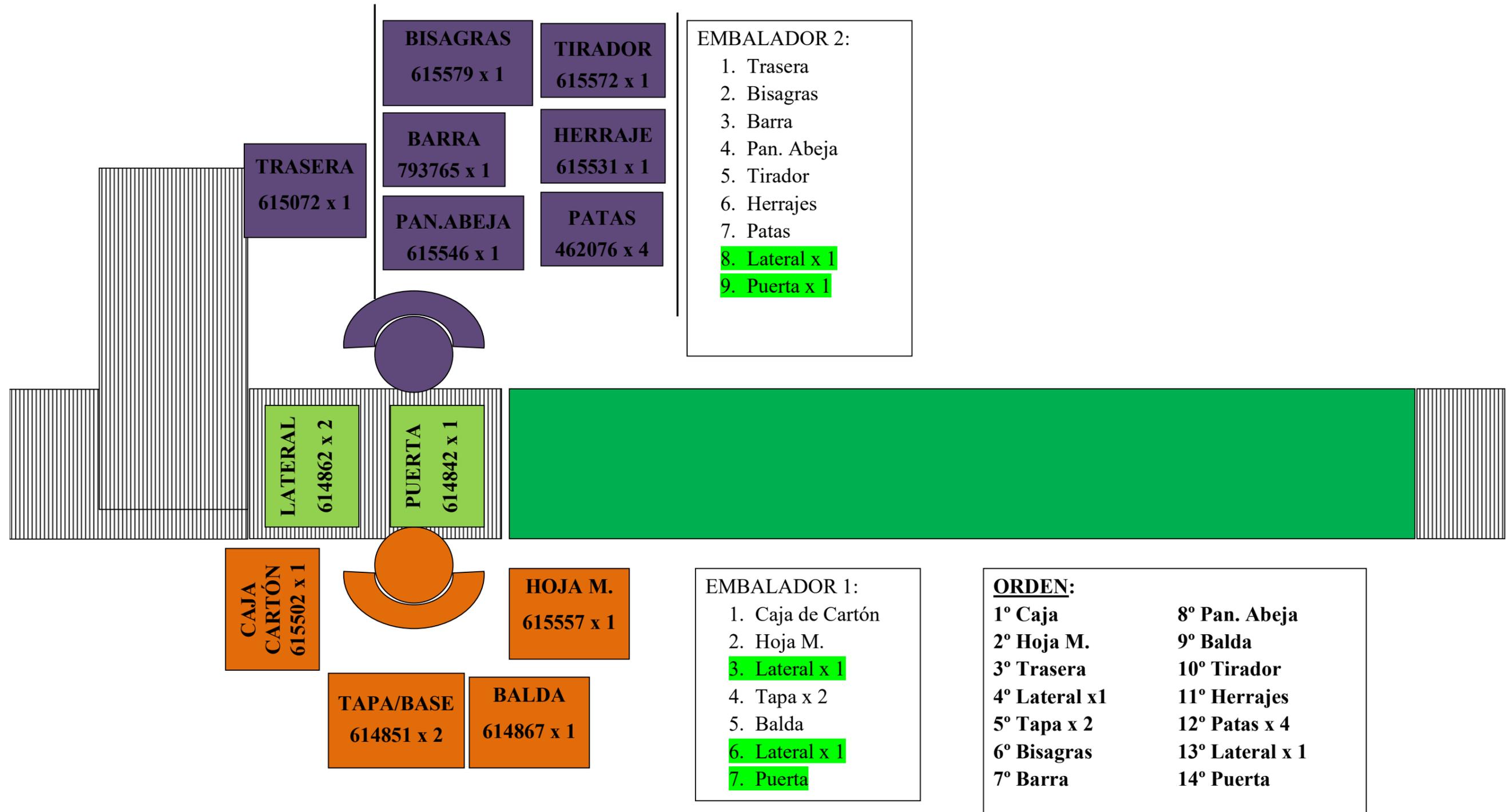
Figura 64. Propuesta de secuenciación para la referencia 615450

Con un tiempo de ciclo 3 s superior al real, no obstante, se consigue una tasa promedio de ocupación del 85%, frente a la del 49% del real.

