

Trabajo Fin de Grado
Grado de Ingeniería en Organización Industrial

**Mejora de la efectividad de unas
instalaciones de conservas de pescado
mediante la reducción de microparadas**

Autor: Juan Vázquez Clavero

Tutor: Pedro Moreu de León

Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, Junio 2019



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Mejora de la efectividad de unas instalaciones de conservas de pescado mediante la reducción de microparadas

Autor:

Juan Vázquez Clavero

Tutor:

Pedro Moreu de León

Dep. De Organización Industrial y Gestión de Empresas I.

Sevilla, Junio de 2019

*A mi familia
A mis profesores
A todo el personal
y directiva de USISA*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN, OBJETO Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO	10
1.1. Introducción.....	10
1.2. Objeto y alcance del trabajo	10
1.3. Resumen y estructura del trabajo.....	10
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	11
2.1. Actividad de la empresa y sus productos.....	11
2.2. Tamaño de la empresa. Número de empleados	12
2.3. Organigrama de la empresa	13
2.4. Ubicación y sedes de la empresa.....	14
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	15
3.1. Plan para obtener la información.....	15
3.2. Descripción del proceso de la línea caballa-melva	15
3.3. Parte del proceso de la línea caballa-melva objeto del estudio.....	17
3.4. Descripción del proceso de la línea de atún	21
4. METODOLOGÍA APLICADA A LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA: TPM.....	28
4.1. Introducción a TPM	28
4.2. La mejora del rendimiento del equipo.....	30
5. CASOS DE APLICACIÓN: ESTUDIO Y PROPUESTAS PARA ELIMINACIÓN DE MICROPARADAS.....	31
5.1. Pasos de la metodología.	31
5.2. Caso 1: Línea caballa/melva.	32
5.3. Caso 2: Línea atún. Parte 1: Proceso de empaclado y cierre	39
5.4. Caso 3: Línea atún. Parte 2: Proceso de envasado.....	44
6. ANEXO	52
7. BIBLIOGRAFÍA.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de USISA. Fuente: elaboración propia	13
Figura 2.Fábrica de USISA. Fuente: https://www.usisa.com/	14
Figura 3.Localización de USISA. Fuente: Google Maps.....	14
Figura 4. Situación de las máquinas en la línea caballa-melva .Fuente: Elaboración propia	18
Figura 5. Imagen en planta del volteador de carros. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 6. Imagen en planta de la línea de alineado de envases. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 7. Imagen en planta de la lavadora secadora lineal. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 8. Imagen en planta de la estuchadora 1/4 club. Fuente: Elaboración propia. .	21
Figura 9. Imagen en planta del apilador y la encajonadora Wrap-Around. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 10. Situación de las máquinas en la línea de atún (empacado y cerrado). Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 11. Imagen en planta de la empacadora de atún. Fuente: elaboración propia.	23
Figura 12.imagen en planta de la máquina dosificadora de cobertura y máquina cerradora de latas. Fuente: Elaboración propia.....	23
Figura 13.Situación de las máquinas en la línea de atún (envasado).Fuente: Elaboración propia.....	24
Figura 14.Apilador tripack Estuches MA-383/54. Fuente: Elaboración propia.....	25
Figura 15. Apilador tripack Estuches MA-383/54 y encajonadora DEDIME DED-15. Fuente: Elaboración propia.....	25
Figura 16.Diagrama proceso de obtención/elaboración de la mojama. Fuente: elaboración propia	26
Figura 17.Cuadro de tiempos de producción según el TPM. Fuente: Crespo, Moreu y Sánchez, “Ingeniería de mantenimiento.....	30
Figura 18. Medida de la eficacia global de un equipo de fabricación. Fuente: Libro Ingeniería de mantenimiento.....	31
Figura 19. Situación de las máquinas en la línea caballa/melva delimitada por el tramo A-B. Fuente: Elaboración propia.....	32
Figura 20. Gráfico de Pareto de la línea caballa/melva. Fuente: Elaboración propia...	34
Figura 21. Imagen del sinfín. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 22. Imagen de la impresora, enmarcada en blanco y azul. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 23. Imagen de la encajonadora Wrap-Around en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 24. Imagen de parte de la estuchadora 1/4 club donde vemos la alimentación de estuches. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 25. Datos de microparadas de la línea caballa/melva. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 26.Situación de las máquinas en la línea atún (empacado y cierre) delimitada por los tramos A-B, C-D. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 27. Gráfico de Pareto de la línea atún (empacado y cierre). Fuente: Elaboración propia	41
Figura 28.Imagen de la empacadora de atún en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 29. Imagen de la empacadora de atún en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 30. Situación de las máquinas en la línea atún (envasado) delimitada por los tramos A-B, C-D. Fuente: Elaboración propia	44
Figura 31. Gráfico de Pareto de la línea atún (envasado). Fuente: Elaboración propia	

.....	45
Figura 32. Alimentación del cartón de la encajonadora de packs de 3. Fuente: Elaboración propia.....	46
Figura 33. Punto crítico donde se produce el atasco del apilador (Tramo A-B figura 31). Fuente: Elaboración propia.....	47
Figura 34. Puntos críticos X, Y en el tramo antes del apilador de pack de 3. Fuente: Elaboración propia.....	48
Figura 35. Punto crítico X donde vemos que se produce el cambio de posición no deseado. Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 36. Punto crítico Y donde se produce el cambio de posición no deseado. Fuente: Elaboración Propia.....	50
Figura 37. Esquema de la solución planteada para la reducción de microparos en el apilador y encajonadora. Fuente: Elaboración propia.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presentaciones de los pescados en conservas de USISA	12
---------------------------------------------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN, OBJETO Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO

1.1. Introducción

Dada la competitividad del mercado es necesario eliminar las incertidumbres que se producen en el proceso productivo que ocasionan pérdidas de la efectividad global de la maquinaria (OEE). Estas pérdidas son debidas a averías, cambios de formato de las máquinas de producción, pequeñas paradas o microparadas, productos defectuosos que originan la necesidad de reproceso o incluso de pérdidas de producto, etc.

La mejora de la efectividad de las instalaciones (OEE: Overall Equipment Effectiveness) es uno de los pilares de TPM. Generalmente las paradas por avería, al ser muy notorias, suelen estar bien estudiadas, de tal manera que mediante técnicas de mantenimiento preventivo o correctivo se logran minimizar. Sin embargo, las paradas menores o microparadas al ser de duraciones individuales muy pequeñas (inferiores a un minuto cada una de ellas), no son tan tenidas en cuenta, ya que además sus causas suelen ser difíciles de conocer. No obstante lo anterior, el cómputo total de pérdidas por pequeñas paradas no suele ser nada despreciable, contribuyendo, junto con las pérdidas por velocidad reducida de la instalación, a la tasa de rendimiento, que penaliza la citada OEE.

Es por tanto muy importante la valoración de las pérdidas por paradas menores estudiando aquellas que producen una mayor incidencia para buscar sus causas y tomar medidas para su eliminación.

El presente trabajo es un proyecto real desarrollado por el alumno que suscribe con motivo de una práctica realizada durante dos periodos de dos meses de duración cada uno.

1.2. Objeto y alcance del trabajo

De acuerdo con los comentarios que se han hecho en el punto anterior, el presente Trabajo Fin de Grado tiene por objeto la medición, valoración, estudio y búsqueda de soluciones para reducción de las microparadas existentes en unas instalaciones de envasado de pescado en conserva con la finalidad de mejorar su efectividad.

No forma parte del presente trabajo la implantación de las soluciones propuestas.

1.3. Resumen y estructura del trabajo

El presente trabajo se articula en seis grandes apartados o capítulos y se completa con un apartado de reseñas bibliográficas, al final del documento.

En el primer capítulo (Introducción, objeto y estructura del trabajo), en el que se encuentran estas líneas, se caracteriza el trabajo y su objeto. A continuación se describe la empresa en la que se ha desarrollado el proyecto y sus productos.

Los capítulos principales son el capítulo 3, en el que se estudian y describen los procesos industriales y, sobre todo, el capítulo 5, que junto con el capítulo 6 (Anexo), constituye el núcleo central del trabajo, ya que en ellos se estudian y dan solución a los problemas de pérdidas de rendimiento ocasionados por las microparadas. En dicho capítulo 6 se han recogido los datos del trabajo de campo y cálculos básicos que permiten presentar los resultados del estudio y soluciones contenidos en el capítulo 5 ya citado.

En el capítulo 4 se ha presentado una introducción a la metodología TPM, en uno de cuyos pilares (mejora de la efectividad de las instalaciones) se encuadra el presente trabajo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1. Actividad de la empresa y sus productos

Unión Salazonera Isleña, S.A. (USISA) es una empresa industrial andaluza dedicada a la elaboración de conservas de pescado y salazones.

USISA procesa anualmente 12.000 toneladas de pescado capturado en el litoral onubense por la flota artesanal de la zona. Si bien, se mantiene contacto con todas las demás lonjas de pescado, cubriendo así los excedentes. Este hecho, junto al cuidado proceso de manipulación de materias primas que se lleva a cabo, consigue que **USISA** pueda ofrecer en sus productos la máxima garantía de frescura, sabor y valores nutricionales íntegros. Y es que esta compañía se preocupa por el pleno control de la trazabilidad y por la elaboración completamente natural de sus conservas con una total ausencia de productos químicos.

En **USISA** la producción continúa siendo artesanal, siendo fieles a una tradición centenaria. Día a día los trabajadores pelan el pescado y extraen con mimo los filetes de forma manual para, posteriormente, ir introduciéndolos en las latas. Por este motivo, los trabajadores se convierten en los principales protagonistas de la actividad, siendo el verdadero capital humano de la compañía. Mención aparte merecen las materias primas de calidad que son empleadas. Su valor más destacable es que se trata de un producto de campaña. El pescado aporta así sus mayores valores nutricionales y tan sólo se le añade aceite de oliva (o girasol) y sal marina. En ningún momento del proceso de elaboración tienen cabida los conservantes ni los aditivos.

USISA presenta seis líneas de productos:

- Filetes de caballas
- Atún
- Filete de melva
- Sardinias
- Sardinillas
- Salazones

Cada uno de estos productos, excepto los salazones, se presentan en varios formatos atendiendo al peso demandado por el consumidor. Estos se detallan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Todos estos productos están fabricados partiendo de pescado cocido con un pelado manual sin conservantes ni colorantes. Dependiendo del tipo de mercado, al pescado cocido y pelado se le añade aceite de oliva (aceite refinado con un 3% de virgen extra), aceite de girasol refinado(con una acidez inferior al 0,2%) o salsa de tomate (utilizado exclusivamente en rr125 filete de caballa, rr125 sardina y rr80 atún).

Producto	Código	Formato	Peso	Observaciones
Filetes de caballa	rr90	rectangular	90 gr	fácil apertura estuchado
	rr125	rectangular	125 gr	fácil apertura estuchado
	rr230	rectangular	230 gr	fácil apertura estuchado
	ro1000	redondo	1000 gr	Litografiada
	ro1800	redondo	1800 gr	Litografiada
Atún	ro80	redondo	80 gr	fácil apertura y estuchados en agrupaciones de tres latas
	ol120	ovalada	120 gr	fácil apertura estuchado
	ro1000	redonda	1000 gr	Litografiada
Filete de melva	rr125	rectangular	125 gr	fácil apertura estuchado
	rr230	rectangular	230 gr	fácil apertura estuchado
	ro1000	redonda	1000 gr	Litografiada
Sardinias y sardinillas	rr90	rectangular	90 gr	fácil apertura estuchado
	rr125	rectangular	125 gr	fácil apertura estuchado

Tabla 1. Presentaciones de los pescados en conservas de USISA

Todos los productos en conservas de pescado son sometidos, al final de su proceso, a una etapa de esterilización, implicando caducidades superiores a 5 años.

Los salazones son llamados así ya que utilizan la sal como conservante natural. Se tienen los siguientes casos:

- **Sardinias prensadas:** conocidas comúnmente como arenques o “sardinias embarrica”. El pescado se deposita en cubas con agua y sal durante unos 20 días. Una vez maduras se colocan en unos cascotes de madera y posteriormente se prensan (para quitar restos de agua al pescado).
- **Mojama de atún:** De cada atún se extraen 4 lomos. Este producto se mantiene en sal durante 3 días y una vez lavado se colocan en túneles de secado. Una vez terminado el producto se colocan en bolsas al vacío.

Para estos productos, al no estar esterilizados, su caducidad oscila sobre 4 meses.

En cuanto a los clientes potenciales podemos decir que son:

- El Corte Inglés
- Carrefour
- Grupo IFA
- Lidl
- Día
- Mercado italiano (15%)

2.2. Tamaño de la empresa. Número de empleados

El número de trabajadores es de 246 fijos más 86 trabajadores contratados durante la campaña. Por lo tanto, se puede clasificar como una mediana empresa (<250) ya que los trabajadores contratados en campaña se excluyen para esta clasificación.

2.3. Organigrama de la empresa

El organigrama de **USISA** se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. Se puede observar que está estructurada por departamentos.

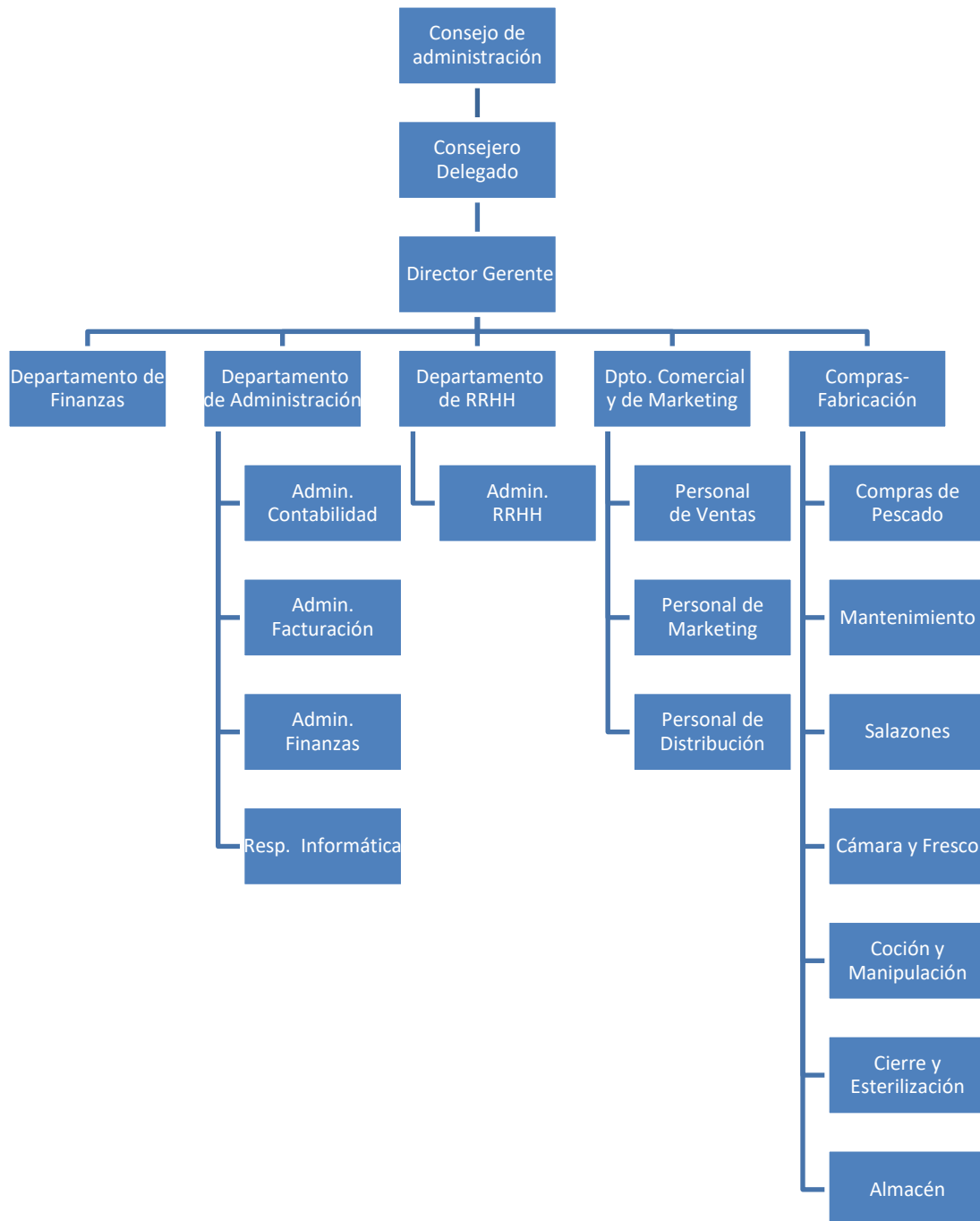


Figura 1. Organigrama de USISA. Fuente: elaboración propia

Esta empresa tiene subcontratado el transporte a otra empresa.

