

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Análisis del proceso de fabricación de herrajes
helicoidales de SAPREM y aplicación de cambios
rápidos de utillaje (SMED)



Máster Universitario en
Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Álvaro Marcaida García
Francisco Javier Merino Díaz de Cerio
Pamplona, junio 2016

RESUMEN

Se analiza el proceso de fabricación de herrajes helicoidales para líneas eléctricas de la empresa SAPREM. Se comienza con la realización de un Mapa de la Cadena de Valor (VSM) para efectuar un diagnóstico de la situación actual y determinar qué técnicas y herramientas de lean manufacturing resultan más adecuadas para alcanzar una mayor eficiencia en la producción.

Tras analizar el VSM se concluye que la medida más urgente consiste en la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas preformadoras: las operaciones de preparación de estas máquinas conllevan paradas de más de dos horas, lo que dificulta la realización de cambios frecuentes de modelo y obliga a fabricar en grandes lotes. Para ello se estudia la aplicación de técnicas de cambios rápidos de utillaje (SMED) y su capacidad para incrementar la producción de dichas máquinas. Se concluye que se podría esperar una reducción de más del 70% con poca inversión económica.

ABSTRACT

The project consists in the study of helical fittings manufacturing process in SAPREM. The objective was to identify wastes and to consider the application of lean manufacturing actions in order to increase the efficiency of the factory. The first step was to create a current state Value Stream Mapping (VSM) so the present situation could be evaluated. Once it was completed it was possible to determine that the most urgent measure to apply was the reduction of equipment changeovers in SAPREM's preform machines: these operations usually involve downtimes of more than two hours and complicate the production of small batches. To solve this problem, Single-Minute Exchange of Dies (SMED) methods were studied and their application was planned. The results showed that a 70% potential reduction could be achieved with little investment.

Palabras clave: lean manufacturing, VSM, SMED, producción.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	TEMA TEÓRICO. LEAN MANUFACTURING.....	2
2.1.	Los desperdicios e ineficiencias: muda, muri y mura	2
2.1.1.	Muda.....	3
2.1.2.	Mura	4
2.1.3.	Muri	5
2.2.	Los cimientos de la gestión lean: estabilidad y estandarización	5
2.2.1.	Heijunka (Nivelación de la producción).....	5
2.2.2.	Estandarización del trabajo.....	6
	Las 5S	6
	Cambios rápidos de utillaje (SMED).....	7
2.2.3.	Kaizen (mejora continua)	10
2.3.	Los pilares de la gestión lean.....	11
2.3.1.	Just In Time (JIT)	11
2.3.2.	Jidoka (autonomación)	11
2.4.	Mapa de la cadena de valor	12
2.4.1.	¿Qué es la cadena de valor?.....	12
2.4.2.	Implementación del VSM.....	14
3.	EMPRESA.....	15
3.1.	Información general de la empresa.....	15
3.2.	Estructura de la empresa.....	15
3.3.	Mercados y clientes	15
3.4.	Competidores.....	16
3.5.	Proveedores	16
3.6.	Productos	17
3.6.1.	Accesorios helicoidales preformados	17
3.6.2.	Otros productos	19
3.7.	Producción.....	20
3.7.1.	Distribución en planta.....	21
3.7.2.	Descripción de los procesos	22
	Preformado	23
	Limpieza	24
	Pegado	26
	Encolado y enarenado.....	28
	Cableado	30
	Anillado, etiquetado y embalaje	32
	Marcado, etiquetado y embalaje.....	34
4.	APLICACIÓN PRÁCTICA	36
4.1.	Metodología.....	36
4.2.	Recogida y organización de los datos.....	36
4.2.1.	Determinación de las familias de productos.....	36
4.2.2.	Proveedores y clientes	38
4.2.3.	Flujo de material y de información.....	38
4.2.4.	Procesos	38
4.2.5.	Inventarios	41
4.3.	VSM de la situación actual.....	44
4.3.1.	VSM – Retenciones	45
4.3.2.	VSM – Empalmes.....	46