ANEXO 6

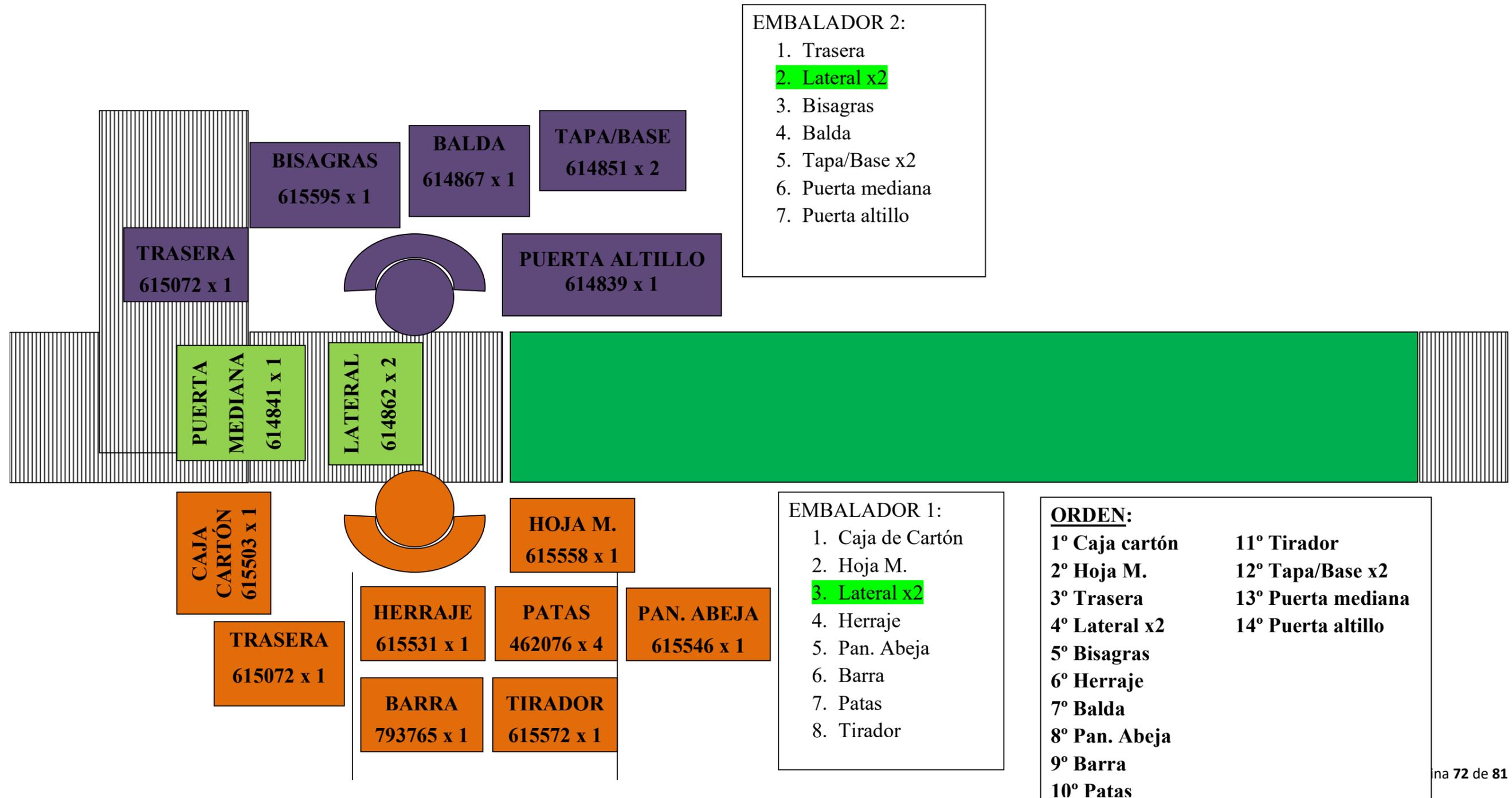
ESTÁNDAR EMBALADO – 612082 ARM ONE 1PTA ABATIBLE 200x50CM CAMBRIAN

2 EMBALADORES



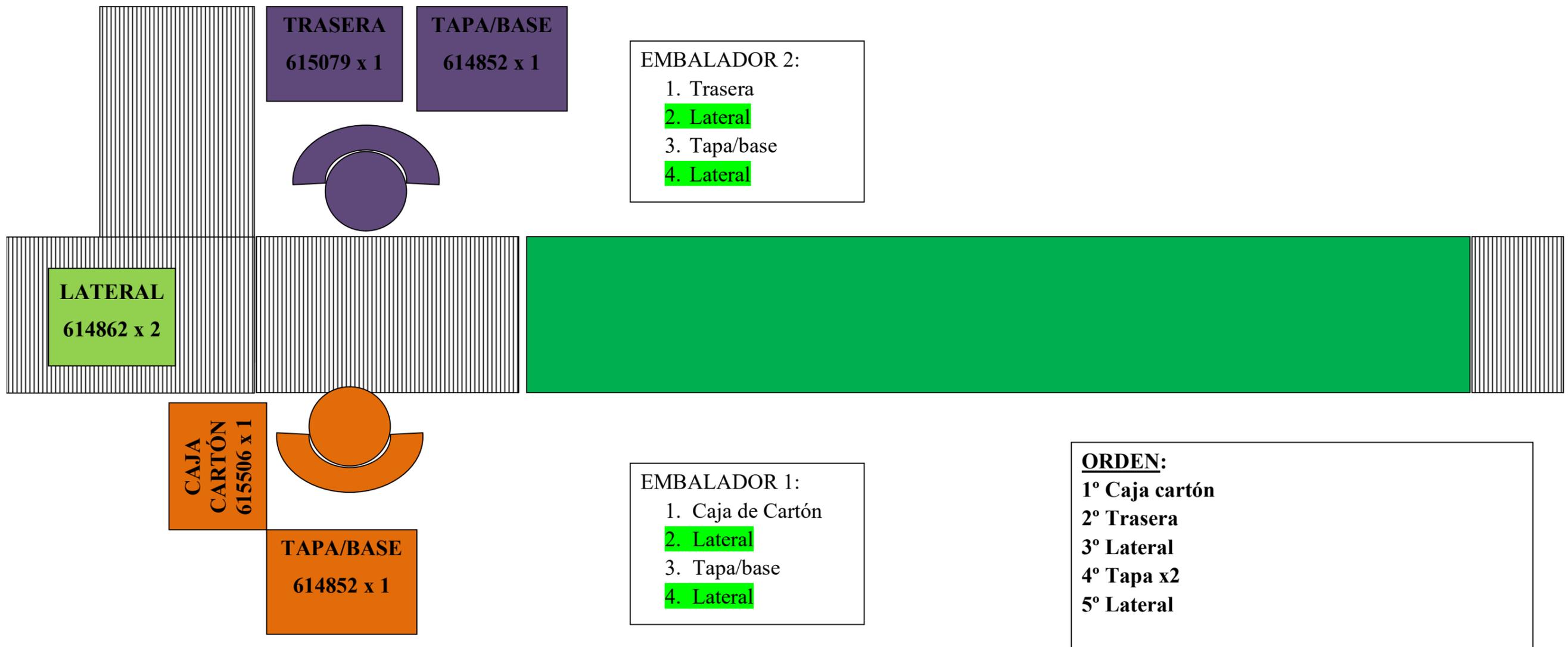
ESTÁNDAR EMBALADO – 612083 ARM ONE 1PTA ABAT Y ALT 200x50CM CAMBRIAN