2.4. Ubicación y sedes de la empresa

La superficie se extiende a 15.000 metros cuadrados de nave más 15.000 metros cuadrados para muelles de carga, descarga y zonas anexas. También cuenta con zona de aparcamientos.

Todo ello hace un total de 80.000 metros cuadrados. Estas instalaciones se localizan en el Polígono Industrial “La Dehesa”, situado en el término municipal de Isla Cristina. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra una fotografía de la entrada a la fábrica de Usisa. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la localización en el mapa.



Figura 2.Fábrica de USISA. Fuente: <https://www.usisa.com/>



Figura 3.Localización de USISA. Fuente: Google Maps

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En primer lugar ha sido necesario seguir un método para obtener la información que ha permitido finalmente mostrar el proceso industrial. En el punto que sigue se presenta este método.

3.1. Plan para obtener la información

Este estudio se realizó durante un periodo de prácticas en **USISA** por el alumno que suscribe. Tras varias semanas de entrevistas a los encargados de las distintas zonas, varias auditorias y mediante visión ocular, se decidió que el estudio se iba a centrar en 2 líneas de producción, la línea de caballa-melva (formato ¼ club) y la línea de atún (formato ro 80).

Para los datos que faltaban, se concertó una entrevista en persona (cita con el director en la fábrica). Para esta entrevista seguimos una estrategia Forward-Backward (empezar por el principio), en la que le realizamos al director de la empresa las siguientes preguntas:

- ¿Cómo está organizada la empresa? Organigrama
- ¿Quiénes son vuestros proveedores?
- ¿Quiénes son vuestros principales clientes?
- ¿Cuál es vuestra competencia?
- ¿Cuánto factura USISA al año?
- ¿Cuál es el proceso Core del negocio?
- ¿Cuáles son vuestras actividades críticas?
- ¿Tienen cuellos de botella? ¿Cuáles son?
- ¿Cómo se organiza la producción?
- Maquinaria: ¿Tipo y que funciones tienen?
- Tiempos de espera para algunos procesos
- ¿Cuáles son los desechos de la empresa?

3.2. Descripción del proceso de la línea caballa-melva

La fábrica en la que se realiza este proyecto está formada por tres líneas diferentes: Caballa-melva, atún y sardina-sardinillas. El proyecto está referido a dos de las líneas de latas, concretamente la línea caballa-melva y la línea de atún, sobre las cuales se están llevando a cabo las primeras medidas de la metodología TPM.

A continuación se describe el proceso completo de la línea caballa-melva:

Pre-procesar el pescado

DESCABEZAR EL PESCADO

Se introduce el pescado en una tolva y este va cayendo en una cinta transportadora. A cada lado de la máquina descabezadora se encuentran 3 operarios que van colocando el pescado en otra cinta transportadora y posteriormente la máquina corta la cabeza de cada pescado. El pescado va cayendo en unas cajas de plástico y los desechos (cabezas) van a una tolva que los dirige a una sala.

METER EL PESCADO EN CAJAS

Como hemos mencionado anteriormente, el pescado que sale de la descabezadora se introduce en cajas de plástico.

METER LAS CAJAS EN CARRO DE ACERO

Varios operarios introducen las cajas llenas de pescado en un carro de acero inoxidable para su cocción.

COCER EL PESCADO

Se introduce el carro con el pescado en unas balsinas de cocción con agua y sal. Una vez que el pescado está cocido tiene que reposar 24 horas para empezar el pelado.

Pelar y estibar el pescado

PELAR EL PESCADO

Manualmente se procede a pelar el pescado.

CORTAR EL PESCADO EN 2 FILETES

Se corta el pescado por la mitad, quedando 2 filetes.

ESTIBAR LOS FILETES DE PESCADO

Los operarios introducen los filetes ya pelados dentro de las latas manualmente.

PESAR LATAS

Se comprueba si el peso de cada lata con el pescado es adecuado, si el peso no es el adecuado se estibarían de nuevo los filetes de pescado.

Cerrar lata

DOSIFICAR COBERTURA

De manera automática se vierte la cobertura (aceite de oliva, aceite de girasol, salmuera...) dentro de la lata.

CERRAR LATA

Se va colocando una tapa por cada lata que es enrollada con el material del cuerpo de la lata de manera mecánica, quedando el producto totalmente hermético. Al final de la máquina, las latas van cayendo en un carro, por lo que algunas latas pueden sufrir daños y serían latas defectuosas que no continúan el proceso.

Esterilizar lata

Se introducen 4 carros llenos de latas cerradas en el interior de una autoclave, esto consiste en someter los productos a una determinada temperatura (116°C) durante 1 o 2 horas dependiendo del producto. Existe una contrapresión para evitar el deforme de los envases (latas).

Envasar lata

VOLTEAR LATAS

Las latas llegan mediante un carro que es empujado por un operario, una vez que las latas ya

han sido esterilizadas en las autoclaves. Un volteador hidráulico gira el carro por completo dejando caer las latas en una tolva y a su vez depositándose estas en una cinta transportadora.

LAVAR LATAS

Las latas van llegando a la lavadora a través de una cinta transportadora. Estas entran en una especie de túnel de lavado en el cual se les aplica agua a alta temperatura y presión para así eliminar cualquier resto de suciedad que haya podido adquirir durante el proceso.

ESTUCHAR LATAS

Situar en cangilones

Una vez que las latas han sido lavadas continúan por la cinta transportadora y van situándose en unos cangilones individuales (pequeños huecos donde se introducen las latas).

Colocar estuche

Tras situar las latas en los cangilones, de manera automática se les coloca un estuche (cartón individual de cada lata).

Aplicar cola

Se aplica cola de manera automática en las pestañas de cierre de los estuches.

Cerrar estuches

Conforme van avanzando los estuches con las latas dentro, de manera mecánica se van cerrando los estuches con la cola aplicada anteriormente.

ENCAJONAR LATAS

Las latas van pasando por un apilador que va agrupándolas en lotes de 30 unidades. Después una máquina introduce un cartón por debajo de las latas y las envuelve en una caja expositora lista para su posterior comercialización. Al finalizar este proceso se genera el parte de producción diaria.

3.3. Parte del proceso de la línea caballa-melva objeto del estudio

A continuación vemos la distribución de las máquinas de la línea caballa-melva, una vez se ha llevado a cabo el proceso de la esterilización, obviándose así todo el proceso anterior ya que no era objeto de este estudio.

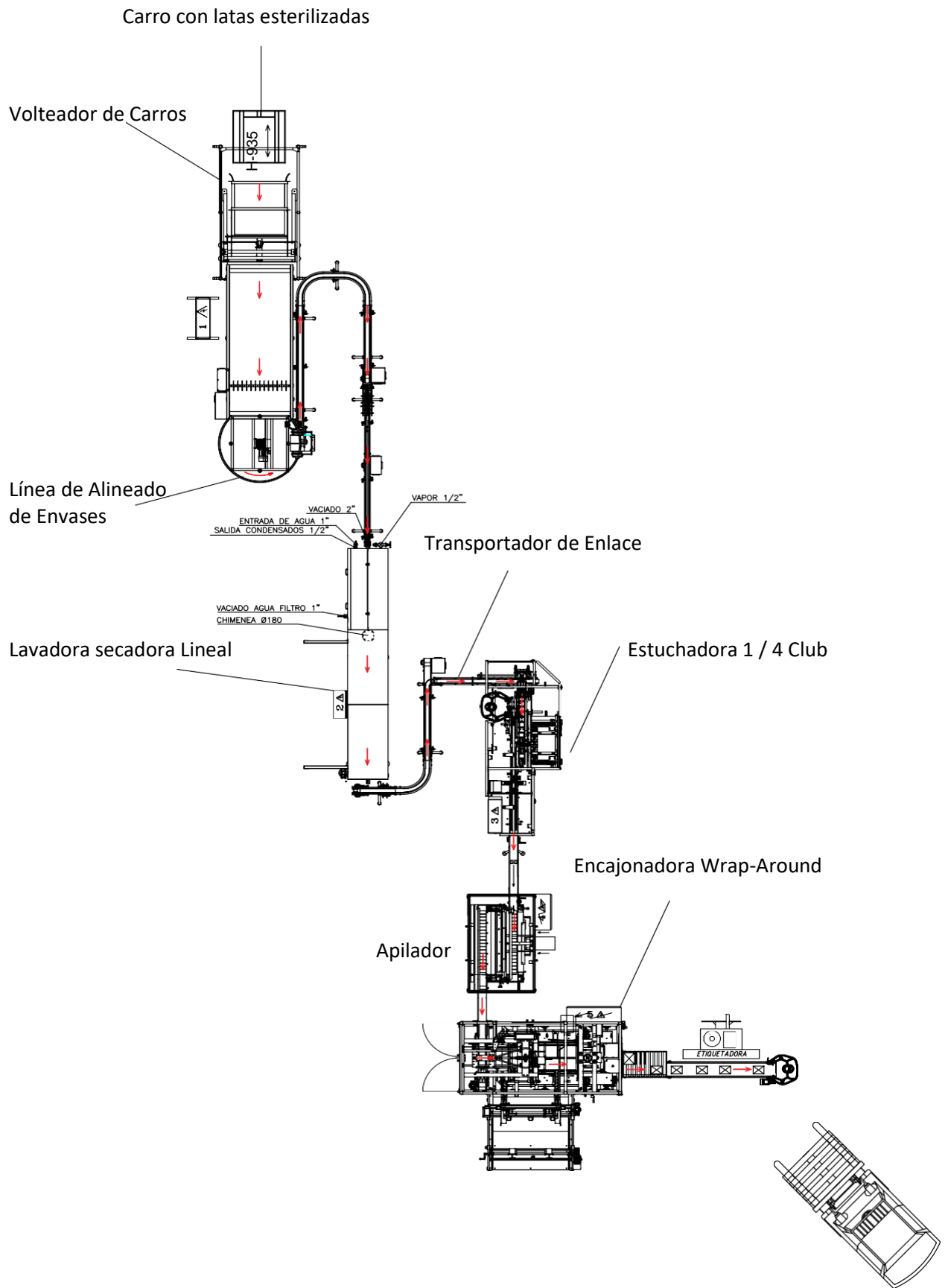


Figura 4. Situación de las máquinas en la línea caballa-melva .Fuente: Elaboración propia

En las fotografías adjuntas se muestran las distintas máquinas que integran la línea del esquema de la figura 4.



Figura 5. Imagen en planta del volteador de carros. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Imagen en planta de la línea de alineado de envases. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Imagen en planta de la lavadora secadora lineal. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Imagen en planta de la estuchadora 1/4 club. Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Imagen en planta del apilador y la encajonadora Wrap-Around. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Descripción del proceso de la línea de atún

Para esta línea, se han diferenciado dos partes del proceso. La primera parte está formada por el proceso de empaquetado y cierre. Las máquinas que corresponden a esta parte del proceso son la empacadora, dosificadora de cobertura (aceitadoras) y cerradora.

A continuación se muestra un esquema de la distribución de esta parte del proceso.

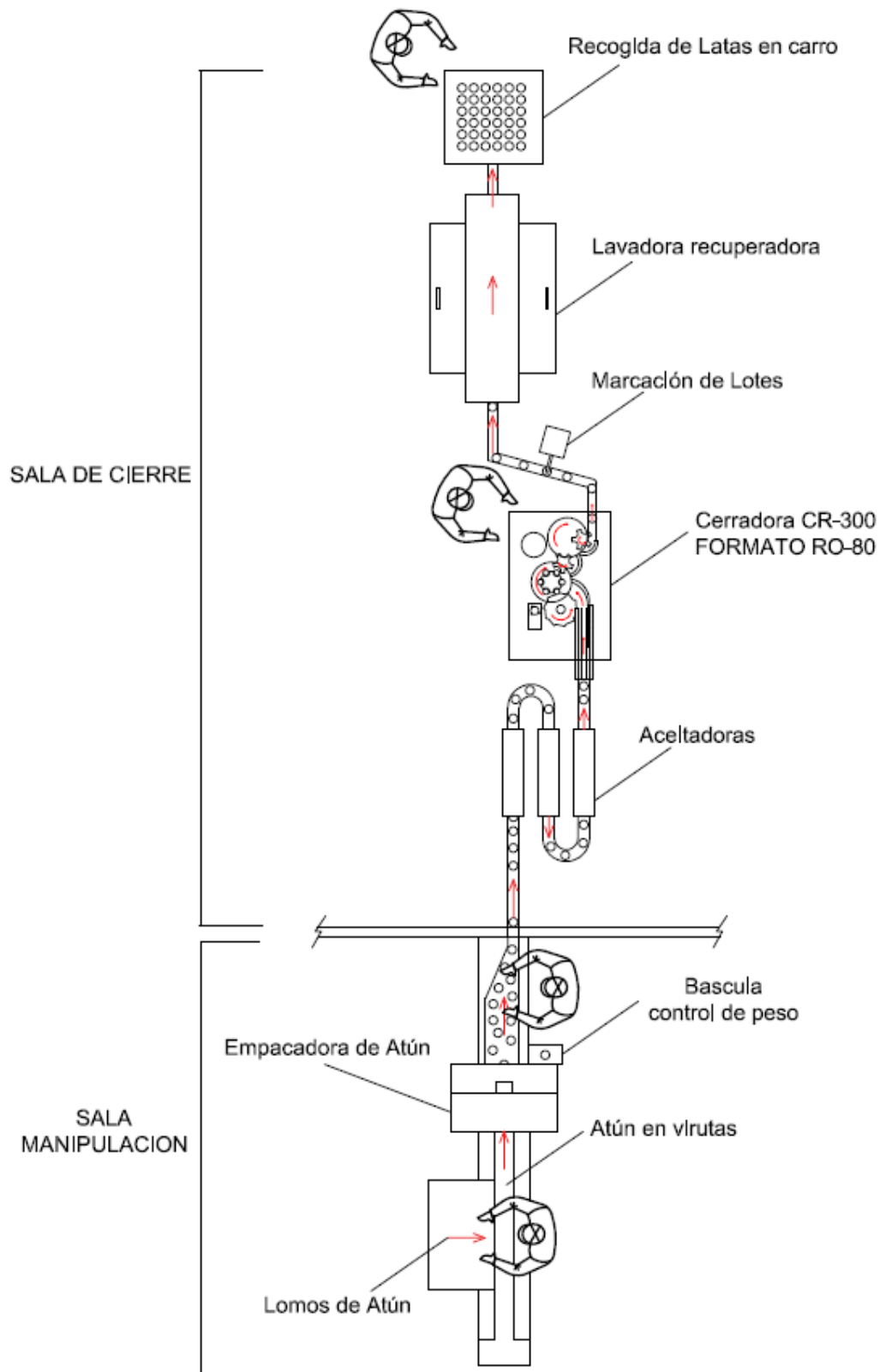


Figura 10. Situación de las máquinas en la línea de atún (empacado y cerrado). Fuente: Elaboración propia.

En las fotografías adjuntas se muestran las distintas máquinas que integran la línea del esquema de la figura 10



Figura 11. Imagen en planta de la empacadora de atún. Fuente: elaboración propia.



Figura 12. imagen en planta de la máquina dosificadora de cobertura y máquina cerradora de latas. Fuente: Elaboración propia.

La segunda parte está formada por el proceso de envasado. Las máquinas comprendidas en esta parte del proceso son la estuchadora tripack (latas en formato ro 80), el apilador tripack y la encajonadora. A continuación se muestra un esquema de la distribución de esta parte del proceso.