4.3.3.	VSM – Varillas	47
4.4.	Diagnóstico de la situación actual	48
4.5.	Acciones para eliminar las ineficiencias.	52
4.5.1.	Nivelación de la producción	52
4.6.	Aplicación del SMED a las máquinas preformadoras.....	53
4.6.1.	Descripción de las máquinas preformadoras	53
	Aportación de hilo	54
	Tracción del hilo.....	56
	Preformado	58
	Corte	62
	Acabado de puntas.....	65
	Enhebrado.....	72
	Expulsión.....	74
4.6.2.	Fase preliminar	76
4.6.3.	Fase 1: Separación de la preparación interna y externa.....	79
	Listas de comprobación	79
	Comprobación de funciones	82
	Mejora del transporte.....	82
	Sistema de prioridad	82
	Situación tras la primera fase.....	83
4.6.4.	Fase 2: Conversión de la preparación interna en externa	85
	Preparación por anticipado	85
	Estandarización de funciones y plantillas intermedias	85
	Situación tras la segunda fase.....	87
4.6.5.	Fase 3: Refinamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparación	89
	Operaciones en paralelo.....	89
	Anclajes funcionales.....	89
	Eliminación de ajustes	91
	Situación tras la tercera fase	99
4.6.6.	Análisis final.....	101
	Mejora de los tiempos de cambio de lote	101
	Eliminación de desperdicios.....	102
4.6.7.	Medidas complementarias	102
5.	CONCLUSIONES	106
5.1.	Cumplimiento de los objetivos	106
5.2.	Dificultades encontradas.....	106
5.3.	Validez de los resultados	106
5.4.	Líneas de futuro	107
5.5.	Aportación personal.....	107
6.	REFERENCIAS	108
	ANEXO I: NÚMERO DE MÁQUINAS FUNCIONANDO CADA HORA	109
	ANEXO II: OPERACIONES DE CAMBIO ANTES DEL SMED.....	114
	ANEXO III. OPERACIONES DE CAMBIO. FASE 1	119
	ANEXO IV: OPERACIONES DE CAMBIO. FASE 2	124
	ANEXO V: OPERACIONES DE CAMBIO FASE 3	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de producción de Toyota. Fuente: <i>www.lean.org</i>	2
Figura 2. Efecto de la desigualdad en los niveles de demanda.....	4
Figura 3. Producción en lotes grandes y lotes pequeños.	4
Figura 4. Proceso de eliminación de los desperdicios.	5
Figura 5. Diagrama de las 5S.	6
Figura 6. Diagrama de las fases del SMED.....	8
Figura 7. Fábrica y oficinas de SAPREM en Izurdiaga (Navarra).....	15
Figura 8. Organigrama de SAPREM.....	15
Figura 9. Distribución de ventas de SAPREM del 2011 al 2015.	16
Figura 10. Varillas de protección y de reparación.....	17
Figura 11. Retenciones de anclaje (1), de amarre (2), empalme de protección (3) y suspensión SAFO (4).	18
Figura 12. Sentidos de cableado. Izquierdas (1) y derechas (2).....	19
Figura 13. Amortiguadores tipo <i>stockbridge</i> (izquierda) y tipo <i>amorfo</i> (derecha).	19
Figura 14. Cadena de suspensión.	19
Figura 15. Separadores para dos, tres y cuatro conductores.....	20
Figura 16. Balizas salvapájaros de alas de neopreno (izquierda) y de aspas giratorias (derecha).....	20
Figura 17. Esquema de la nave principal de SAPREM.....	21
Figura 18. Diagrama de proceso de los herrajes helicoidales.....	22
Figura 19. Máquinas preformadoras. Vista general.	23
Figura 20. Acabado de puntas de varillas: punta lijada (izquierda) y punta pico loro (derecha).....	23
Figura 21. Cuba de limpieza. Vista general.....	24
Figura 22. Cuba de limpieza. Entrada de las piezas.	25
Figura 23. Cuba de limpieza. Cestón portapiezas.	25
Figura 24. Pegadora. Vista superior.	26
Figura 25. Pegadora. Vista frontal.....	27
Figura 26. Pegadora. Detalle de la sujeción de las varillas.	27
Figura 27. Encoladoras. Vista superior.	28
Figura 28. Encoladoras. Vista frontal.....	29
Figura 29. Encoladoras. Detalle del sistema de aplicación de cola y antideslizante.....	29
Figura 30. Cableadotas. Vista superior.....	30
Figura 31. Cableadotas. Vista frontal.	31
Figura 32. Cableadotas. Detalle del sistema de sujeción de piezas.....	31
Figura 33. Anilladora para retenciones de anclaje.	32
Figura 34. Anilladora para suspensiones SAFO.....	33
Figura 35. Retenciones de anclaje colocadas sobre caballetes.....	33
Figura 36. Atadora automática para varillas largas. Vista general.	34
Figura 37. Mesa de embalaje para atado y etiquetado manual. Vista general.....	35
Figura 38. Almacén de bobinas (materia prima).	41
Figura 39. Inventario de material en curso.	42
Figura 40. Almacén de producto terminado.	43
Figura 41. Almacén de producto terminado.	43
Figura 42. Mapa de la cadena de valor de las retenciones.	45
Figura 43. Mapa de la cadena de valor de los empalmes.	46
Figura 44. Mapa de la cadena de valor de las varillas.....	47
Figura 45. Tiempos medios de funcionamiento registrados.....	48