2 EMBALADORES



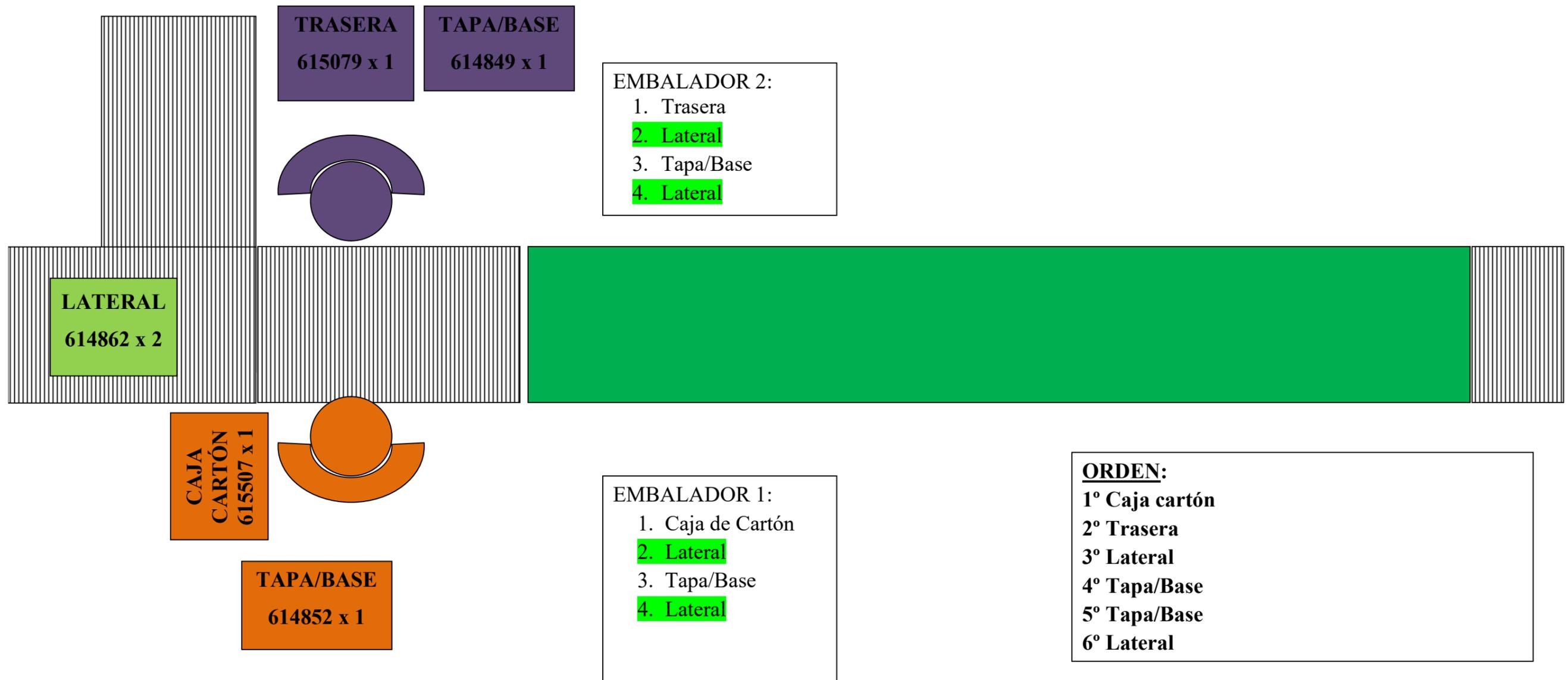
ESTÁNDAR EMBALADO – 615286 KIT ARM ONE 2PTA Y ALTILLO 200x100CM CAMBRIAN PACK 1 Tapa/Base iguales