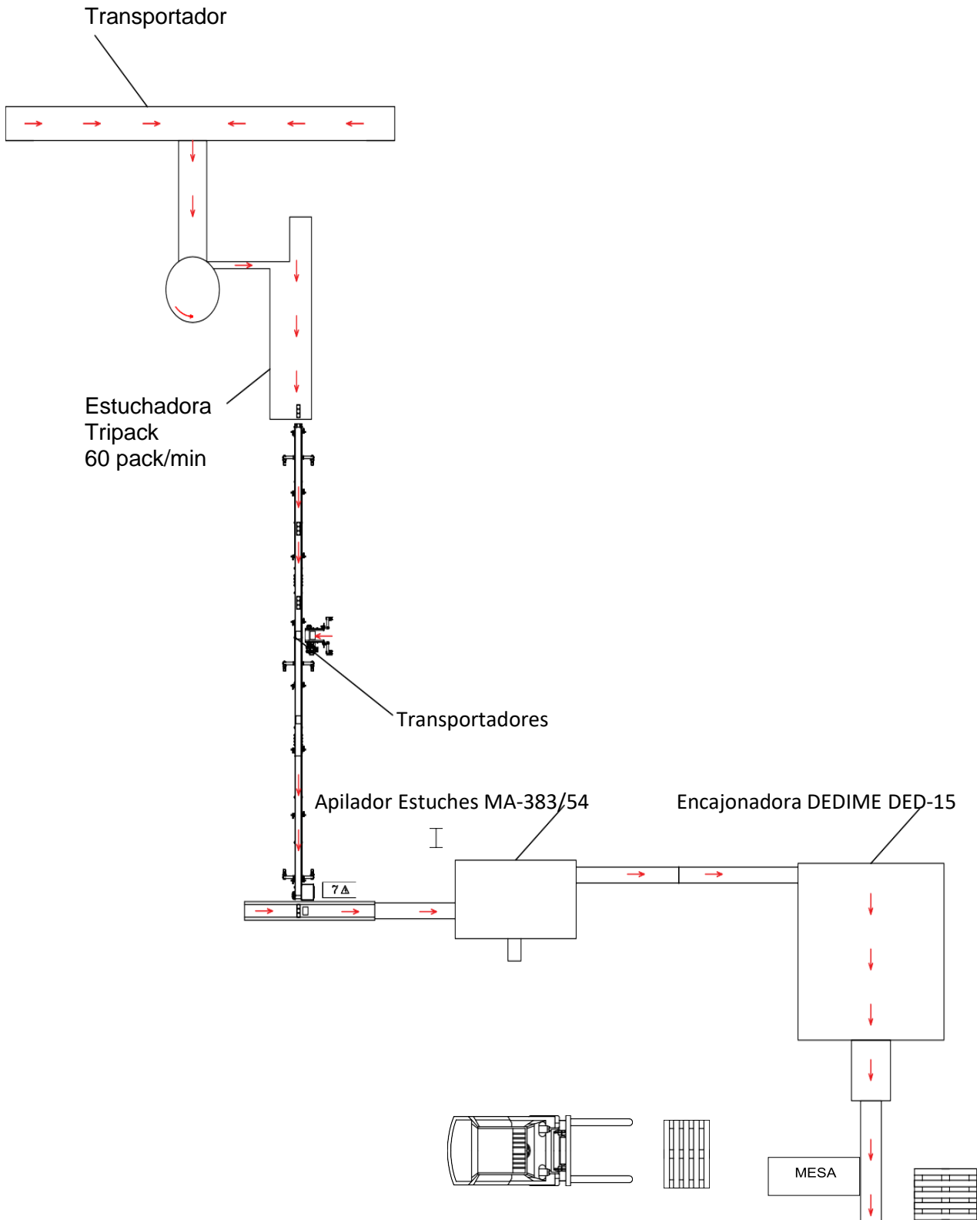


Figura 13. Situación de las máquinas en la línea de atún (envasado). Fuente: Elaboración propia.

En las fotografías adjuntas se muestran las distintas máquinas que son objeto de estudio de línea del esquema de la figura 13



Figura 14. Apilador tripack Estuches MA-383/54. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Apilador tripack Estuches MA-383/54 y encajonadora DEDIME DED-15. Fuente: Elaboración propia.

Ahora vemos el proceso completo de obtener una lata de atún lista para su posterior comercialización.

Pre-procesar el pescado

DESPIECE DEL ATÚN (RONQUEO)

Se obtienen los trozos de atún que posteriormente se utilizaran para la elaboración del producto. En este diagrama de flujo se explica en que consiste más detalladamente el ronqueo (Proceso de obtención de los lomos/trozos/ventresca de atún y elaboración de la mojama)

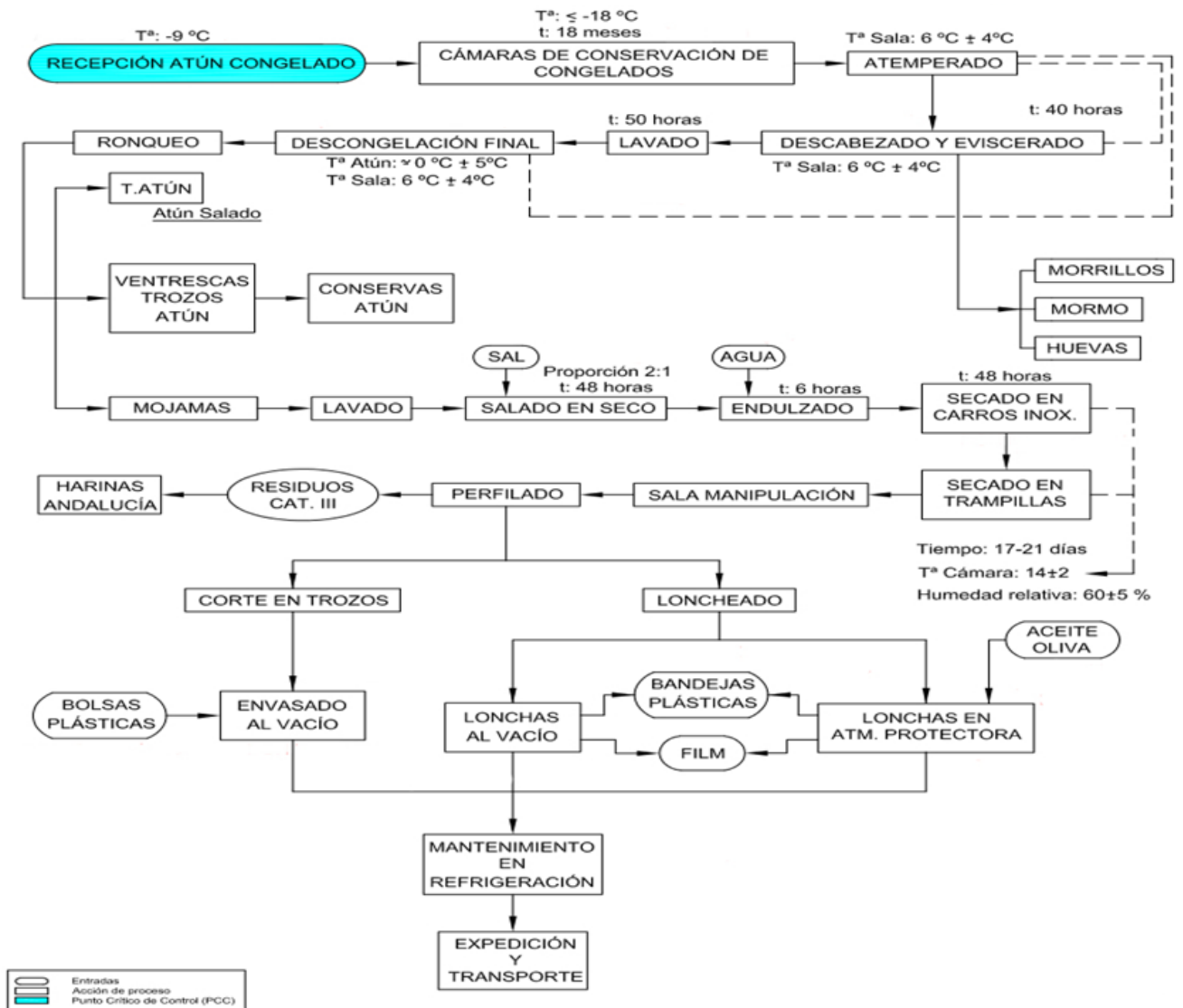


Figura 16. Diagrama proceso de obtención/elaboración de la mojama. Fuente: elaboración propia

METER EL PESCADO EN CAJAS

Los lomos de atún que se han obtenido en el proceso anterior se introducen en cajas de plástico.

METER LAS CAJAS EN CARRO DE ACERO

Varios operarios introducen las cajas llenas de atún en un carro de acero inoxidable para su cocción.

COCER EL PESCADO

Se introduce el carro con el pescado en unas balsinas de cocción con agua y sal. Una vez que el atún está cocido tiene que reposar 24 horas para que este sea empacado.

[Empacar el atún](#)

Dos operarias van colocando los lomos de atún ya cocidos en una maquina empacadora. Ésta va cortando los lomos y va introduciendo la porción correspondiente de atún en la lata. La alimentación de las latas a la empacadora, se produce a través de unas guías por donde van cayendo estas mismas de una sala que se sitúa justo arriba.

[Cerrar lata](#)

DOSIFICAR COBERTURA

De manera automática se vierte la cobertura (aceite de oliva, aceite de girasol, salmuera, tomate...) dentro de la lata.

CERRAR LATA

Se va colocando una tapa por cada lata que es enrollada con el material del cuerpo de la lata de manera mecánica, quedando el producto totalmente hermético. Al final de la máquina, las latas van cayendo en un carro, por lo que algunas latas pueden sufrir daños y serían latas defectuosas que no continúan el proceso.

[Esterilizar lata](#)

Se introducen 4 carros llenos de latas cerradas en el interior de una autoclave, esto consiste en someter los productos a una determinada temperatura (116°C) durante 1 o 2 horas dependiendo del producto. Existe una contrapresión para evitar el deforme de los envases (latas).

[Envasar lata](#)

VOLTEAR LATAS

Las latas llegan mediante un carro que es empujado por un operario, una vez que las latas ya han sido esterilizadas en las autoclaves. Un volteador hidráulico gira el carro por completo dejando caer las latas en una tolva y a su vez depositándose estas en una cinta transportadora.

LAVAR LATAS

Las latas van llegando a la lavadora a través de una cinta transportadora. Estas entran en una especie de túnel de lavado en el cual se les aplica agua a alta temperatura y presión para así eliminar cualquier resto de suciedad que haya podido adquirir durante el proceso.

ESTUCHAR LATAS

Una vez que las latas han sido lavadas continúan por la cinta transportadora y van situándose en cangilones (pequeños huecos donde se introducen las latas).

Colocar pack

Tras situar las latas en los cangilones, de manera automática se les coloca un estuche (En este caso el de pack de tres latas).

Aplicar cola

Se aplica cola de manera automática en las pestañas de cierre de los packs.

Cerrar packs

Conforme van avanzando los packs con las latas dentro, de manera mecánica se van cerrando con la cola aplicada anteriormente.

ENCAJONAR PACKS

Los packs van pasando por un apilador que va agrupándolas en lotes de 16 unidades. Después una máquina introduce un cartón por debajo de los packs y los envuelve en una caja expositora lista para su posterior comercialización. Al finalizar este proceso se genera el parte de producción diaria.

4. METODOLOGÍA APLICADA A LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA: TPM

4.1. Introducción a TPM

El mantenimiento productivo total o Total Productive Maintenance (TPM) se origina a partir de la visita a EEUU de una delegación de la Japan Management Association, que tuvo lugar en 1962, para el estudio del mantenimiento en dicho país. A partir de esta visita, se fue formulando en Japón la nueva metodología TPM, tomando los principios del Mantenimiento Productivo americano (fiabilidad, mejora de la mantenibilidad y prevención del mantenimiento, teniendo en cuenta los factores económicos) y añadiendo la involucración del personal de producción en las tareas de mantenimiento y la mejora de la efectividad de las instalaciones. Una evolución posterior de estos principios, especialmente en los sistemas de producción de Toyota, ha dado origen al TPM actual.

Los objetivos perseguidos mediante TPM son:

- Máxima eficiencia global.
- Cero accidentes, defectos y averías durante el ciclo total de vida de equipos e instalaciones.
- Englobar a todos los departamentos de la empresa y a todos los trabajadores.
- Pérdida cero en la sobreposición de actividades de los diferentes grupos de trabajo

El TPM es un proceso de mejora que permite transformar una empresa industrial para hacerla más competitiva y preparada para responder a los nuevos entornos. El mantenimiento autónomo es uno de los pilares clave del TPM que contribuye a transformar un centro productivo, ya que actúa sobre la mayor cantidad de personas de una fábrica. El mantenimiento autónomo es un sistema moderno de trabajo donde el nivel operativo participa en las tareas de mantenimiento, asumiendo el mantenimiento de primer nivel y, así mismo, tomando parte activamente en la innovación del sistema productivo.

Concretamente el TPM se compone de cinco elementos fundamentales:

1. Mantenimiento autónomo.
2. Mejora del rendimiento del equipo.
3. Calidad en el mantenimiento.
4. Prevención del mantenimiento.
5. Formación y entrenamiento.

En este estudio nos centraremos sobre todo en la mejora del rendimiento del equipo, ya que lo que queremos conseguir es reducir las microparadas (pequeñas paradas).

Las pequeñas paradas se pueden reducir sin complejas intervenciones en las máquinas, ya que las pequeñas paradas derivan principalmente de causas sencillas.

Las pequeñas paradas son causa de grandes pérdidas. Por ejemplo, pueden aumentar el número de defectos en el producto, aumentar pérdidas de energía, reducir la eficiencia, etc.

Con frecuencia se suele restar importancia a las microparadas y estas están producidas por pequeñas anomalías:

- Que no resulta fácil detectarlas y el personal tiende a no atribuirles la debida importancia.
- Que, aunque no generan problemas particulares, pueden afectar gravemente a la fiabilidad del sistema.
- Que al final son el resultado de una serie de anomalías que producen la microparada.

Ejemplos de pequeñas anomalías que conlleven a microparadas puede ser presencia de polvo, tuercas flojas, suciedad, pérdidas de líquidos, vibraciones, grietas, residuos, ruido, corrosión, deformaciones, desgaste, temperatura...

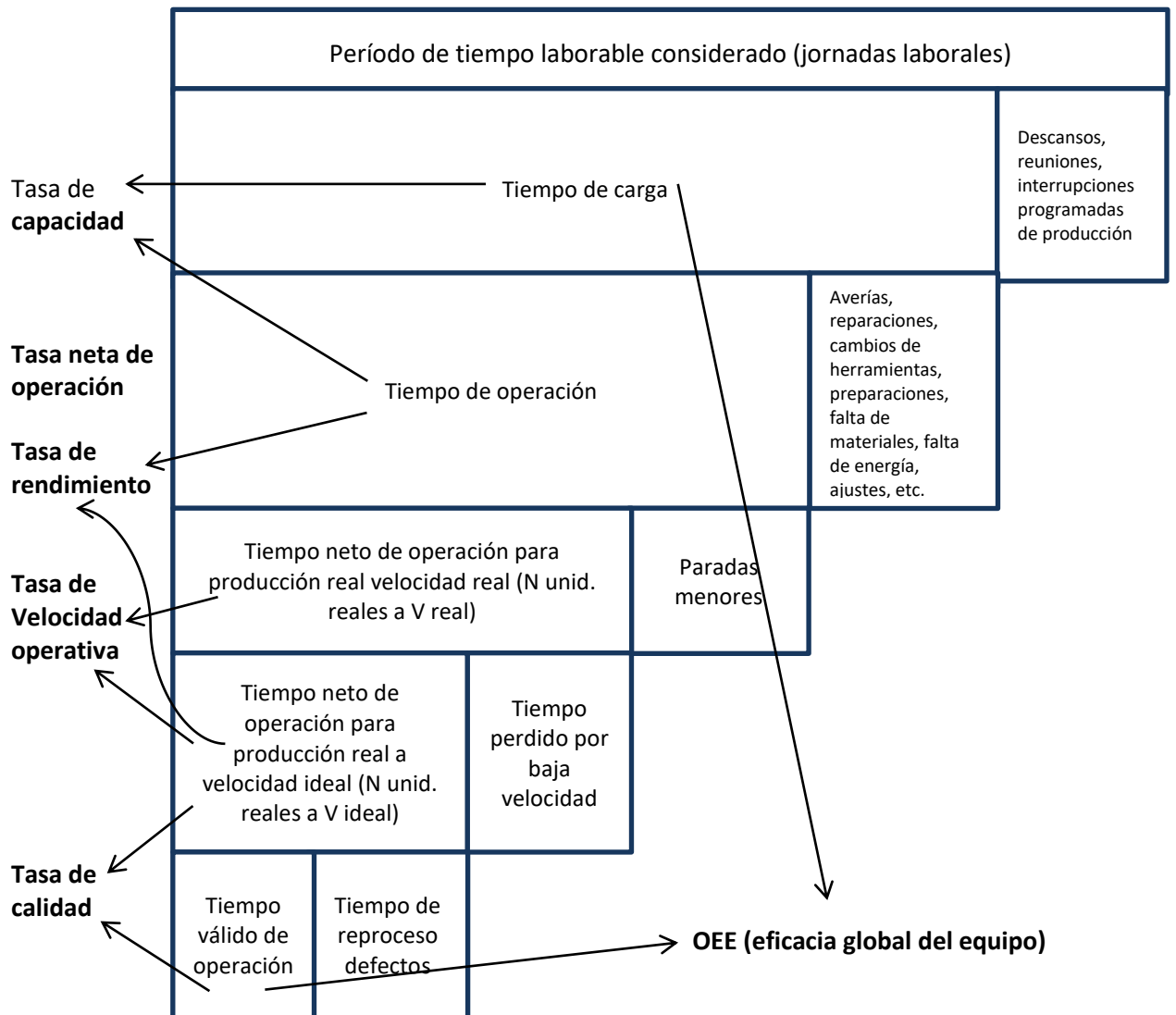


Figura 17. Cuadro de tiempos de producción según el TPM. Fuente: Crespo, Moreu y Sánchez, "Ingeniería de mantenimiento"

4.2. La mejora del rendimiento del equipo

En esta función, TPM involucra a todas las personas de la organización, desde operarios hasta la dirección de la misma. El objetivo es conseguir la utilización óptima del equipo. Para ello habrá que eliminar todo tipo de pérdidas en él. Estas pérdidas se pueden resumir en seis tipos fundamentales:

1. Pérdidas por averías.
2. Pérdidas por cambios de herramientas y puesta a punto.
3. Pérdidas por microparadas y esperas.
4. Pérdidas por arranques y paradas.
5. Pérdidas por baja velocidad o capacidad reducida.
6. Pérdidas por defectos en la calidad y reproceso.