Figura 46. Almacén de material en curso junto a la cuba de limpieza.....	49
Figura 47. Tiempos medios de funcionamiento por día.....	49
Figura 48. Inventario de producto terminado.....	51
Figura 49. Inventario de producto terminado.....	51
Figura 50. Máquinas preformadoras. Vista completa.....	53
Figura 51. Bobina de hilo colocada sobre el soporte.....	54
Figura 52. Hilo enhebrado en la máquina preformadora.....	55
Figura 53. Hilo enhebrado en la máquina preformadora. Detalle.....	55
Figura 54. Rodillos de tracción. Máquina para puntas lijadas.....	56
Figura 55. Rodillos de tracción. Detalle.....	57
Figura 56. Rodillos de tracción. Máquina para puntas redondas y pico loro.....	57
Figura 57. Sistema de deformación.....	58
Figura 58. Sistema de deformación. Detalle.....	59
Figura 59. Hilera y tubo de engrasado.....	59
Figura 60. Mecanismo de desplazamiento del sistema de deformación.....	60
Figura 61. Mesa de medición.....	61
Figura 62. Sistema de corte de varillas. Vista general.....	62
Figura 63. Sistema de corte de varillas. Detalle del sensor de corte.....	63
Figura 64. Sistema de corte de varillas. Detalle del mecanismo de corte.....	63
Figura 65. Sistema de corte de varillas. Detalle de la rampa de elevación.....	64
Figura 66. Sistema de corte de varillas. Vista trasera.....	64
Figura 67. Máquina preformadoras para puntas lijadas. Vista frontal.....	65
Figura 68. Máquina preformadora para puntas lijadas. Detalle de la lijadora.....	66
Figura 69. Máquina preformadora para puntas lijadas. Detalle del mecanismo de desplazamiento.....	66
Figura 70. Barras de apoyo para lijar puntas. Detalle.....	66
Figura 71. Sistema de lijado de puntas. Vista trasera.....	67
Figura 72. Detalle del mecanismo de acabado de puntas redondas.....	68
Figura 73. Detalle de la cuchilla de puntas redondas.....	68
Figura 74. Detalle del ajuste de posición del soporte de varillas para puntas redondas.....	69
Figura 75. Prensa para puntas pico loro.....	69
Figura 76. Detalle del ajuste de posición del soporte de varillas para puntas pico loro.....	70
Figura 77. Detalle del mecanismo de sujeción de varillas para puntas pico loro.....	70
Figura 78. Máquina preformadora para puntas redondas. Encauzadores de varillas.....	71
Figura 79. Máquina preformadoras para puntas lijadas. Rodillo de enhebrado.....	72
Figura 80. Máquina preformadora para puntas lijadas. Sistema de enhebrado.....	73
Figura 81. Detalle del enhebrado de varillas.....	73
Figura 82. Máquina preformadora para puntas lijadas. Sistema de enhebrado.....	74
Figura 83. Máquina preformadora para puntas lijadas. Carro para piezas terminadas.....	75
Figura 84. Máquina preformadora para puntas redondas. Carro para piezas terminadas.....	75
Figura 85. Máquina para puntas lijadas. Tiempos de preparación interna y externa.....	79
Figura 86. Máquina para puntas redondas. Tiempos de preparación interna y externa.....	79
Figura 87. Lista de comprobación de máquinas para puntas lijadas.....	80
Figura 88. Lista de comprobación de máquinas para puntas redondas.....	81
Figura 89. Máquinas para puntas lijadas. Evolución tras la primera fase del SMED.....	84
Figura 90. Máquinas para puntas redondas. Evolución tras la primera fase del SMED.....	84
Figura 91. Rodillos de tracción. Detalle de las ranuras.....	86
Figura 92. Detalle de la extensión de la longitud de las barras de apoyo.....	86

Figura 93. Detalle de los anclajes del cilindro de sujeción.	87
Figura 94. Máquinas para puntas lijadas. Evolución tras la segunda fase del SMED...	88
Figura 95. Máquinas para puntas redondas. Evolución tras la segunda fase del SMED.	88
Figura 96. Anclajes funcionales de las máquinas preformadoras.	90
Figura 97. Esquema de tornillo y tuerca con pasos cortados.....	91
Figura 98. Guías de desplazamiento para encauzadores inferiores (1), rodillo de enhebrado (2), lijadoras (3), y encauzadores superiores y sensor de corte (4).....	92
Figura 99. Ficha de eliminación de ajustes. Máquinas para puntas lijadas.....	94
Figura 100. Escala graduada de los encauzadores superiores y del sensor de corte.	95
Figura 101. Escala graduada para los sensores para lijar puntas.....	95
Figura 102. Escala graduada para la mesa de las máquinas para puntas lijadas.	96
Figura 103. Escala graduada para el rodillo de enhebrado.....	96
Figura 104. Ficha de eliminación de ajustes. Máquinas para puntas redondas.....	97
Figura 105. Escala graduada para la mesa de las máquinas para puntas redondas.	98
Figura 106. Distancias a medir en el sistema de deformación.	99
Figura 107. Máquinas para puntas lijadas. Evolución tras la tercera fase del SMED.	100
Figura 108. Máquinas para puntas redondas. Evolución tras la tercera fase del SMED.	100
Figura 109. Máquinas para puntas lijadas. Diagrama de reducción de tiempo tras el SMED.....	101
Figura 110. Máquinas para puntas redondas. Diagrama de reducción de tiempo tras el SMED.....	101
Figura 111. Sensores para detección de fallos instalados en las máquinas preformadoras.....	102
Figura 112. Vista de las bobinas de las máquinas preformadoras.....	103
Figura 113. Ejemplo de tablero Andon indicando el fallo de la preformadora N°5....	103
Figura 114. Armario de almacenaje de útiles de deformación, envoltentes y portaenvoltentes.....	104
Figura 115. Detalles de la situación de orden y limpieza en la zona de máquinas preformadoras.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Símbolos frecuentes del mapa de la cadena de valor.	13
Tabla 2. Matriz producto-proceso de los herrajes helicoidales preformados.	37
Tabla 3. Inventario de materia prima.	41
Tabla 4. Inventario de producto terminado de los accesorios más frecuentemente vendidos.....	44
Tabla 5. Tiempos de las tareas de preparación antes del SMED.....	77
Tabla 6. Tiempos de las tareas de preparación tras la primera fase del SMED.	83
Tabla 7. Tiempos de las tareas de preparación tras la segunda fase del SMED.....	87
Tabla 8. Tiempos de las tareas de preparación tras la tercera fase del SMED.....	99

1. INTRODUCCIÓN

Con este trabajo se pretenden abordar desde una perspectiva general los aspectos fundamentales de la gestión lean.