2 EMBALADORES



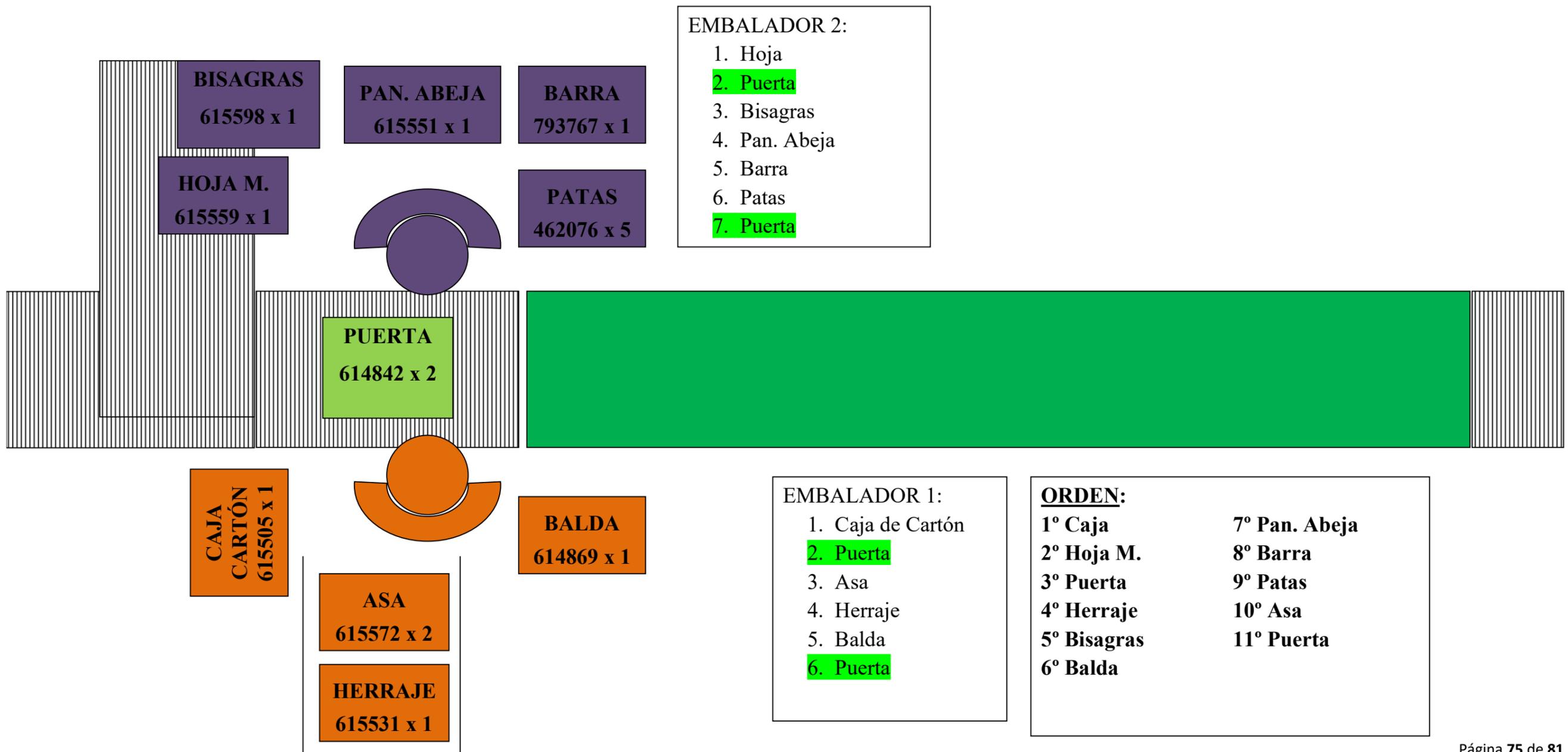
ESTÁNDAR EMBALADO – 615300 KIT ARM ONE 2PTA 2CAJ 50 200x100CM CAMBRIAN PACK1 Tapa/Base DISTINTA