La eliminación de estas pérdidas, conllevaría a lo que se denomina la máxima eficacia global del equipo (*Overall Equipment Effectiveness, OEE*).

En este proyecto en concreto, el objetivo será minimizar las microparadas de las máquinas que corresponden a las líneas de producción anteriormente descritas.

La eficacia global del equipo (OEE) se calcula de la siguiente forma (figura 18):

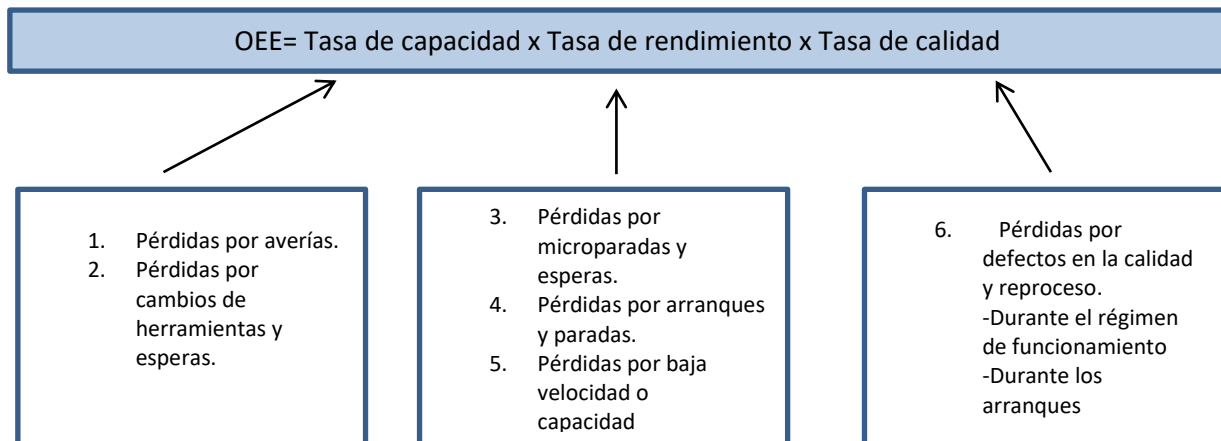


Figura 18. Medida de la eficacia global de un equipo de fabricación. Fuente: Libro Ingeniería de mantenimiento.

5. CASOS DE APLICACIÓN: ESTUDIO Y PROPUESTAS PARA ELIMINACIÓN DE MICROPARADAS

En primer lugar se elabora una metodología, constituida por una secuencia de pasos, que se aplicará a cada uno de los casos de estudio para conseguir el propósito de mejora de las tasas de rendimiento de la OEE.

5.1. Pasos de la metodología.

Para identificar las microparadas y sus distintas causas, en primer lugar se ha elaborado una metodología constituida por los siguientes pasos:

1. Identificar las microparadas que se observan en la máquina.
2. Definir las microparadas identificadas en el paso anterior.
3. Iniciar la recogida de datos y cálculo de tasas netas de operación.
4. Elaborar un análisis Pareto de las pequeñas paradas.
5. Identificar las microparadas que causan más del 80% de las pequeñas paradas.
6. Identificar las causas primordiales de las pequeñas paradas más frecuentes (80%).
7. Definir qué soluciones se han llevado a cabo para la reducción de las microparadas más frecuentes.

Tenemos tres casos a estudiar. Dos casos pertenecientes al proceso del atún y otro que pertenece al proceso de la línea de caballa/melva.

5.2. Caso 1: Línea caballa/melva.

Este caso en concreto tiene una pequeña particularidad y es que la maquinaria de esta línea llevaba pocos meses funcionando en la fábrica, ya que se ha renovado por completo. Esto requiere meses de puesta a punto y por lo tanto hay que tener en cuenta que al principio aparecerán más microparadas debido a que no estará todo bien ajustado. Es por ello que en este caso vemos cómo se han resuelto las microparadas durante el estudio.

A continuación se identifican y describen las microparadas encontradas en el funcionamiento de la línea. Todas ellas se encuentran entre los puntos marcados en la siguiente figura:

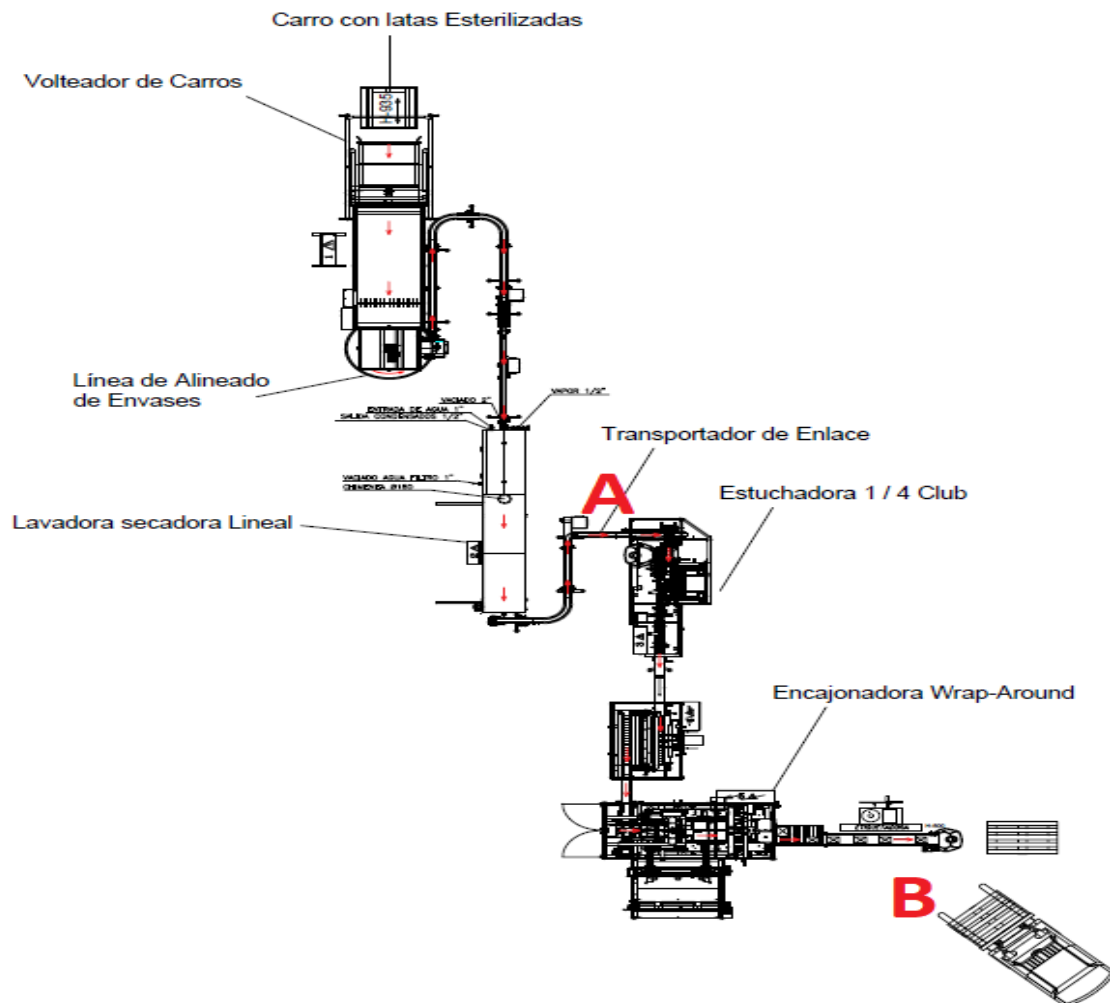


Figura 19. Situación de las máquinas en la línea caballa/melva delimitada por el tramo A-B.
Fuente: Elaboración propia

Pasos 1 y 2 de la metodología: Encontramos diez microparadas distintas en el funcionamiento de la línea, cuyas identificaciones y definiciones son las siguientes:

- *Atasco sinfín:* Se produce un atasco en una barra sinfín con las latas que esta va empujando para que sean estuchadas.
- *Estuches sin lote por fallo en impresora láser:* La impresora deja de funcionar y hay que parar para sacar todos los estuches de la máquina y volver a imprimir el lote.
- *Caída de latas (con estuches) de la caja expositora:* Se caen dentro de la encajonadora las latas y esto produce la parada de la misma por atasco.

- *Atasco estuches*: Se atascan los estuches en la alimentación de la estuchadora.
- *Etiquetas de la caja mal colocadas (del revés)*: Bobina de papel con etiquetas colocada del revés
- *Falta de alimentación de latas*: No llega flujo de latas antes del punto A de la figura 19.
- *Atasco cinta antes del sinfín*: Se atascan las latas antes de llegar al sinfín.
- *Atasco en los estuches con latas por estar mal cerrado*: El estuche queda mal cerrado y al pasar por el apilador produce el atasco.
- *Atasco apilador de latas debido a fallo del operario (no retiro la lata sin estuche)*: Cada vez que la estuchadora se para, se queda una lata sin estuche que hay que retirar manualmente. La operaria olvido quitarla y esto produce el atasco en el apilador de latas.
- *Falta cartón para las cajas*: La operaria no puso el cartón de las cajas expositoras en la alimentación y la encajonadora se para por no disponer del mismo.

Siguiendo el **paso 3 de la metodología**, una vez identificadas y definidas las microparadas, se hace la recogida de datos y se calculan las tasas neta de operación para determinar el rendimiento del tramo A-B de la línea (véase figura 19). Esta recogida de datos y el cálculo de las tasas se recogen en el Anexo.

El anexo contiene la siguiente información:

- Condiciones de operación y duración prueba:
 - Ritmo de trabajo.
 - Duración de la prueba.
- Microparadas producidas:
 - Número total.
- Para cada microparada:
 - Duración.
 - Tipo (causa observada).
- Computo de datos:
 - Para cada prueba diaria:
 - Tiempo total perdido por las microparadas.
 - Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparadas).
 - Pérdidas computadas por tipo de microparada.
 - Para la totalidad de las pruebas(computo de todos los días en que se realizaron las pruebas):
 - Totales por tipo de microparada.
 - Total perdido entre todas las microparadas.
 - Duración total del experimento (computando todas las pruebas diarias).
 - Media de las tasas netas de operación diarias.
 - Desviación típica de la media de las tasas netas de operación.

Paso 4 y 5 de la metodología: Una vez finalizado el punto 3 de la metodología, pasamos a elaborar y analizar el gráfico de Pareto (para consultar los cálculos correspondientes véase el Anexo).

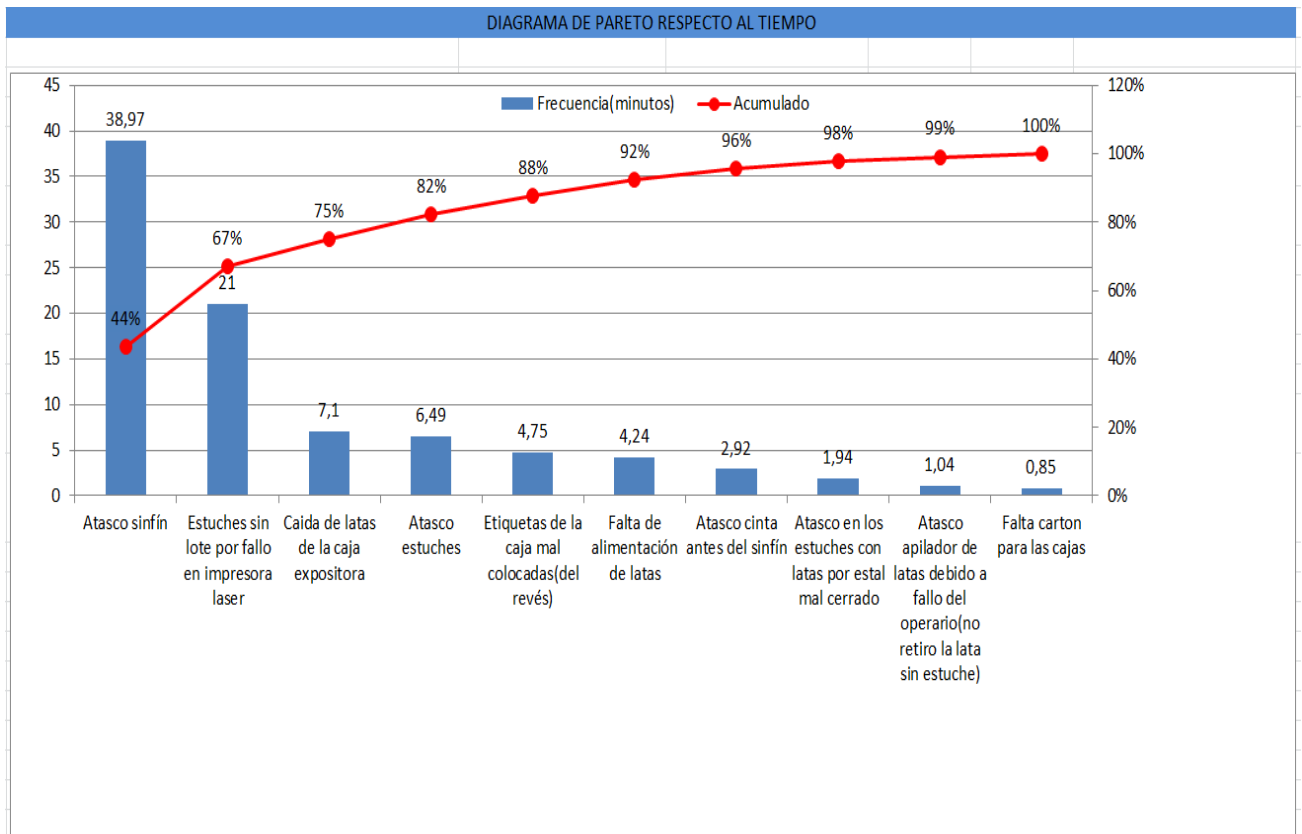


Figura 20. Gráfico de Pareto de la línea caballa/melva. Fuente: Elaboración propia.

Éste es un gráfico de barras ordenadas en modo decreciente que ayuda a localizar de modo sistemático los problemas a afrontar, ordenándolos según importancia (en nuestro caso en función de la duración total de la microparada).

Este tipo de gráfico usa el principio de Pareto, también conocido como ley ochenta/veinte (con el 20% de las indicaciones de tema se obtiene el 80% del total del problema, naturalmente se trata de indicaciones generales).

El gráfico de Pareto desglosa un problema grande en partes pequeñas e identifica las partes que más contribuyen en el total. Eso es muy importante porque nos ayuda a enfocar los recursos disponibles (tiempo, personas, dinero, etc.) poniendo claro donde hay que enfocar las actividades para obtener el mejor resultado en un periodo de tiempo. Las funciones de dicho gráfico son las siguientes:

- Para clasificar, por orden decreciente de importancia, la aportación de cada componente al efecto total.
- Para resaltar los problemas clave a fin de concentrar los esfuerzos en aquellas áreas donde será más elevado el impacto de la mejora de cara a cumplir el objetivo.
- Se establecen, por consiguiente, los temas y los objetivos de mejora procediendo por orden de prioridad.

- Para prever la eficacia de las intervenciones evidenciando el impacto referente a cada área sobre el problema analizado: es posible predeterminar los resultados que se pueden alcanzar actuando en cada una de las áreas tenidas en cuenta.

Como se puede ver en el gráfico, el 80% de las microparadas son ocasionadas por las siguientes microparadas: Atasco sinfín, estuches sin lote por fallo en impresora láser, caída de latas (con estuches) de la caja expositora y atasco estuches.

Paso 6 de la metodología: Viendo de manera individual cada microparada, vemos las causas primordiales que las provocan:

- *Atasco sinfín:* Tras varios días examinando el sinfín, se ve que las dimensiones de este no son las adecuadas y eso podría estar ocasionando el atasco de las latas. También se observa que en otras ocasiones se produce el atasco, debido a que las latas vienen deformadas del proceso anterior a causa de caídas, golpes, etc.