Se tratará de analizar la situación actual del proceso productivo de la empresa navarra SAPREM S.A. de Preformados Metálicos. El objetivo es estudiar los problemas e ineficiencias a los que se enfrenta la Dirección de Producción, así como plantear una serie de cambios que conduzcan a una fabricación más eficiente, tomando como base los principios y herramientas proporcionadas por la filosofía lean.

En primer lugar, se plantearán los conceptos más relevantes acerca de la gestión lean, de forma que posteriormente se puedan identificar las causas de las ineficiencias y los puntos del proceso con una mayor necesidad de mejora.

A continuación, se presentará de forma detallada la empresa, atendiendo especialmente a los productos y al proceso productivo. Se describirá en profundidad el funcionamiento y las características de cada etapa de fabricación, al igual que de los almacenes de materia prima, material en curso y producto terminado.

Una vez planteadas las bases sobre las que asentar el trabajo, se procederá a estudiar en detenimiento el funcionamiento real de los procesos, a partir de continuas observaciones y de datos tomados in situ. Se elaborará un Mapa de la Cadena de Valor (VSM), que permita analizar la situación actual de forma global y se determinarán las técnicas lean más urgentes o apropiadas para mejorar la eficiencia del sistema.

Por último, se desarrollará la aplicación de técnicas de cambio rápido de utillaje (SMED) sobre las máquinas preformadoras de SAPREM, con el fin de posibilitar la fabricación en lotes más pequeños y aumentar su tiempo productivo total. Se propondrá una serie de medidas y se estimará la reducción de tiempo que podría lograrse en estos cambios.

2. TEMA TEÓRICO. LEAN MANUFACTURING

El lean manufacturing, producción ajustada o manufactura esbelta es una forma de trabajo que busca la satisfacción del cliente, suministrando productos personalizados, de alta calidad, en plazos de tiempo reducidos y de forma rentable para la empresa desde el punto de vista de los costes.

Surgió en Japón, tras la Segunda Guerra Mundial, cuando la industria japonesa, debido al estado de precariedad y falta de materias primas en el que se encontraba, se vio forzada a mejorar la productividad sin recurrir a economías de escala.

Se trata de una filosofía que busca el progreso y la mejora constantes, a través del máximo aprovechamiento de los recursos y de la minimización de cualquier tipo de desperdicio o ineficiencia.

Alrededor de la fabricación lean, han surgido multitud de técnicas y herramientas que posibilitan su implantación de forma sistemática dentro de las organizaciones, facilitando su camino hacia una gestión más eficiente. El fabricante de automóviles Toyota esquematizó el modelo lean como una casa, donde estas técnicas constituyen los elementos que la sostienen (Figura 1).

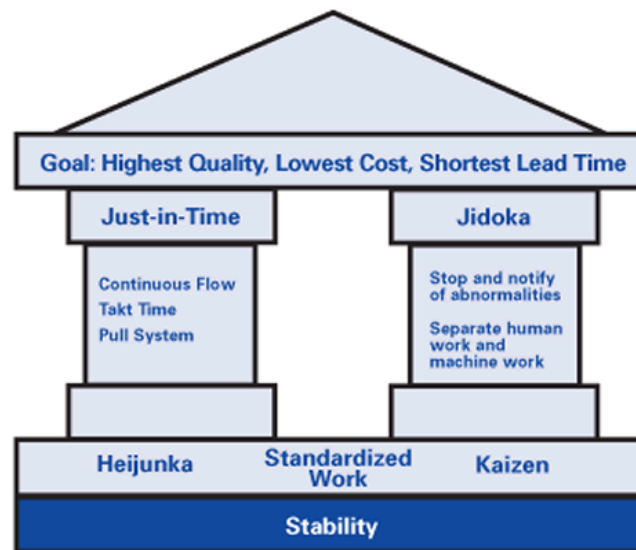


Figura 1. Sistema de producción de Toyota. Fuente: www.lean.org.

2.1. Los desperdicios e ineficiencias: muda, mura y muri

El camino hacia una gestión que aproveche al máximo los recursos disponibles pasa por la eliminación de cualquier desperdicio o ineficiencia. Existen tres problemas principales a los que la metodología lean busca hacer frente. Estos son conocidos por tres términos de origen japonés: muda (actividades que no añaden valor), mura (irregularidad de la producción) y muri (sobrecargas de trabajo).

2.1.1. Muda

El sistema lean considera siete tipos de desperdicios (o 7 mudas, en japonés). Son aquellas actividades de la empresa que no generan valor para el cliente, y son los siguientes:

Transportes

El traslado de materiales de un lugar a otro de la fábrica no añade ningún tipo de valor al producto. Sin embargo, supone un coste para la empresa, consumiendo parte del tiempo del personal, y necesitando en ocasiones carretillas elevadoras y otros elementos de transporte interno.

Tiempos de espera

Se producen por la imposibilidad de realizar una tarea ante la falta de material, autorización o cualquier input necesario para iniciar la actividad, estando el resto de elementos preparados.