2 EMBALADORES



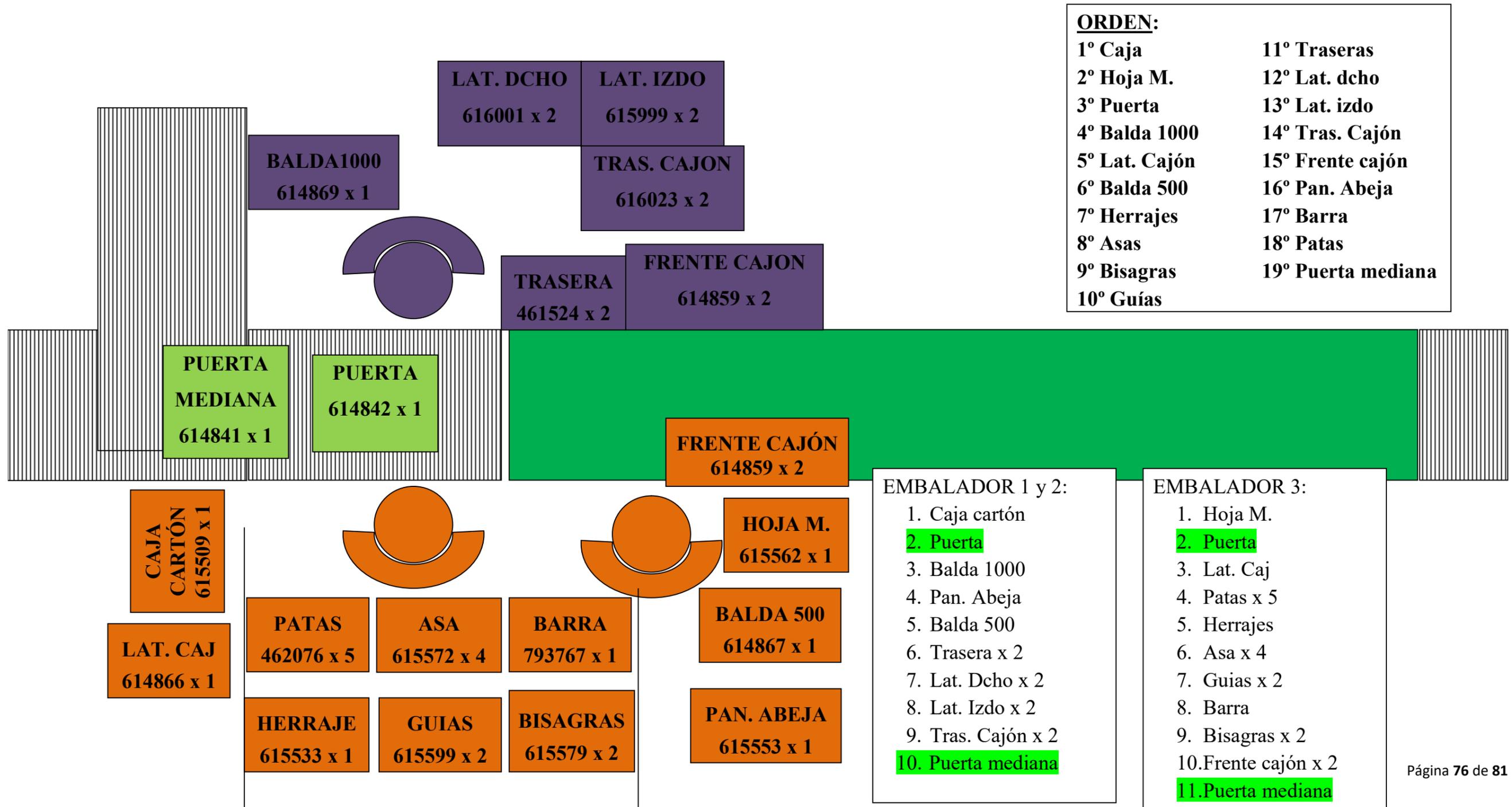
ESTÁNDAR EMBALADO – 615304 KIT ARM ONE 2PTA 2,000 1,000 CAMBRIAN PACK 2 PROPUESTA