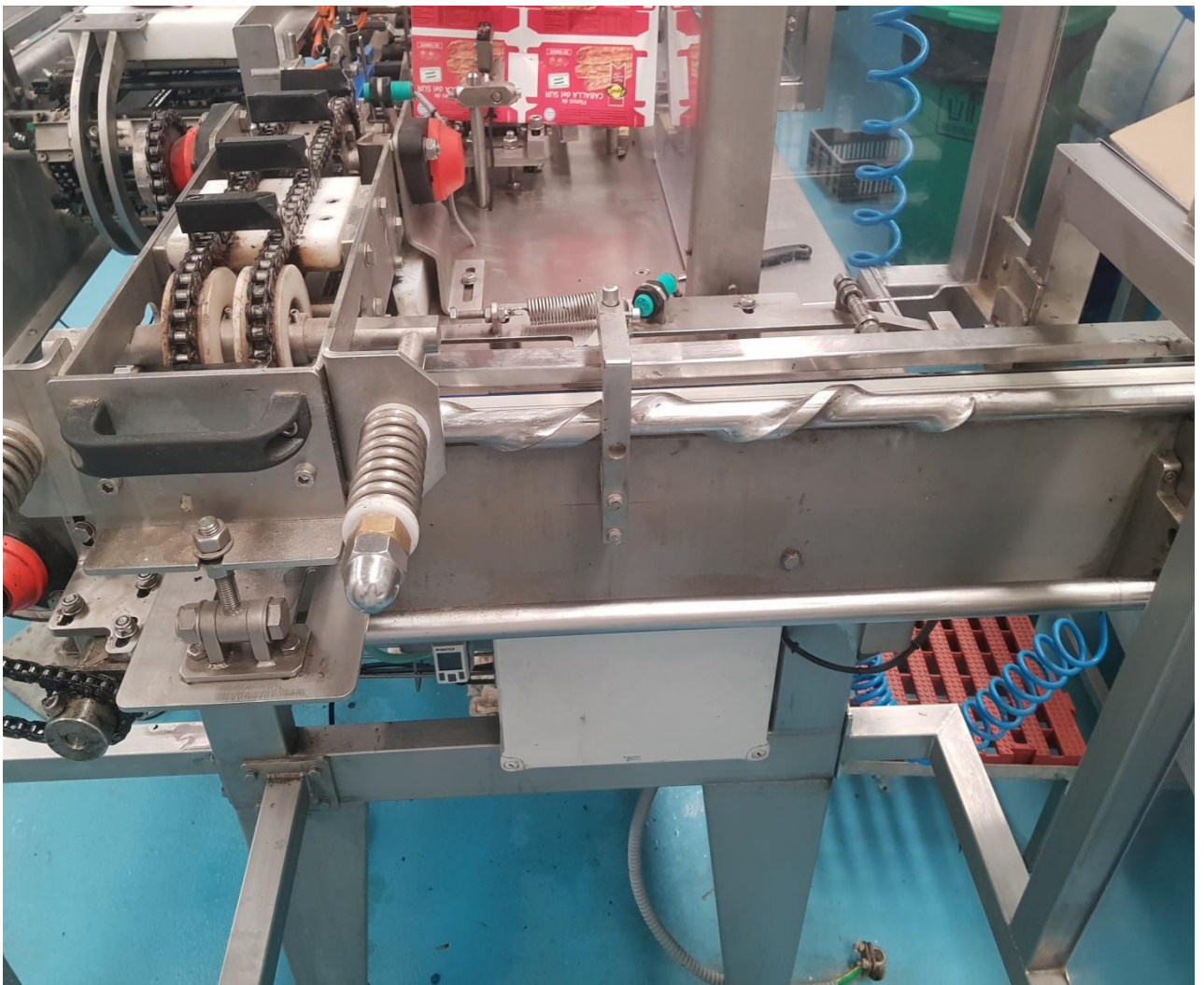


Figura 21. Imagen del sinfín. Fuente: Elaboración propia.

- *Estuches sin lote por fallo en impresora láser:* Se tuvo que poner de manera temporal una impresora adaptada a la estuchadora hasta encontrar el lugar óptimo para su instalación. Esta no era de muy buena calidad y tenía errores de impresión.



Figura 22. Imagen de la impresora, enmarcada en blanco y azul. Fuente: Elaboración propia.

- *Caída de latas (con estuches) de la caja expositora:* Puede ser provocado por dos motivos, el primero puede ser debido a que la maquina introdujo de manera errónea el cartón que envuelve los estuches, y el segundo debido a que los estuches no saliesen en la posición correcta para ser encajonados.



Figura 23. Imagen de la encajonadora Wrap-Around en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

- **Atasco estuches:** Se observó que la causa de esta microparada puede estar relacionada con la calidad y el grosor del cartón de los estuches. Se produce un atasco y hay que parar la máquina para retirar el cartón manualmente.

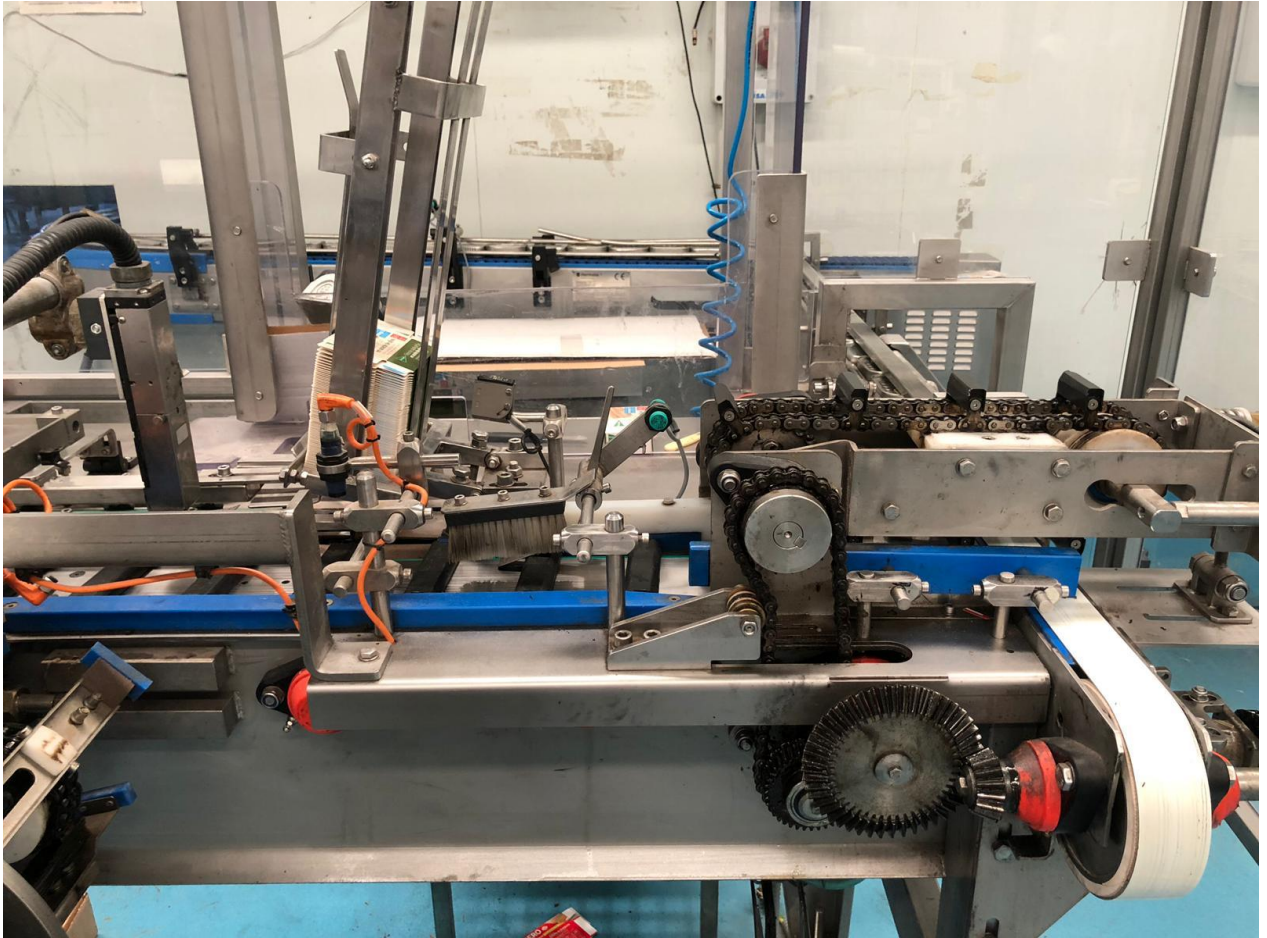


Figura 24. Imagen de parte de la estuchadora 1/4 club donde vemos la alimentación de estuches. Fuente: Elaboración propia.

Paso 7 de la metodología: Una vez analizadas las principales causas, pasamos a ver las posibles soluciones.

Como se mencionó antes, este caso tiene una particularidad y es que la máquina lleva poco tiempo funcionando en la fábrica.

Analizando el gráfico de Pareto, el atasco del sinfín representa un 44% de las microparadas por lo que será la microparada que intentaremos reducir en mayor medida. Tras varios días observando su funcionamiento se toma la decisión de cambiar el sinfín por otro nuevo de distintas dimensiones que mando el fabricante. Una vez instalado se observó que fallaba incluso más que el anterior. Debido a este problema, el fabricante mando un empleado y ajustó y calibró un nuevo sinfín. Se volvió a comprobar el funcionamiento y se observó gran mejoría, y aumentó el ritmo de trabajo en la estuchadora. Para el atasco de estuches y la caída de latas de la caja expositora, se cambió la calidad del cartón ya que este era el causante de los atascos.

En último lugar, se instaló una nueva impresora láser adecuada a la estuchadora. En los días posteriores a su instalación no se detectó ninguna microparada debida a la impresora. Como se puede observar en la siguiente figura, las microparadas se redujeron de 28 a 4 por experimento lo que supone una mejora en el rendimiento de la línea.

También aumentó el ritmo de producción de 145 latas/minuto a 160 latas/minuto. Cabe destacar que las microparadas debidas al sinfín, fueron en su mayoría ocasionadas por latas un poco deformadas en procesos previos al estuchado.

Estuchadora de latas			
	dia 5		
Duración de la prueba:	43 minutos		
Microparadas detectadas:	4		
Ritmo de trabajo	160 latas/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	01:55	Atasco sinfin
	2	01:02	Atasco apilador de latas debido a fallo del operario(no retiro la lata sin estuche)
	3	01:12	Atasco sinfin
	4	01:32	"

Figura 25. Datos de microparadas de la línea caballa/melva. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Caso 2: Línea atún. Parte 1: Proceso de empaclado y cierre

En este caso, estudiamos el empaclado y cierre de latas. Podríamos afirmar con toda seguridad que a día de hoy la empacadora de atún es una de las máquinas más antiguas que conserva la planta. Esta línea como podemos observar en la figura 26, se compone únicamente de una empacadora de atún, dosificadoras de aceite (aceitadoras), cerradora de latas y de una lavadora.

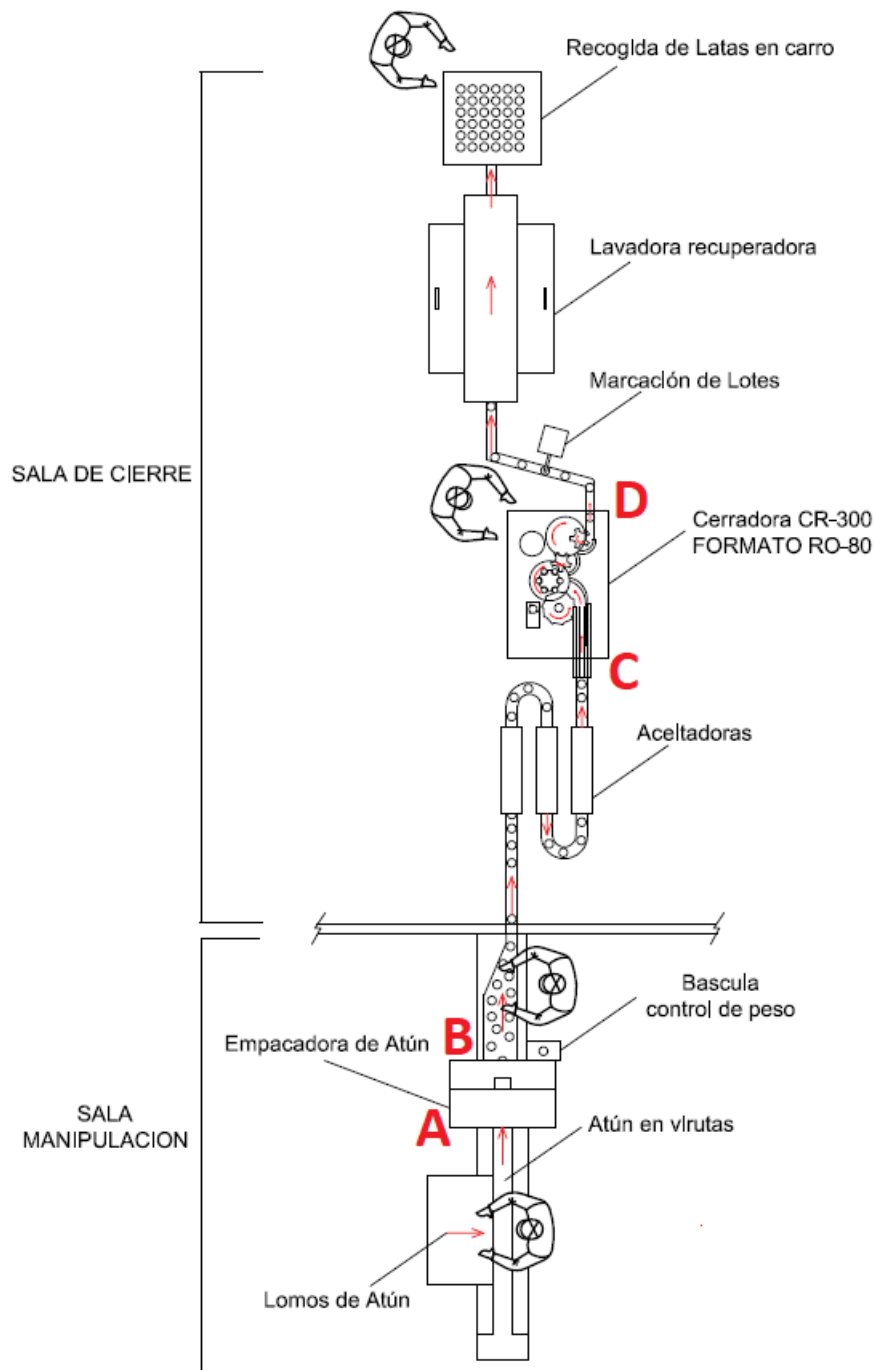


Figura 26. Situación de las máquinas en la línea atún (empacado y cierre) delimitada por los tramos A-B, C-D.
Fuente: Elaboración propia

Pasos 1 y 2 de la metodología: Encontramos solo dos microparadas distintas en el funcionamiento de la línea, cuyas identificaciones y definiciones son las siguientes:

- *Atasco empacadora:* La lata aún sin cerrar con el atún queda atrapada y se produce un atasco en el tramo A-B (figura 26).

- *Atasco cerradora*: En el proceso de poner la tapa a la lata, se produce un fallo lo que se convierte en un atasco en el tramo C-D (figura 26).

Siguiendo el **paso 3 de la metodología**, una vez identificadas y definidas las microparadas, se hace la recogida de datos y se calculan las tasas netas de operación. Esta recogida de datos y el cálculo de las tasas se recogen en el Anexo.

Paso 4 y 5 de la metodología: Una vez finalizado el punto 3 de la metodología, pasamos a elaborar y analizar el gráfico de Pareto (para consultar los cálculos correspondientes véase el Anexo).