Inventarios excesivos

Las materias primas, los materiales semi-elaborados y los productos terminados almacenados suponen un coste para la empresa hasta que son vendidos: necesitan espacio, embalaje y ser transportados de un sitio a otro. Por otro lado, existe el riesgo de que los materiales se dañen, se deterioren o queden obsoletos.

Sobreproducción

Es el desperdicio más importante. Consiste en fabricar demasiada cantidad de producto o hacerlo demasiado pronto. El objetivo debe ser producir solo lo que solicita el cliente y producirlo cuando lo solicita.

Movimientos innecesarios

Se trata de movimientos de personas o máquinas que no son todo lo cortos o sencillos que podrían ser. Algunos ejemplos son agacharse a coger piezas pesadas del suelo, cambiar las piezas de posición, etc.

Sobre-procesamientos

Se producen cuando se emplean técnicas inapropiadas, equipos sobredimensionados, tolerancias demasiado ajustadas, etc.

Defectos, rechazos y reprocesos

Es el más obvio de los siete tipos de desperdicios, aunque no siempre es el más sencillo de detectar antes de que el producto llegue al cliente. Cada producto con defectos requiere reprocesado o sustitución, consume recursos y materiales, implica trabajo administrativo y puede conducir a la pérdida de clientes.

Por último, a parte de estos siete desperdicios considerados originalmente, se suele añadir un octavo: el talento humano. Se refiere a no aprovechar la capacidad y la creatividad de los trabajadores para eliminar el resto de desperdicios.

2.1.2. Mura

Mura significa “desigualdad” o “irregularidad” y en la gestión lean hace referencia a la variabilidad de los niveles de demanda, que desembocan en una carga de fabricación desigual en el tiempo, baja en algunos momentos, generalmente al principio de la semana o del mes; y muy saturada al llegar al final de dichos periodos (Ver Figura 2).

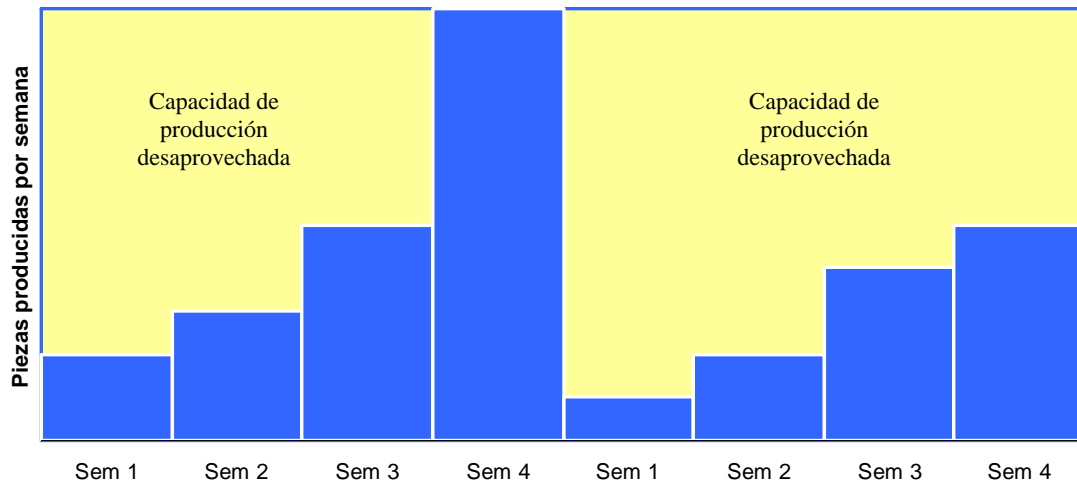
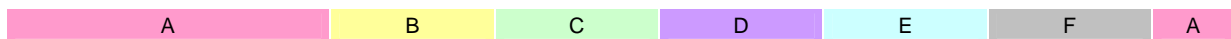


Figura 2. Efecto de la desigualdad en los niveles de demanda.
 Adaptado de: www.leanmanufacturingtools.org/732/muraunevennessproductionleveling/

Normalmente las empresas tienden a fabricar grandes lotes de productos. Esto reduce el número de cambios necesarios pero provoca problemas en otros puntos de la cadena de valor.

Para resolver el problema de la desigualdad en la producción se hace necesario reducir el tamaño de los lotes y buscar una producción más regular y predecible. En vez de producir cada pedido completo inmediatamente se debe programar la velocidad a la que se necesita producir un pedido.

LOTES GRANDES:



LOTES PEQUEÑOS:



Figura 3. Producción en lotes grandes y lotes pequeños.
 Adaptado de: www.leanmanufacturingtools.org/732/muraunevennessproductionleveling/

2.1.3. Muri

Muri significa “irracionalidad” o “imposibilidad”, y tiene que ver con sobrecargar a los empleados o a las máquinas con excesivo trabajo que no es posible cumplir. Surge como consecuencia de variaciones en la demanda, procesos poco fiables, mala distribución en planta, trabajadores mal preparados, etc.