2 EMBALADORES



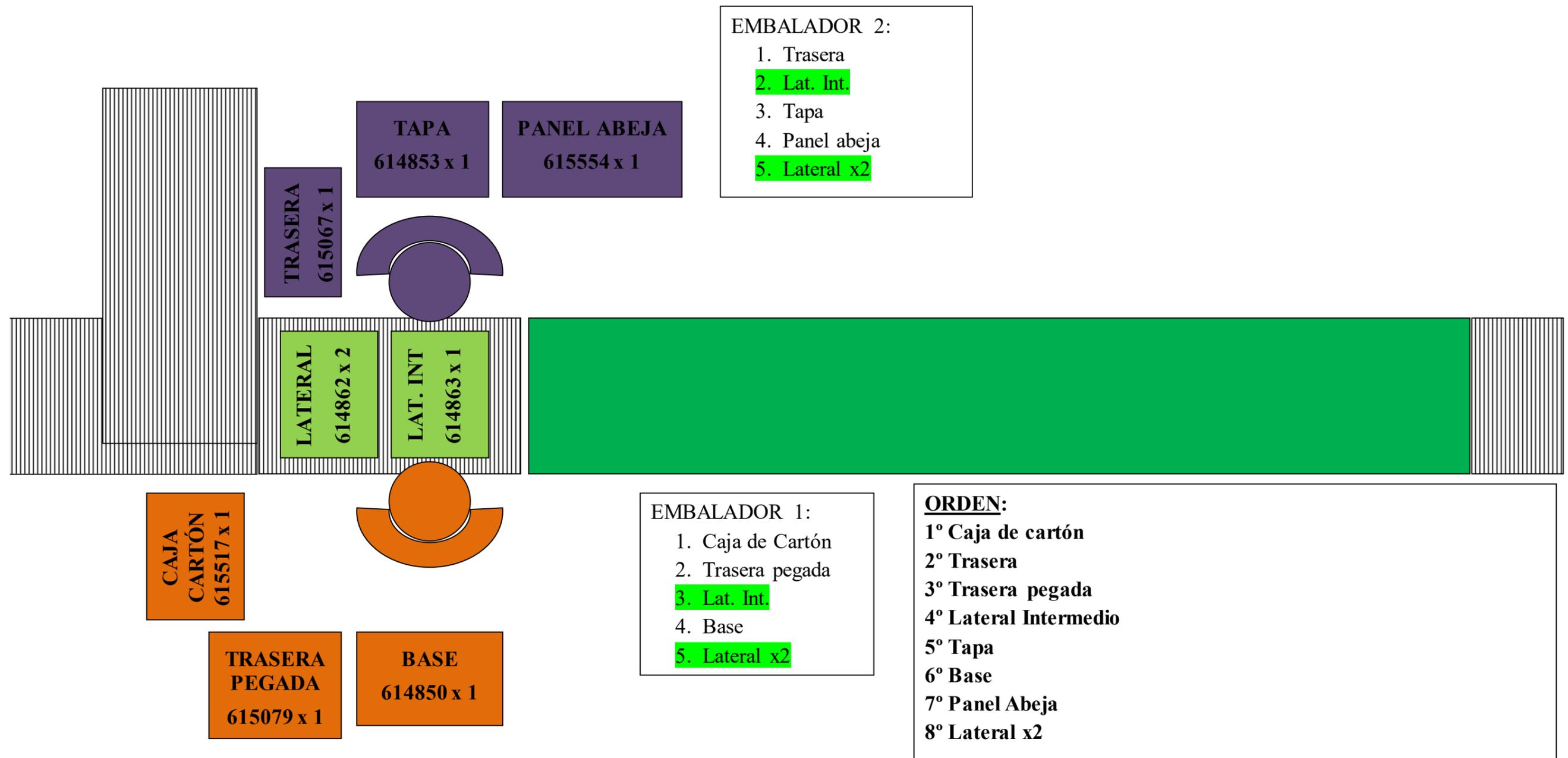
ESTÁNDAR EMBALADO – 615326 KIT ARM ONE 2PTA 2CAJ 50_ 200x100CM CAMBRIAN PACK 2 Tapa/Base DISTINTA)

3 EMBALADORES



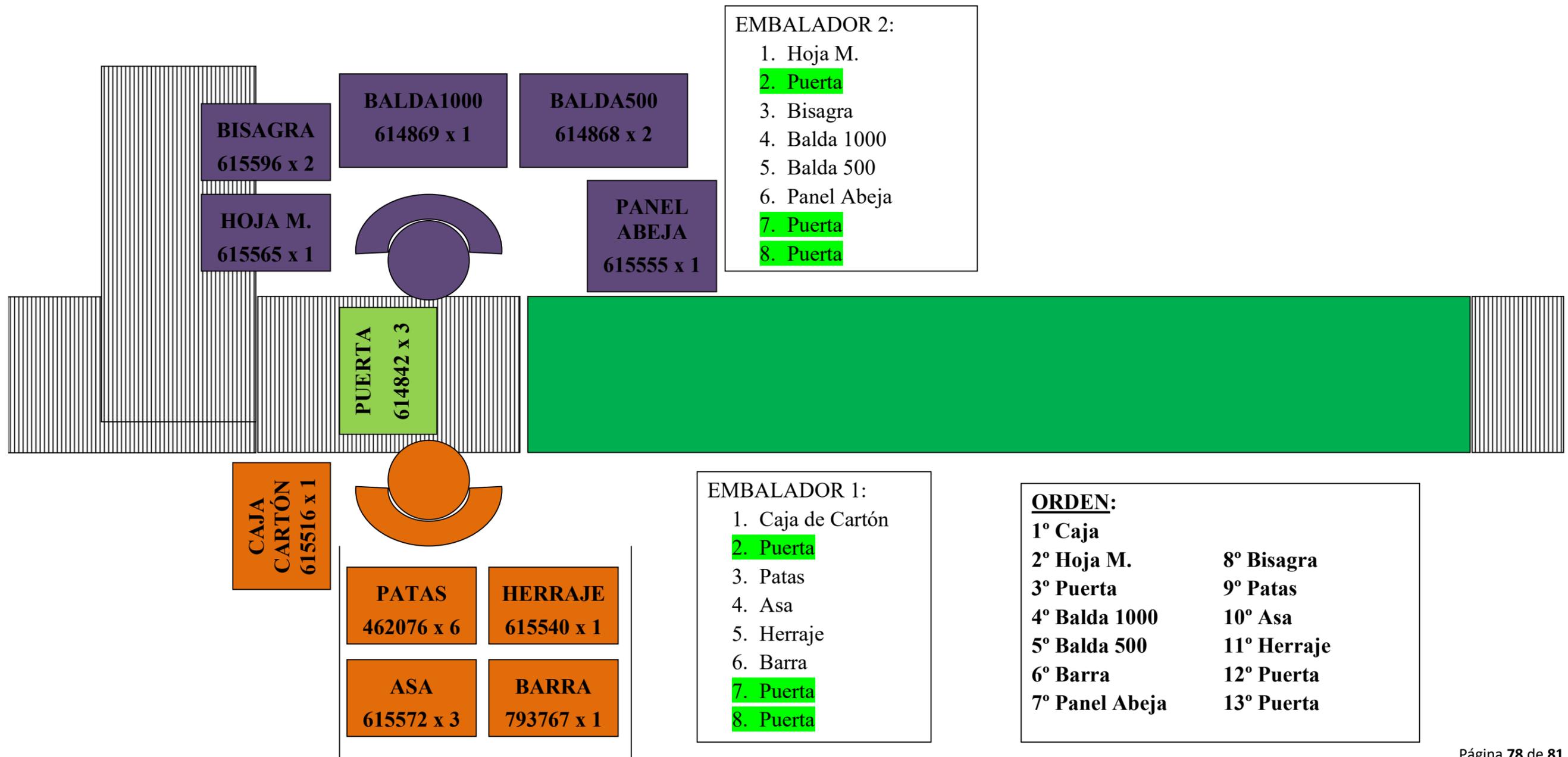
ESTÁNDAR EMBALADO – 615362 KIT ARM ONE 3P 2CAJ 2,000 1,500 CAMBRIAN PACK 1 (Tapa/Base DISTINTAS)