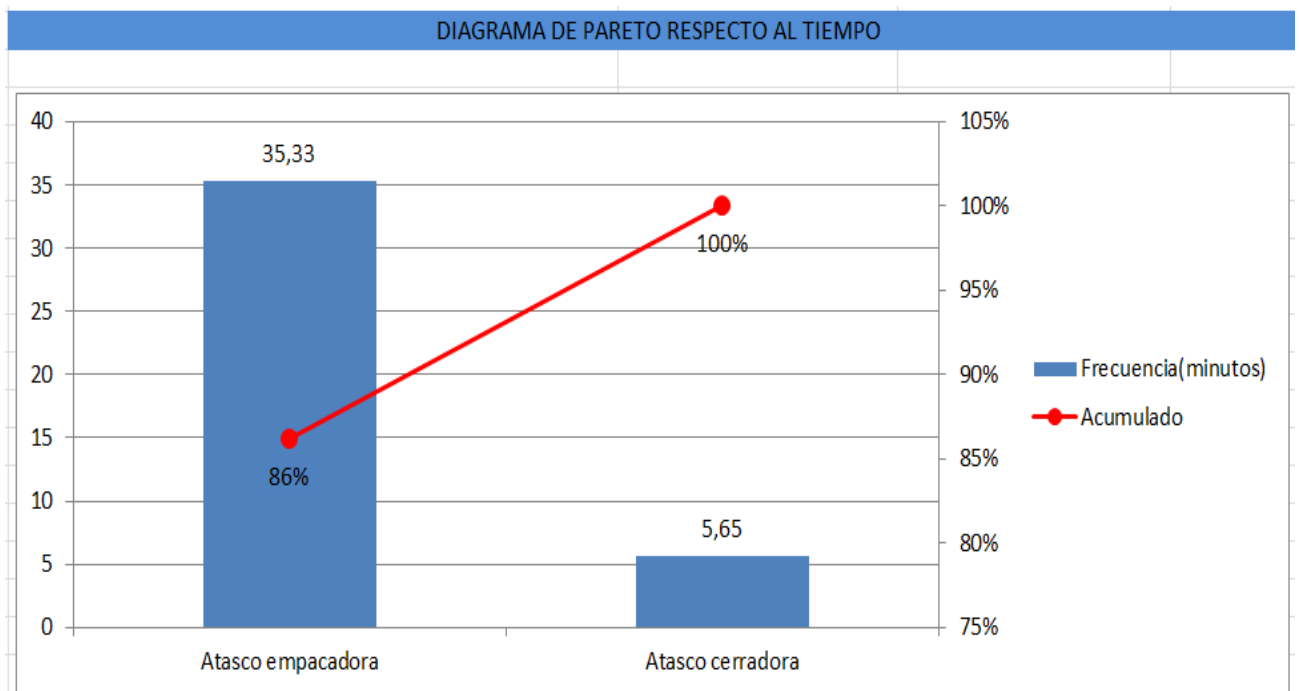


Figura 27. Gráfico de Pareto de la línea atún (empacado y cierre). Fuente: Elaboración propia

Observando el gráfico, vemos que más del 80% de las microparadas es debido al atasco en la empacadora.

Paso 6 de la metodología: Analizando con mayor detalle las causas de esta microparada y varios días examinando únicamente la empacadora vemos que se debe principalmente a dos tipos de fallo.

El primero se produce cuando los lomos de atún vienen muy prensados y la empacadora mete más cantidad de atún en la lata (No es muy frecuente). El segundo se produce cuando el elemento que introduce el atún en la lata se anticipa (no introduce atún en la lata) y éste aplasta la misma.



Figura 28. Imagen de la empacadora de atún en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Imagen de la empacadora de atún en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia

Paso 7 de la metodología: Una vez que se han estudiado las causas, se llega a la conclusión de que no hay soluciones de mejora a corto plazo. Ésta microparada no se puede solventar ya que es debida a un defecto de fabricación de la empacadora. La empresa tendrá constancia de estos datos y valorará si tomará medidas con respecto a este problema e incluso plantearse renovar dicha empacadora.

5.4. Caso 3: Línea atún. Parte 2: Proceso de envasado

En este apartado estudiamos el último de los casos. Este se refiere al envasado de la lata, que consiste en colocar un estuche de cartón por cada tres latas de atún y luego se encajonan en cantidades de 16 packs de tres. A continuación se describen las microparadas identificadas en el funcionamiento de la línea. Todas ellas se encuentran entre los puntos marcados en la siguiente figura:

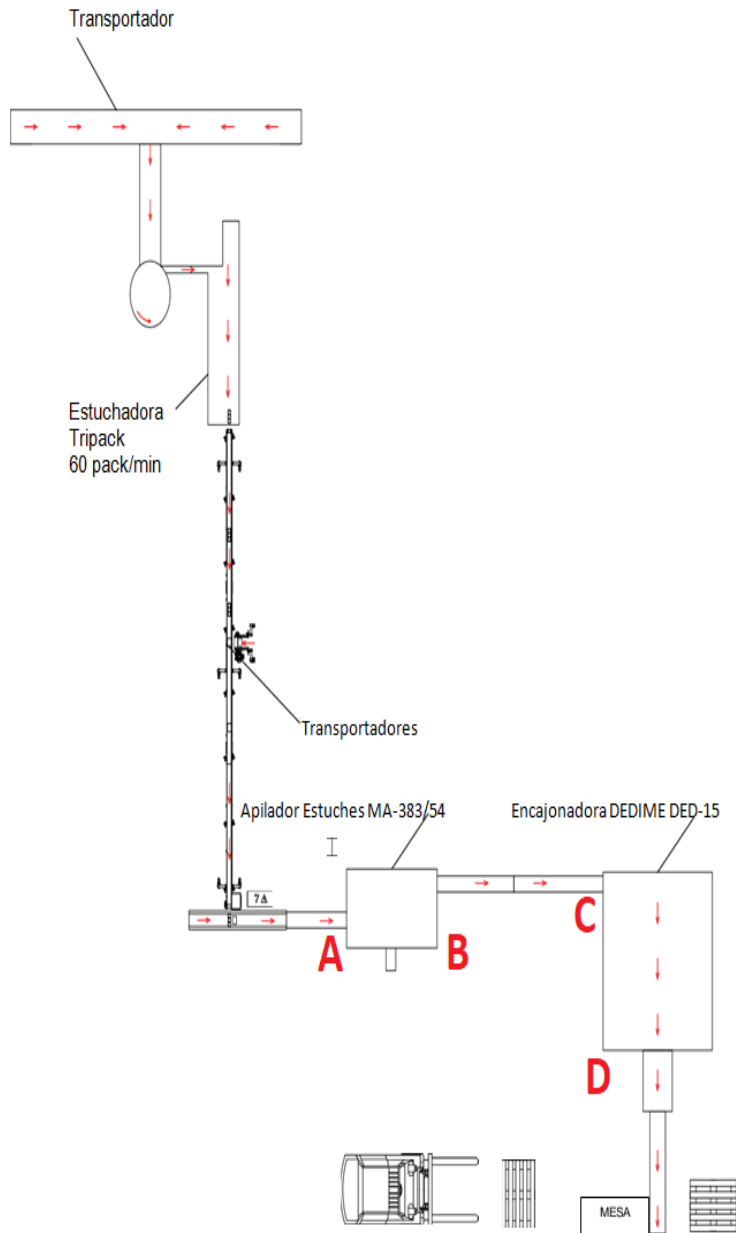


Figura 30. Situación de las máquinas en la línea atún (envasado) delimitada por los tramos A-B, C-D. Fuente: Elaboración propia

Pasos 1 y 2 de la metodología: Encontramos seis microparadas distintas en el funcionamiento de la línea, cuyas identificaciones y definiciones son las siguientes:

- *Atasco encajonadora. Motivo: Cartón:* Se atasca la encajonadora automática y se para automáticamente la línea. Se produce en el tramo C-D de la figura 30.
- *Pack mala posición:* Pack que entra en mala posición en el apilador y hay que parar la línea para colocarlo de manera adecuada antes de producirse el atasco. Se produce en el tramo A-B de la figura 30.
- *Atasco apilador:* Se produce atasco en el apilador de packs produciéndose así la parada de la línea. Se produce en el tramo A-B de la figura 30.
- *Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3:* En el proceso de encajonar los packs, estos caen dentro de la máquina provocando así la parada de la línea. Se produce en el tramo C-D de la figura 30.
- *Falta alimentación packs 3:* Línea parada debido a que no llegan packs para envasar. Se produce antes del tramo A-B de la figura 30.
- *Falta cartón:* Línea parada debido a que no hay cartón para encajonar los packs. Se produce en el tramo C-D de la figura 30.

Paso 3 de la metodología: Una vez identificadas y definidas las microparadas, se hace la recogida de datos y se calculan las tasas netas de operación. Esta recogida de datos y el cálculo de las tasas se recogen en el Anexo.

Paso 4 y 5 de la metodología: Una vez finalizado el punto 3 de la metodología, pasamos a elaborar y analizar el gráfico de Pareto (para consultar los cálculos correspondientes véase el Anexo).

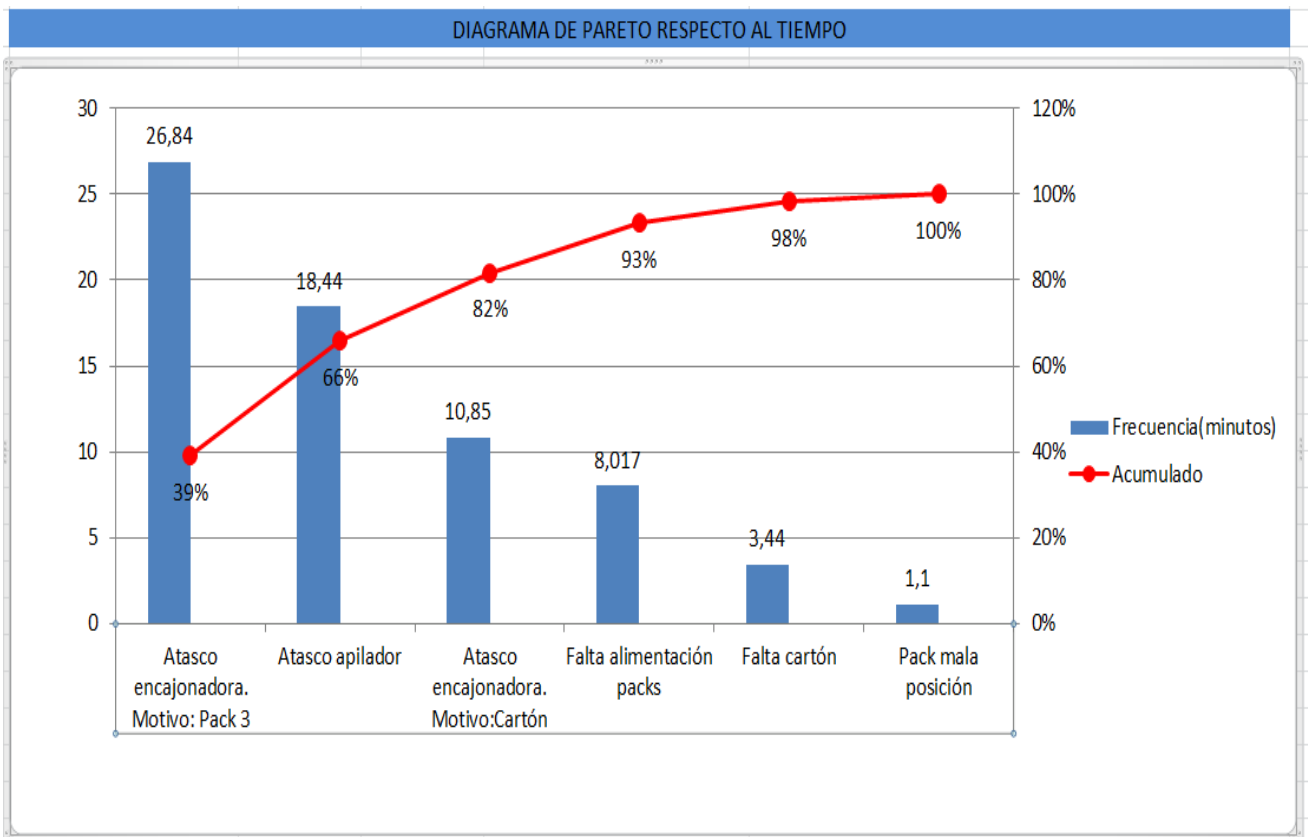


Figura 31. Gráfico de Pareto de la línea atún (envasado). Fuente: Elaboración propia

Viendo el gráfico, podemos decir que más del 80% de las microparadas son debidas a tres microparadas: *Atasco encajonadora (Motivo: Pack 3)*, *atasco encajonadora (Motivo: Cartón)* Y *atasco apilador*.

Paso 6 de la metodología: Viendo de manera individual cada microparada, vemos las causas primordiales que las provocan:

- *Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3:* Se produce cuando un pack entra girado (o de lado) en el tramo C-D de la figura 30. La posición del pack es alterada en el trayecto de cinta del apilador a la encajonadora (tramo B-C figura 30) o sale ya girada del apilador (sin producirse el atasco en el apilador). Este último caso es el que se da con mayor frecuencia.
- *Atasco encajonadora. Motivo: Cartón:* Se produce en el proceso de encajonado automático y puede ser debido a dos motivos. El primero por las fotocélulas y/o forma del cartón. En ocasiones viene un poco deformado y la máquina introduce dos unidades provocando así el atasco. El segundo motivo es debido a un mal ajuste y/o calibrado y la máquina introduce el cartón de manera errónea.



Figura 32. Alimentación del cartón de la encajonadora de packs de 3. Fuente: Elaboración propia.

- *Atasco apilador*: Puede ser provocado por dos motivos. El primero es debido a que un pack entra en una posición incorrecta y este produce el atasco. El segundo puede ser debido a un mal ajuste y/o calibrado del apilador.



Figura 33. Punto crítico donde se produce el atasco del apilador (Tramo A-B figura 31). Fuente: Elaboración propia

Paso 7 de la metodología: Una vez analizadas las principales causas, pasamos a ver las posibles soluciones.

Para reducir las microparadas de la encajonadora a causa del cartón, se ha planteado mejorar la calidad del cartón y se va a calibrar la encajonadora para que esta sea mucho más eficiente. También se van a cambiar las fotocélulas ya que a veces la máquina introduce dos cartones por no detectar el primero.

Las microparadas que se dan en el apilador y encajonadora (motivo pack de 3), son ocasionadas en su mayor medida por el mismo motivo. Estas microparadas se producen cuando uno de los packs se gira en uno de los dos puntos críticos que se observan en las figuras 34,35 y 36. Se pueden dar dos casos, que el pack produzca el atasco en el apilador o que no se produzca el atasco en el apilador y se produzca más adelante en la encajonadora.



Figura 34. Puntos críticos X, Y en el tramo antes del apilador de pack de 3. Fuente: Elaboración propia.

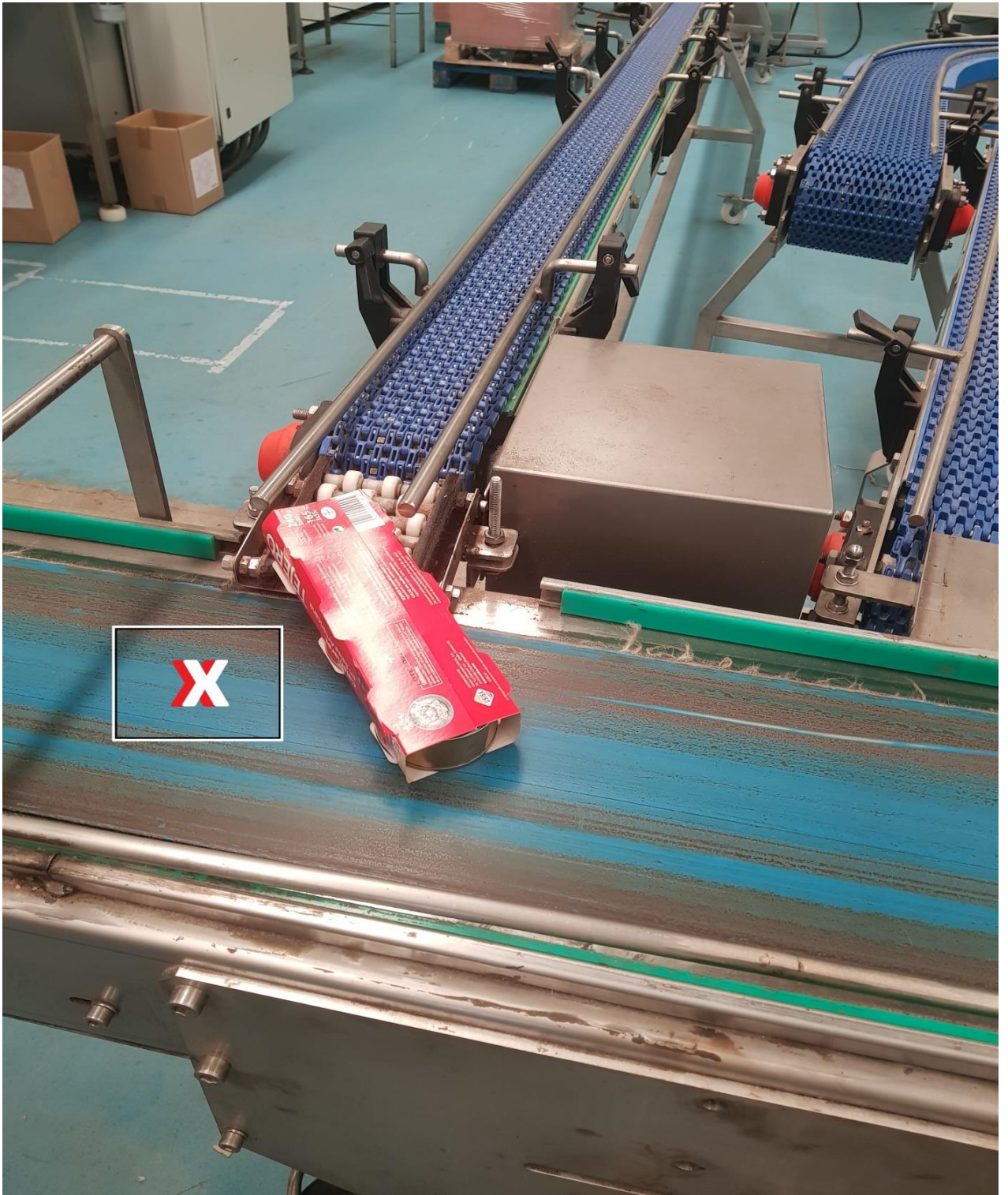


Figura 35. Punto crítico X donde vemos que se produce el cambio de posición no deseado. Fuente: Elaboración propia.