Generalmente, estos tres problemas no aparecen de forma aislada: cuando la producción no está equilibrada (mura) surgen sobrecargas temporales sobre empleados y máquinas (muri), lo que desencadena diversas actividades no generadoras de valor (muda). Un error frecuente a la hora de implementar un sistema lean suele ser intentar atacar las 7 mudas en primer lugar, ya que se trata de desperdicios fáciles de identificar. Sin embargo, el procedimiento correcto comienza por eliminar el mura, para después acabar también con el muri y el muda:

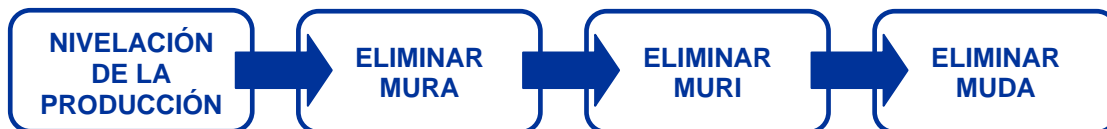


Figura 4. Proceso de eliminación de los desperdicios.

2.2. Los cimientos de la gestión lean: estabilidad y estandarización

2.2.1. Heijunka (nivelación de la producción)

Heijunka es un término japonés que significa transformación en un nivel plano (hei=plano, jun=nivel, ka=transformación) y se refiere a un conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de los clientes durante un periodo determinado de tiempo.

Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran durante un periodo de tiempo suficientemente grande. Sin embargo, en periodos más breves las fluctuaciones pueden ser importantes.

La nivelación de la producción cobra especial importancia cuando existe gran variedad de tipos de productos que deben ser procesados por las mismas máquinas u operarios.

Se requiere un profundo conocimiento de la demanda de los clientes y de cómo ésta afecta a la producción. Con el heijunka no se varía la producción en función de la demanda del cliente, sino que basándose en ella, se ajustan las cantidades de los productos que se deben fabricar en cada momento. La fabricación de lotes pequeños exige que los tiempos de cambio sean rápidos, sin defectos de calidad por cambio de lote.

2.2.2. Estandarización del trabajo

Las 5S

La metodología de las 5S consiste en una forma sistemática de gestionar los materiales y elementos dentro de un área de trabajo. Surgió en Japón y su nombre proviene de cinco palabras en japonés con las que identifica los cinco pasos de los que consta:



Figura 5. Diagrama de las 5S.

Fuente: www.venki.com.br/blog/programa-5s-nas-empresas/

- Seiri (eliminar): consiste en retirar del puesto de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para las tareas que se realizan. Con ello se reduce la necesidad de buscar lo que realmente se necesita entre un montón de cosas y se evita tener que apartar objetos del medio para poder operar. Los objetos que se suelen requerir diaria o semanalmente deben situarse dentro del área de trabajo. Aquéllos con una frecuencia de uso mensual deberán tenerse cerca sólo si sobra espacio, y el resto de objetos deberán retirarse a otro lugar para dejar más espacio libre.
- Seiton (ordenar): el propósito es encontrar un lugar para cada cosa dentro del área de trabajo. Cada objeto debe estar situado lo más cerca posible de su punto de utilización, en un lugar seguro y fácil de alcanzar. Se busca tener un puesto de trabajo ergonómico, minimizando los movimientos y el estrés.
- Seiso (limpiar): el objetivo no es tener un área de trabajo más bonita sino facilitar la detección de problemas cuando estos aparecen: se hace más sencillo detectar de forma visual fugas de aceite, tornillos flojos, cables sueltos, etc. Se deben identificar los focos de suciedad para poder eliminarlos y no tener que limpiar con tanta frecuencia.
- Seiketsu (estandarizar): este paso pretende sistematizar los tres pasos anteriores para mantener los niveles conseguidos. Sólo estandarizando las tareas es posible detectar errores y encontrar oportunidades de mejora.
- Shitsuke (disciplina): el propósito de este paso es mantener el progreso logrado con esta metodología, evitando que se vuelva a la situación previa a su implementación. Se busca que los métodos de las 5S se conviertan en un hábito dentro de la empresa.

Cambios rápidos de utillaje (SMED)

SMED son las siglas en inglés de Single-Minute Exchange of Die, que corresponde a la expresión “cambios de utillaje en menos de 10 minutos”. Los cambios rápidos de útiles posibilitan el cambio fácil de un modelo a otro, evitan grandes inventarios y permiten que la fabricación de una amplia gama de productos en cantidades limitadas sea rentable en términos de costes.

No siempre es posible alcanzar un tiempo inferior a 10 minutos, pero la implementación de las técnicas de SMED permite reducir de forma importante los tiempos de cambio y preparación en la gran mayoría de casos.

Por otro lado, la implementación de estas técnicas da mayor fluidez al trabajo, haciendo más seguras las preparaciones de máquinas y creando menos estrés físico a los operarios.

Las operaciones de preparación incluyen las tareas que se deben realizar para preparar y ajustar las máquinas antes y después de procesar cada lote. En toda operación de preparación se puede distinguir entre:

- Preparación interna: incluye las tareas que sólo pueden realizarse estando la máquina parada.
- Preparación externa: se refiere a las tareas que se pueden hacer con la máquina en funcionamiento.