2 EMBALADORES



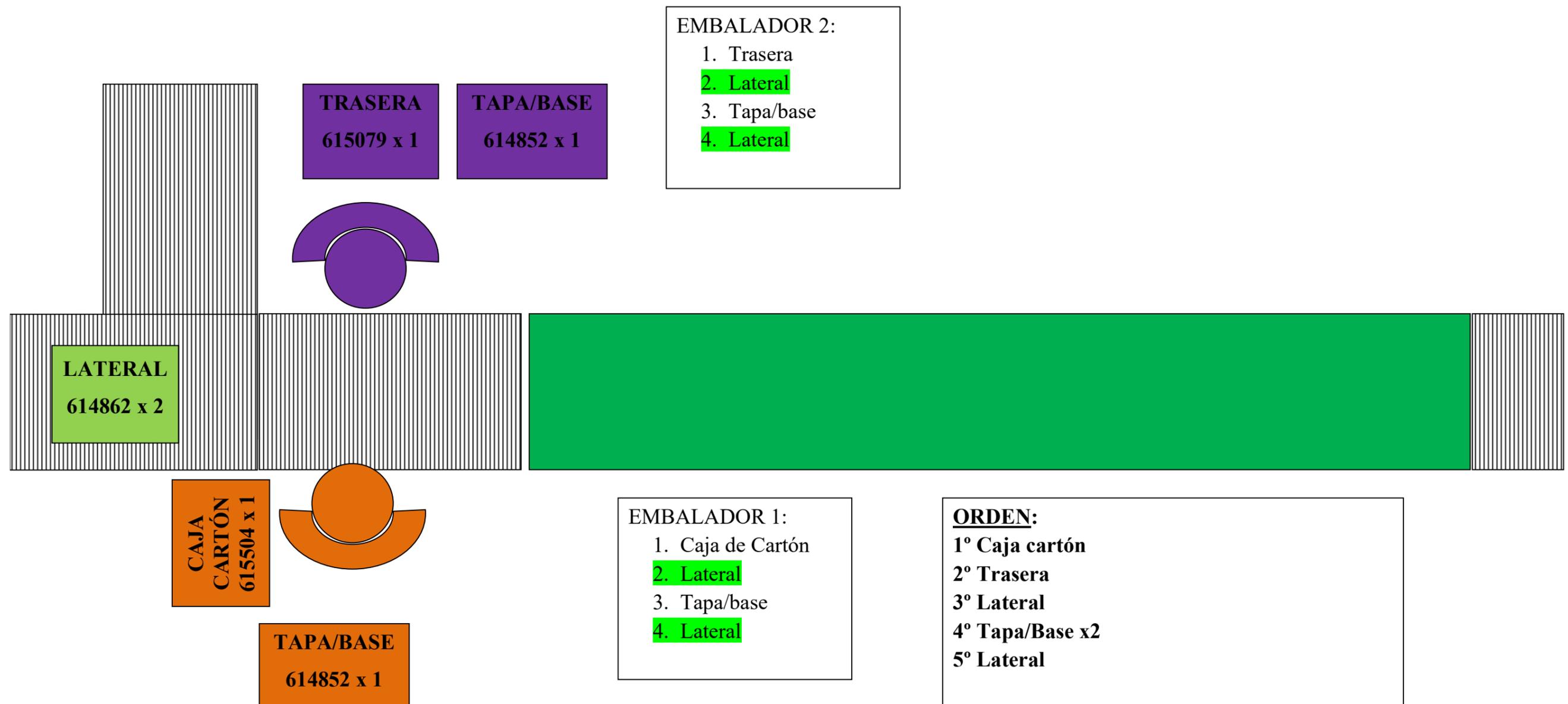
ESTÁNDAR EMBALADO – 615376 KIT ARM ONE 3P_ 2,000 1,500 CAMBRIAN PACK 2