Figura 36. Punto crítico Y donde se produce el cambio de posición no deseado. Fuente: Elaboración Propia.

La solución que se plantea es la que podemos observar en la siguiente figura y que ahora explicaremos con mayor detalle.

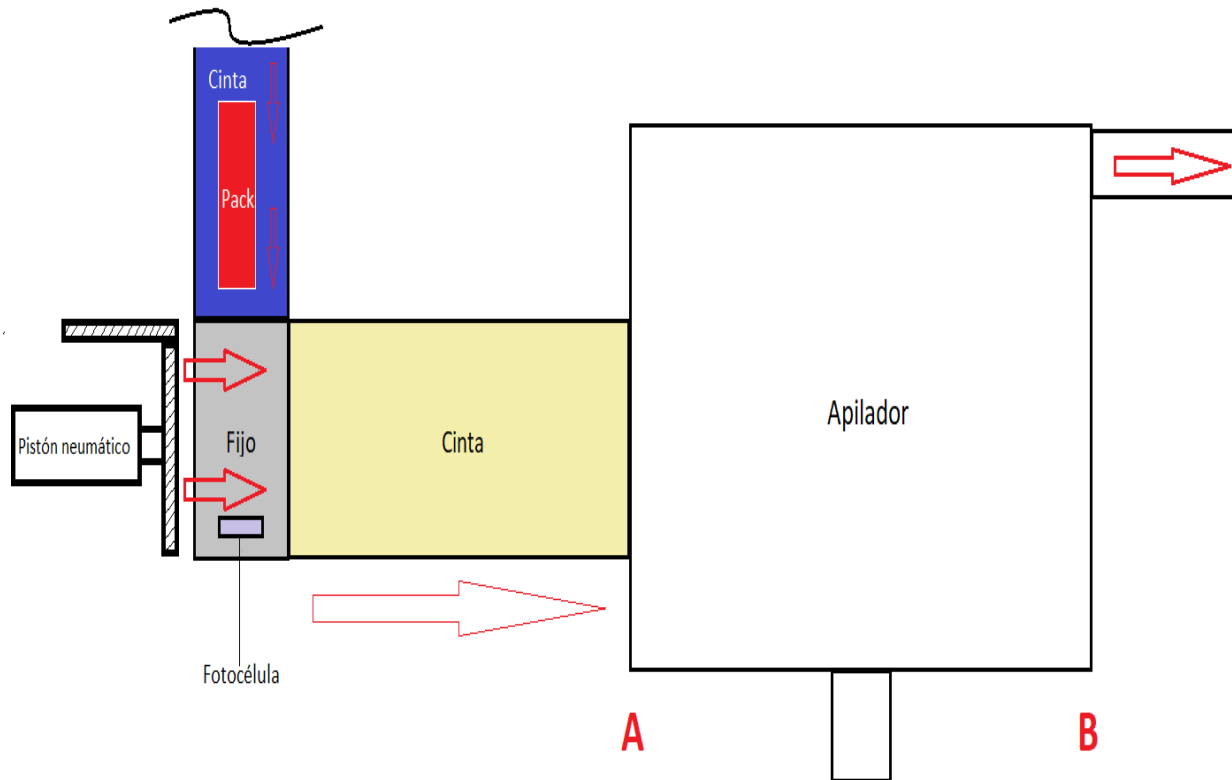


Figura 37. Esquema de la solución planteada para la reducción de microparos en el apilador y encajonadora. Fuente: Elaboración propia.

Para eliminar el punto crítico "Y", que es la intersección de la cinta azul con la amarilla (véase figura 37), se eliminará la cinta azul, evitando así uno de los puntos críticos. El punto crítico "X" (véase figura 35) aunque eliminemos la cinta azul, sigue existiendo. Para erradicar este problema, se instalará un pistón neumático que empujara el pack que esté posicionado en la plataforma gris (esta es fija) hacia la cinta amarilla que conduce al apilador, evitando con esto todo tipo de giro en la posición del pack. El pistón neumático se accionará cuando la fotocélula detecte el pack. Tanto la fotocélula como el pistón neumático estarán programados en el autómata del apilador. Vemos que el pistón neumático tiene una superficie de empuje en forma de escuadra, esto se debe a que si viene un pack podemos tener ahí un buffer en el cual el pack espera a ser empujado por el pistón. Con estos cambios habremos reducido casi un 66% de las microparadas (no es el 66% completo ya que algunas microparadas de la encajonadora son debidas a otras causas, aunque en menor medida). Esto se traduce en un aumento del rendimiento con respecto a microparos.

6. ANEXO

Recogida de datos de microparadas de la línea caballa-melva

Estuchadora de latas			
	día 1		
Duración de la prueba:	54 minutos		
Microparadas detectadas:	28		
Ritmo de trabajo	145 latas/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	05:00	Entrada sinfin bolla la lata.
	2	01:49	"
	3	00:39	"
	4	00:32	"
	5	01:35	"
	6	01:47	"
	7	00:10	Atasco sinfin por lata bollada
	8	00:38	Entrada sinfin bolla la lata
	9	01:41	"
	10	01:12	"

(Continúa en la página siguiente)

(Continuación de la tabla de toma de datos del día 1)

	11	01:00	Atasco estuches
	12	00:26	Atasco sinfín por lata bollada
	13	00:38	"
	14	01:02	"
	15	00:10	"
	16	01:27	"
	17	00:05	Falta de alimentación de latas
	18	01:40	Atasco cinta antes del sinfín
	19	05:03	Atasco sinfín y ajuste del mismo
	20	02:34	Atasco sinfín
	21	02:00	"
	22	00:50	Atasco en la cinta antes del sinfín
	23	00:03	Falta de alimentación de latas
	24	00:25	Atasco cinta antes de sinfín
	25	00:13	Falta de alimentación de latas
	26	00:23	"
	27	00:52	Atasco producido por el sinfín
	28	01:56	Atasco en los estuches con latas por estal mal cerrado

Cálculo de la tasa neta de operación para día 1.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	35:50	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,34	33,64%
	* Suponiendo que la maquina se comporta durante todo el turno en las mismas condiciones que en el experimento		
Tiempo totales por fallo	Atasco estuches	01:00	
	Falta de alimentación de latas	00:44	
	Atasco cinta antes del sinfín	02:55	
	Atasco sinfín	29:15	
	Atasco en los estuches con latas por estal mal cerrado	01:56	
		35:50	

Estuchadora de latas			
	dia 2		
Duración de la prueba:	60 minutos		
Microparadas detectadas:	13		
Ritmo de trabajo	150 latas/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	02:00	Atasco sinfin
	2	00:54	Atasco estuches
	3	00:05	Falta alimentacion latas
	4	00:42	Atasco estuches
	5	01:02	"
	6	01:45	"
	7	04:45	Etiquetas de la caja mal colocadas(del revés)
	8	00:05	Falta alimentacion latas
	9	00:08	"
	10	00:20	"
	11	00:10	"
	12	04:09	Caida de latas de la caja expositora
	13	02:57	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 2.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	19:02	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a	0,6827	68,27%
Tiempo totales por fallo	Falta de alimentación de latas	00:48	
	Atasco sinfín	02:00	
	Atasco estuches	04:23	
	Etiquetas de la caja mal colocadas(del revés)	04:45	
	Caida de latas de la caja expositora	07:06	
		19:02	

Estuchadora de latas			
	día 3		
Duración de la prueba:	79 minutos		
Microparadas detectadas:	10		
Ritmo de trabajo	150 latas/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:13	Falta alimentación latas
	2	00:06	"
	3	01:14	Atasco sinfín
	4	00:15	Falta alimentación latas
	5	00:45	"
	6	00:03	"
	7	00:09	"
	8	00:20	Atasco sinfín
	9	01:30	"
	10	00:51	Falta carton para las cajas

Cálculo de la tasa neta de operación para día 3.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	05:26	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,9312	93,12%
Tiempo totales por fallo	Falta de alimentación de latas	01:31	
	Atasco sinfin	03:04	
	Falta carton para las cajas	00:51	
		05:26	

Estuchadora de latas			
	dia 4		
Duración de la prueba:	40 minutos		
Microparadas detectadas:	7		
Ritmo de trabajo	latas/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	13:00	Estuches sin lote por fallo en impresora laser
	2	08:00	"
	3	00:07	Parada por operario
	4	00:36	Atasco estuches
	5	00:48	Falta alimentacion latas
	6	00:30	Atasco estuches
	7	00:23	Falta alimentacion latas

Cálculo de la tasa neta de operación para día 4.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	23:24	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparo:	0,415	41,50%
Tiempo totales por fallo	Estuches sin lote por fallo en impresora laser	21:00	
	Parada por operario	00:07	
	Atasco estuches	01:06	
	Falta de alimentación de latas	01:11	
		23:24	

Estuchadora de latas			
	día 5		
Duración de la prueba:	43 minutos		
Microparadas detectadas:	4		
Ritmo de trabajo	160 latas/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	01:55	Atasco sinfin
	2	01:02	Atasco apilador de latas debido a fallo del operario(no retiro la lata sin estuche)
	3	01:12	Atasco sinfin
	4	01:32	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 5.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	05:41	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,8678	86,78%
Tiempo totales por fallo	Atasco apilador de latas debido a fallo del operario(no retiro la lata sin estuche)	01:02	
	Atasco sinfin	04:39	
		05:41	

Análisis de Pareto:

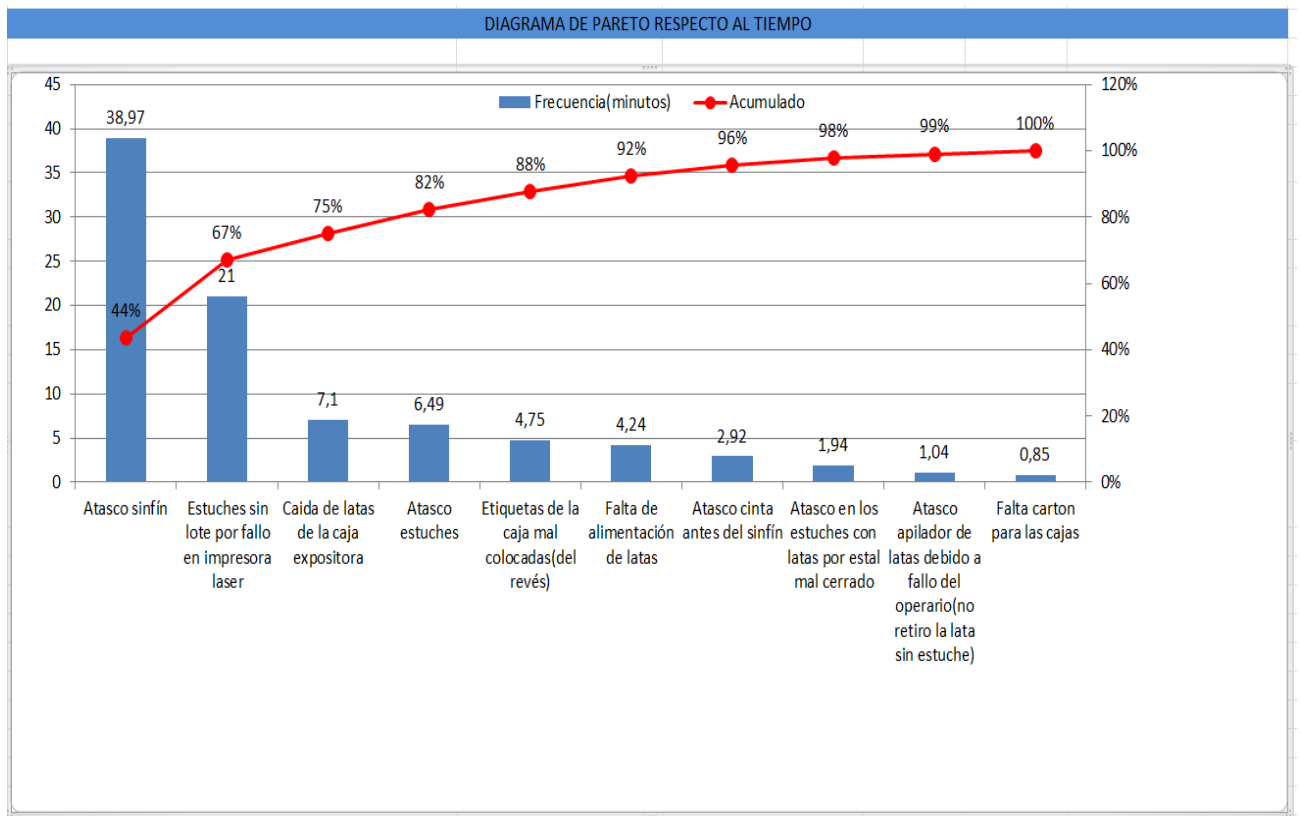
Sumamos todos los tiempos por microparadas:

Suma de tiempos totales por fallo	Falta de alimentación de latas	04:14	
	Atasco cinta antes del sinfín	02:55	
	Atasco sinfín	38:58	
	Atasco en los estuches con latas por estal mal cerrado	01:56	
	Etiquetas de la caja mal colocadas(del revés)	04:45	
	Caida de latas de la caja expositora	07:06	
	Atasco estuches	06:29	
	Falta carton para las cajas	00:51	
	Estuches sin lote por fallo en impresora laser	21:00	
	Parada por operario	00:07	Este lo despreciamos ya que es insignificante
	Atasco apilador de latas debido a fallo del operario(no retiro la lata sin estuche)	01:02	
	suma de tiempo microparadas	1:29:23	
	suma de tiempo del experimento	4,6 horas	

Microparadas ordenadas de mayor a menor tiempo total:

	Frecuencia(minutos)	Acumulado
Atasco sinfín	38,97	44%
Estuches sin lote por fallo en impresora laser	21	67%
Caida de latas de la caja expositora	7,1	75%
Atasco estuches	6,49	82%
Etiquetas de la caja mal colocadas(del revés)	4,75	88%
Falta de alimentación de latas	4,24	92%
Atasco cinta antes del sinfín	2,92	96%
Atasco en los estuches con latas por estal mal cerrado	1,94	98%
Atasco apilador de latas debido a fallo del operario(no retiro la lata sin estuche)	1,04	99%
Falta carton para las cajas	0,85	100%

Y con la tabla anterior hacemos el siguiente grafico de Pareto:



Cálculo de la media y desviación típica:

$$\text{Media: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Siendo X_i es la tasa neta de operación para el día i .
 N es el número de días.

$$\text{Desviación típica: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Media de la tasa neta de operación	0,5989	59,89%
Desviación típica de la tasa media de operación	0,265090743	