Todas las operaciones de preparación que no se han mejorado a través del SMED se componen de 4 pasos:

- Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas: consiste en asegurar que todas las piezas, plantillas y herramientas están donde deben estar y que funcionan adecuadamente. Incluye el periodo posterior al proceso en el que todos estos elementos se retiran y devuelven a su punto de almacenaje, se limpia la máquina, etc.
- Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas: incluye la retirada de estos elementos después de procesar un lote, y el montaje de los correspondientes para el lote siguiente.
- Mediciones, montajes y calibraciones: incluye todas las mediciones y calibraciones que deben hacerse para poder realizar una operación de producción, como centrado, dimensionamiento o medición de temperatura.
- Ensayos y ajustes: es el paso final de una operación de preparación tradicional, los ajustes se hacen después de que se procesen una o más piezas de prueba. Estos ajustes son más fáciles cuanto más precisas sean las mediciones y calibraciones del paso anterior. En una preparación tradicional, el tiempo necesario para este paso depende de la habilidad del personal y consume, aproximadamente, la mitad del tiempo de una preparación tradicional. La máquina no fabrica buenos

productos hasta que se termina este paso, por lo que se considera parte de la preparación interna.

Antes de empezar a aplicar las fases del SMED, es necesario tener una idea clara de cómo se realizan actualmente las operaciones de preparación y el tiempo que se invierte en ellas. Este paso preliminar se denomina análisis de preparación y ayuda a planificar cómo implantar las mejoras.

Para el análisis de las preparaciones se recomienda seguir tres pasos:

- Filmar la operación de preparación entera y observar los movimientos de manos, cuerpo y ojos del operario que realiza las tareas de preparación.
- Mostrar el vídeo al operario y a todos los del equipo, pedirle que describa lo que ha hecho y discutir las operaciones con el grupo.
- Estudiar el vídeo en detalle y observar los tiempos y movimientos en cada paso de la preparación.

El enfoque SMED se implanta en tres fases:

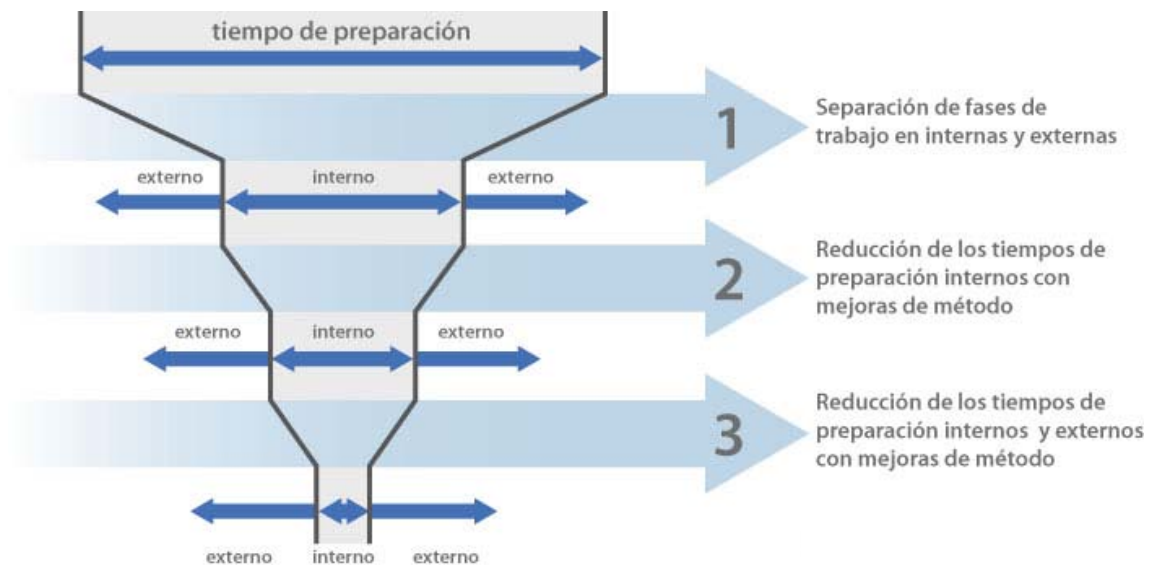


Figura 6. Diagrama de las fases del SMED.

Fuente: [www.mtmingenieros.com /knowledge/que-es-smed/](http://www.mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/)

Fase 1: separación de la preparación interna y externa. Es el paso más importante y consiste en distinguir entre las operaciones de preparación internas y externas.

Destacando las operaciones de preparación y transporte que pueden realizarse mientras la máquina funciona, el tiempo necesario de la preparación interna puede reducirse entre un 30% y un 50%.

Ciertas tareas se pueden llevar a cabo de forma clara antes de que las máquinas se paren, como la reunión del personal necesario, la realización de reparaciones o el traslado de útiles al almacén.

Para realizar esta separación de tareas, existen tres técnicas prácticas:

- Listas de comprobación: relaciona todos los elementos que se requieren para preparar un equipo. Se incluyen útiles y herramientas, especificaciones, trabajadores, valores de las condiciones operativas, mediciones y dimensiones correctas. La comprobación de los elementos de la lista antes de que se pare la máquina ayuda a evitar omisiones y errores que retrasen la preparación.
- Comprobación de funciones: indica si todos los elementos están en perfecto estado de funcionamiento. Debe hacerse antes de que comience la preparación interna, para que se puedan llevar a cabo las reparaciones o modificaciones necesarias.
- Mejora del transporte de piezas, útiles y herramientas: para acortar el tiempo de parada de las máquinas, el transporte de estos elementos a las proximidades del equipo debe hacerse durante la preparación externa. De la misma forma, no deben transportarse fuera de esta área hasta que hayan acabado las tareas de preparación y la máquina esté procesando el siguiente producto.