2 EMBALADORES



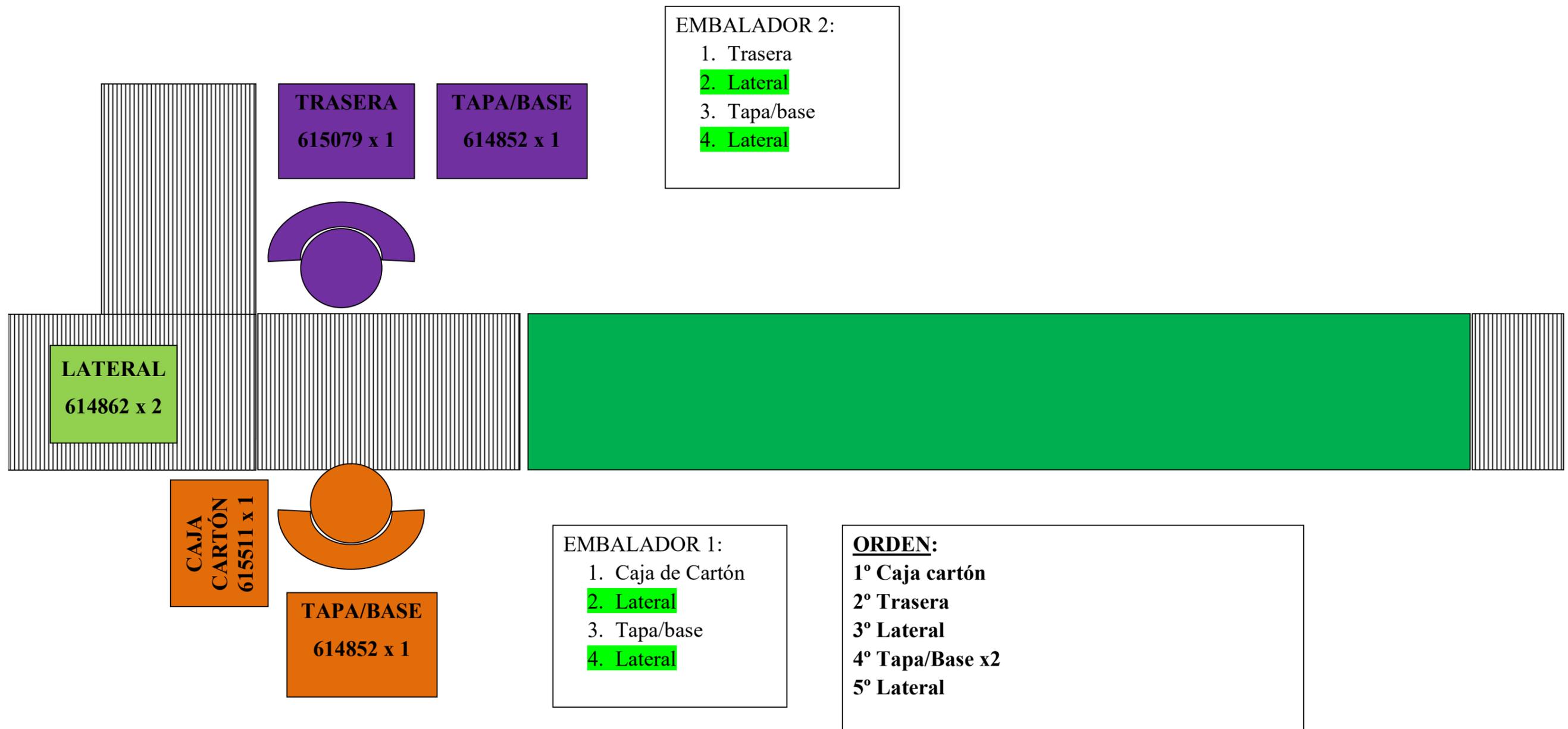
ESTÁNDAR EMBALADO – 615417 KIT ARM ONE 2PTA 200x100CM CAMBRIAN PACK 1 Tapa/Base iguales

2 EMBALADORES



ESTÁNDAR EMBALADO – 615430 KIT ARM ONE 2PTA 2CAJ 100_200x100CM CAMBRIAN PACK 1 Tapa/Base iguales)

2 EMBALADORES



ESTÁNDAR EMBALADO – 615450 KIT ARM ONE 3P_2,000 1,500 CAMBRIAN PACK 1 (Tapa/Base DISTINTAS)

2 EMBALADORES