Recogida de datos de microparadas de la línea de atún

Parte 1: Proceso de empaçado y cierre

línea empacadora-cerradora			
	día 1		
Duración de la prueba:	35 minutos		
Ritmo de trabajo	latas/min		
Microparadas detectadas:	17		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:11	Atasco empacadora
	2	00:47	"
	3	00:03	"
	4	00:37	"
	5	01:02	"
	6	00:03	"
	7	00:08	"
	8	00:45	"
	9	00:08	"
	10	01:01	"
	11	01:20	"
	12	00:30	"
	13	00:36	"
	14	00:16	"
	15	00:32	"
	16	00:35	"
	17	00:18	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 1.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	08:52	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,75	74,66%
	* Suponiendo que la maquina se comporta durante todo el turno en las mismas condiciones que en el experimento		
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	08:52	
		08:52	

línea empacadora-cerradora			
	día 2		
Duración de la prueba:	20 minutos		
Ritmo de trabajo	205 latas/minutos		
Microparadas detectadas:	6		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:14	Atasco empacadora
	2	01:00	"
	3	00:07	"
	4	00:03	"
	5	01:20	"
	6	01:40	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 2.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	04:24	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,78	78,00%
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	04:24	
		04:24	

linea empacadora-cerradora			
	día 3		
Duración de la prueba:	20 minutos		
Ritmo de trabajo	205 latas/minutos		
Microparadas detectadas:	3		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:35	Atasco empacadora
	2	00:13	"
	3	00:05	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 3.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	00:53	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,96	95,58%
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	00:53	

linea empacadora-cerradora			
	dia 4		
Duración de la prueba:	20 minutos		
Ritmo de trabajo	205 latas/minutos		
Microparadas detectadas:	10		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:12	Atasco empacadora
	2	00:56	"
	3	01:47	"
	4	00:06	"
	5	01:53	"
	6	00:41	"
	7	00:15	"
	8	01:47	Atasco cerradora
	9	00:49	"
	10	00:07	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 4.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	08:33	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,57	57,25%
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	05:50	
	Atasco cerradora	02:43	
		08:33	

línea empacadora-cerradora			
	día 5		
Duración de la prueba:	20 minutos		
Ritmo de trabajo	205 latas/minutos		
Microparadas detectadas:	8		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:38	Atasco empacadora
	2	01:35	"
	3	00:14	"
	4	00:40	"
	5	01:04	"
	6	00:57	"
	7	01:24	"
	8	00:24	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 5.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	06:56	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,65	65,33%
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	06:56	
		06:56	

línea empacadora-cerradora			
	día 6		
Duración de la prueba:	20 minutos		
Ritmo de trabajo	205 latas/minutos		
Microparadas detectadas:	10		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:56	Atasco cerradora
	2	00:34	"
	3	01:12	Atasco empacadora
	4	00:14	"
	5	00:10	"
	6	00:03	"
	7	01:10	"
	8	00:05	"
	9	00:15	"
	10	00:09	"
	11	00:23	Atasco cerradora
	12	01:03	Atasco empacadora
	10	00:36	"

Cálculo de la tasa neta de operación para día 6.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	06:50	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,66	65,83%
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	04:57	
	Atasco cerradora	01:53	
		06:50	

línea empacadora-cerradora			
	día 7		
Duración de la prueba:	20 minutos		
Ritmo de trabajo	205 latas/minutos		
Microparadas detectadas:	5		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:45	Atasco empacadora
	2	00:35	"
	3	01:49	"
	4	00:24	"
	5	01:03	Atasco cerradora

Cálculo de la tasa neta de operación para día 7.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	04:36	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,77	77,00%
Tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	03:33	
	Atasco cerradora	01:03	
		04:36	

Análisis de Pareto:

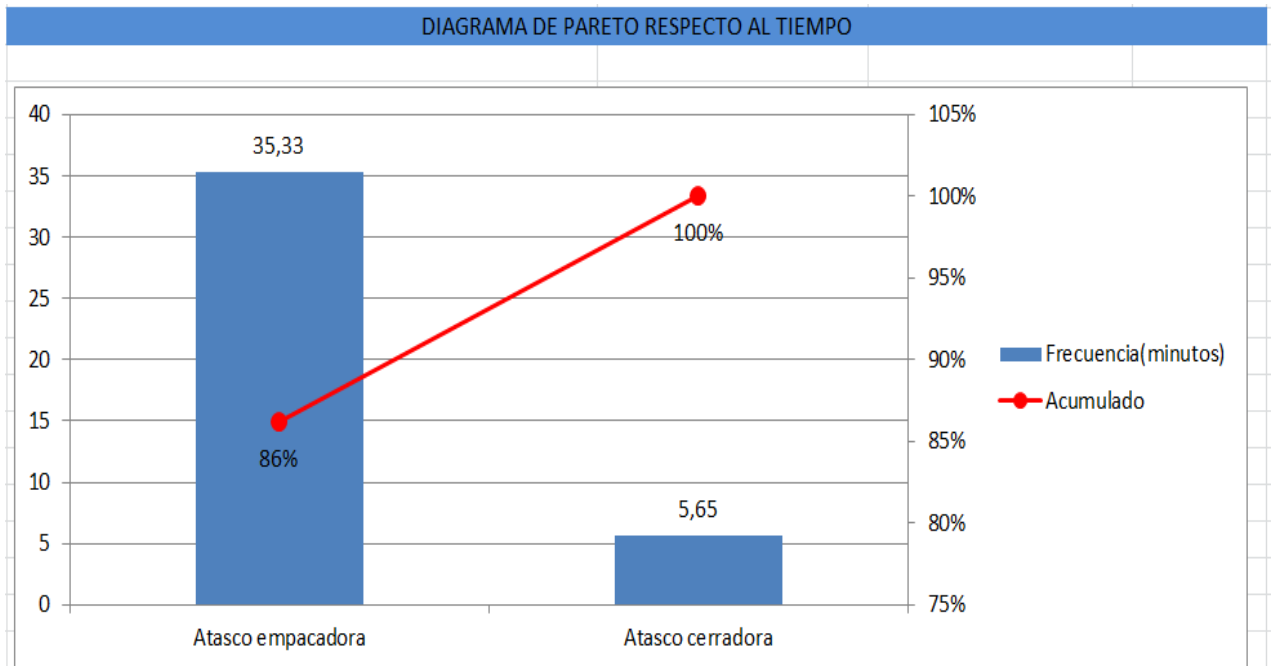
Sumamos todos los tiempos por microparadas:

Suma de tiempos totales por fallo	Atasco empacadora	35:25
	Atasco cerradora	05:39
	Suma de tiempo microparadas	41:04
	Suma de tiempo del experimento	2,58 horas

Microparadas ordenadas de mayor a menor tiempo total:

	Frecuencia(minutos)	Acumulado	
Atasco empacadora	35,33	86%	35,33
Atasco cerradora	5,65	100%	40,98

Y con la tabla anterior hacemos el siguiente gráfico de Pareto:



Cálculo de la media y la desviación típica de la tasa neta de operación:

Media de la tasa neta de operación	0,725235252	72,52%
Desviación típica de la tasa media de operación	0,123214521	

Parte 2: Proceso de envasado

Apiladora pack de 3			
	día 1		
Duración de la prueba:	22 minutos		
Nº de microparadas detectadas:	4		
Ritmo de trabajo	66 packs/min aprox		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	02:15	Caida de packs en la parte de encajonado debido a que la maquina ha metido 2 cartones
	2	01:30	Atasco apilador debido a que ha entrado un pack en mala posición
	3	00:10	Pack en mala posición apilador(no se produce el atasco)
	4	03:29	Atasco apilador

Cálculo de la tasa neta de operación para día 1.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparadas}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	07:24	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparadas)*	0,66	66,36%
	* Suponiendo que la maquina se comporta durante todo el turno en las mismas condiciones que en el experimento		
Tiempos totales por fallo	Atasco apilador	04:59	
	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	02:15	
	Pack mala posicion	00:10	
		07:24	

Apiladora pack de 3			
	día 2		
Duración de la prueba:	30 minutos		
Microparadas detectadas:	4		
Ritmo de trabajo	66 packs/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:14	Atasco encajonadora caja carton
	2	00:16	Pack mal colocado
	3	00:35	Atasco encajonadora caja carton
	4	00:30	Atasco apilador

Cálculo de la tasa neta de operación para día 2.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	01:35	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,95	94,72%
Tiempos totales por fallo	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	00:49	
	Pack mala posicion	00:16	
	Atasco apilador	00:30	
		01:35	

Apiladora pack de 3			
	día 3		
Duración de la prueba:	34 minutos		
Microparadas detectadas:	6		
Ritmo de trabajo	66 packs/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	03:25	Atasco encajonadora por pack en mala posición
	2	00:10	Atasco y maquina sin rearmar
	3	00:10	Pack en mala posición
	4	01:24	Atasco apilador
	5	02:42	Atasco encajonadora a causa del carton
	6	00:36	Atasco apilador

Cálculo de la tasa neta de operación para día 3.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	08:27	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,75	75,14%
Tiempos totales por fallo	Atasco apilador	02:00	
	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	02:42	
	Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	03:35	
	Pack mala posición	00:10	
		08:27	

Apiladora pack de 3			
	día 4		
Duración de la prueba:	36 minutos		
Microparadas detectadas:	9		
Ritmo de trabajo	66 packs/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	01:00	Falta de alimentacion de packs
	2	00:32	"
	3	03:40	Atasco encajonadora por lata en posicion incorrecta
	4	01:10	Falta de carton
	5	00:37	Falta de alimentacion de latas
	6	02:25	Atasco apilador
	7	01:30	Atasco encajonadora por pack en mala posición
	8	04:40	"
	9	00:10	Atasco encajonadora cartón

Cálculo de la tasa neta de operación para día 4.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	15:44	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,56	56,29%
Tiempos totales por fallo	Falta alimentación packs	02:09	
	Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	09:50	
	Falta cartón	01:10	
	Atasco apilador	02:25	
	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	00:10	
		15:44	

Apiladora pack de 3			
	día 5		
Duración de la prueba:	40 minutos		
Microparadas detectadas:	12		
Ritmo de trabajo	66 packs/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	02:24	Atasco apilador
	2	00:42	Falta alimentacion de packs
	3	00:45	"
	4	01:53	Atasco apilador
	5	00:09	Falta de alimentación de packs
	6	00:17	"
	7	00:47	Atasco encajonadora lata
	8	03:31	"
	9	02:08	Atasco encajonadora carton
	10	01:04	atasco encajonadora latas
	11	00:58	Falta de alimentación de packs
	12	01:27	Falta de carton

Cálculo de la tasa neta de operación para día 5.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	16:05	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,60	59,79%
Tiempos totales por fallo	Falta cartón	01:27	
	Atasco apilador	04:17	
	Falta alimentación packs	02:51	
	Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	05:22	
	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	02:08	
		16:05	

Apiladora pack de 3			
	día 6		
Duración de la prueba:	35 minutos		
Microparadas detectadas:	7		
Ritmo de trabajo	66 packs/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:54	Falta alimentación packs
	2	00:51	Atasco apilador
	3	01:14	Atasco encajonadora packs
	4	01:48	"
	5	00:29	Falta alimentación packs
	6	02:15	Atasco apilador
	7	00:58	Atasco encajonadora carton

Cálculo de la tasa neta de operación para día 6.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	08:29	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,76	75,76%
Tiempos totales por fallo	Atasco apilador	03:06	
	Falta alimentación packs	01:23	
	Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	03:02	
	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	00:58	
		08:29	

Apiladora pack de 3			
	dia 7		
Duración de la prueba:	37 minutos		
Microparadas detectadas:	10		
Ritmo de trabajo	66 packs/min		
Microparadas detectadas:	Nº	Duración de la microparada	Causa de la microparada
	1	00:24	Atasco apilador
	2	00:45	"
	3	02:47	Atasco encajonadora packs
	4	02:14	"
	5	00:24	Falta alimentación packs
	6	00:49	Falta de cartón
	7	01:14	Falta alimentación packs
	8	00:19	Pack en mala posición apilador (no se produce el atasco)
	9	00:11	"
	10	01:49	Atasco encajonadora cartón

Cálculo de la tasa neta de operación para día 7.

$$\text{Tasa neta de operación} = \frac{\text{Tiempo total del experimento}}{\text{Tiempo total del experimento} - \text{Tiempo debido a microparos}}$$

	Tiempo total debido a microparadas	10:56	
	Tasa neta de operación (rendimiento respecto a microparos)	0,70	70,45%
Tiempos totales por fallo	Atasco apilador	01:09	
	Falta alimentación packs	01:38	
	Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	05:01	
	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	01:49	
	Falta cartón	00:49	
	Pack en mala posición	00:30	
		10:56	

Análisis de Pareto:

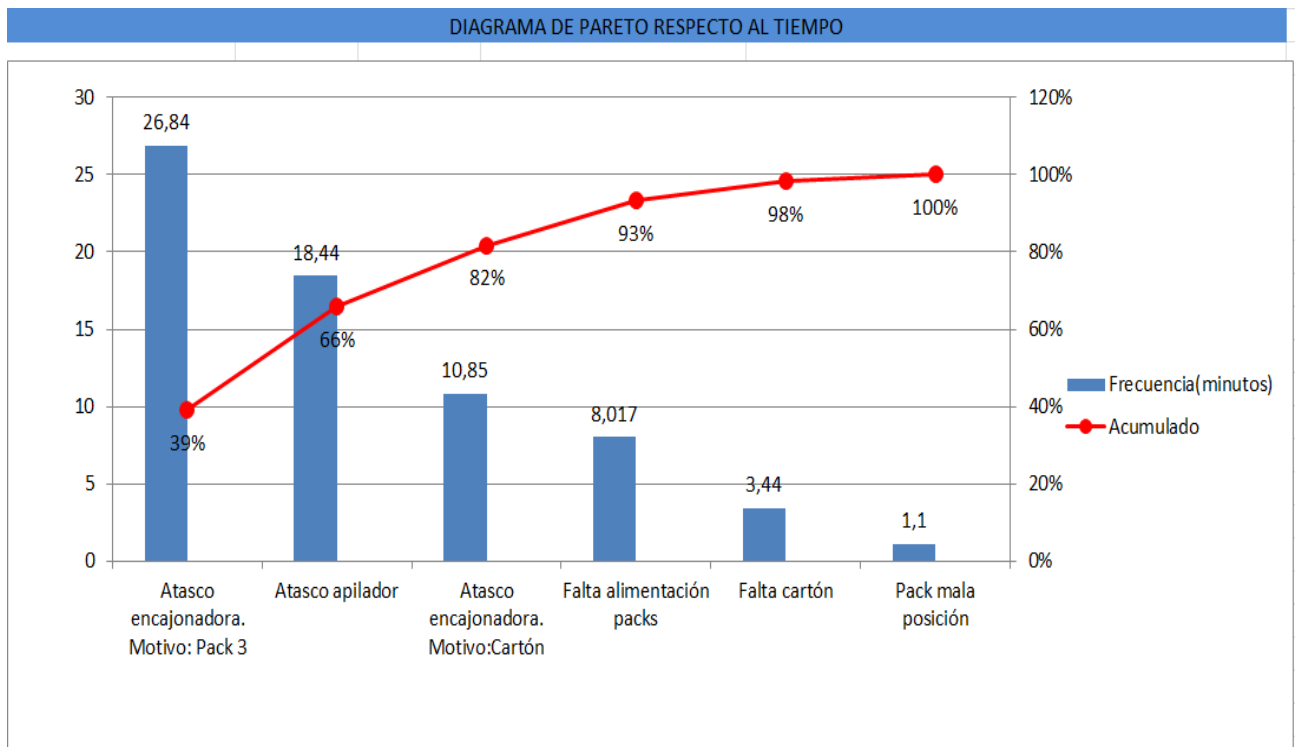
Sumamos todos los tiempos por microparadas:

Suma de tiempos totales por fallo	Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	10:51
	Pack mala posición	01:06
	Atasco apilador	18:26
	Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	26:50
	Falta alimentación packs	08:01
	Falta cartón	03:26
	Suma de tiempo microparadas	1:08:40
	Suma de tiempo del experimento	3,9 horas

Microparadas ordenadas de mayor a menor tiempo total:

	Frecuencia(minutos)	Acumulado
Atasco encajonadora. Motivo: Pack 3	26,84	39%
Atasco apilador	18,44	66%
Atasco encajonadora. Motivo:Cartón	10,85	82%
Falta alimentación packs	8,017	93%
Falta cartón	3,44	98%
Pack mala posición	1,1	100%

Y con la tabla anterior hacemos el siguiente grafico de Pareto:



Cálculo de la media y la desviación típica de la tasa neta de operación:

Media de la tasa neta de operación	0,71	71,22%
Desviación típica de la tasa media de operación	0,12688513	

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adolfo Crespo Márquez; Pedro Moreu de León; Antonio Sánchez Herguedas, *Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos*, Aenor Ediciones, 2004, primera edición.
- Álvarez Laverde H. La esencia del TPM. Revista Mantenimiento. Mayo 2003.
- Aenor, Mantenimiento. Terminología del mantenimiento, UNE-EN 13306. Madrid, Julio 2018.
- Fucci, Tomás A. R., 2016. *Haciendo más eficientes los procesos productivos. Los indicadores de eficiencia de los procesos hacia la competitividad y el futuro. Revista del Departamento de Ciencias Sociales, Vol. 3 Nro. 3:74-107*
- Inmaculada del Vigo García, José Villanueva Castrillón, *Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED*. Febrero 2009.
- www.usisa.com (consultada 18 de mayo de 2019)
- Google Maps (consultado 18 de mayo de 2019)