Fase 2: conversión de la preparación interna en externa. La reducción adicional de los tiempos para acercarse a la cifra de los 10 minutos incluye dos actividades importantes:

- Reexaminar las operaciones para comprobar si alguna de ellas se está asumiendo como preparación interna de forma errónea.
- Encontrar modos de convertir estas tareas en preparación externa. Frecuentemente, identificando su verdadera función, ciertas operaciones pueden convertirse en externas.

Existen tres técnicas prácticas que ayudan a convertir las tareas de preparación interna en externa:

- Preparación por anticipado de las condiciones de operación: significa hacer que los elementos y las condiciones necesarios estén listos antes de empezar las tareas de preparación interna.
- Estandarización de funciones: consiste en mantener iguales determinados parámetros y condiciones de una operación a otra. Se deben estandarizar sólo las funciones esenciales para el montaje de útiles o herramientas. Esta estandarización conlleva dos pasos: observar y decidir qué funciones se pueden estandarizar, y pensar sobre cómo se puede aumentar la eficiencia reemplazando el menor número de elementos posibles.
- Plantillas intermedias: son placas o soportes de dimensiones estándar que pueden retirarse de la máquina y que sirven para convertir las tareas de preparación interna en externa.

Fase 3: refinamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparación. Para lograr una reducción de tiempo adicional, se deben analizar en detalle los elementos básicos de cada operación.

- Refinamiento de la preparación externa: incluye el almacenaje y el transporte de piezas, útiles y herramientas.
- Refinamiento de la preparación interna:
 - Operaciones en paralelo: ciertas máquinas de gran tamaño requieren operaciones en dos puntos distintos. Entre dos personas se pueden realizar estas tareas en paralelo y reducir el tiempo total de preparación.
 - Uso de anclajes funcionales: los pernos y los tornillos generalmente ralentizan las tareas de preparación interna ya que se aflojan o no ajustan, y lleva demasiado tiempo apretarlos. Las sujeciones funcionales mantienen las cosas en su lugar con un esfuerzo mínimo y de forma mucho más rápida.
 - Eliminación de ajustes: las operaciones de prueba y los ajustes pueden llegar a contabilizar hasta el 50% del tiempo de una preparación tradicional. Esto se consigue realizando montajes buenos antes de poner en marcha la máquina. El número de operaciones de ajuste depende de la precisión con que se haya llevado a cabo el centrado, dimensionado y las condiciones de montaje en los pasos anteriores del montaje.
 - Mecanización: sólo debe considerarse después de que se hayan intentado aplicar las técnicas anteriores. Este proceso sólo puede reducir los tiempos en torno a un minuto, por lo que se debe emplear sólo cuando se busque un tiempo muy ajustado de las tareas de preparación.

2.2.3. Kaizen (mejora continua)

Kaizen significa en japonés “cambio para mejorar” (kai=cambio, zen=bueno). Se basa en la lucha constante contra el desperdicio y las ineficiencias. Su componente fundamental es el llamado espíritu Kaizen, basado en el trabajo en equipo.

En ocasiones una empresa puede requerir un cambio drástico que muchos pequeños cambios sostenidos en el tiempo no alcanzarían a producir. En este caso se habla de eventos Kaizen, y consisten en una serie de acciones encaminadas a mejorar los resultados de los procesos existentes.

2.3. Los pilares de la gestión lean

2.3.1. Just In Time (JIT)

El sistema Justo a Tiempo persigue la idea de producir sólo lo que el cliente desea, en la cantidad que desea y en el momento que lo desea, con excelente calidad y aprovechando al máximo los recursos.

El JIT constituye el origen de la fabricación lean, y se basa en la búsqueda de simplicidad, la eliminación de los despilfarros, el establecimiento de sistemas para identificar problemas y la acción contra los problemas fundamentales.

Es un sistema orientado a la demanda, por lo que emplea sistemas de información pull: la demanda determina la cantidad de productos que se fabrican, reduciendo al mínimo los niveles de inventario, pero requiriendo frecuentemente una buena previsión de la demanda.

2.3.2. Jidoka (autonomación)

Jidoka es un término japonés que significa “automatización con un toque humano”. Busca que el proceso tenga su propio sistema de control de calidad, de forma que se detenga por sí sólo en caso de encontrar una pieza defectuosa e impidiendo que avance hacia posteriores etapas del proceso.

Una máquina se encuentra automatizada cuando dispone de mecanismos que permiten la detección automática de fallos. De esa forma no es necesaria la presencia de ningún operario cuando la máquina funciona normalmente. Sólo requerirá la atención del personal cuando detecte un error, lo que permite que un mismo trabajador esté a cargo de varias máquinas de forma simultánea.

Para ello resulta de utilidad el empleo de sistemas Andon, que son señales que permiten alertar a los operarios cuando se produce la parada de alguna máquina, con la posibilidad de indicar también el origen del fallo o la detención.

Por otro lado, la autonomación promueve la cultura de detener la máquina cuando se detecta algún tipo de anomalía, idea contraria a la forma de actuar tradicional, que busca siempre evitar parar la máquina ante fallos de poca importancia para evitar pérdidas de productividad.

No se trata sólo de detener la máquina, sino de identificar el problema y atacar la causa para evitar que vuelva a producirse. Actualmente, con la tecnología disponible la incorporación de estos sistemas a las máquinas no supone un problema técnico ni económico. A pesar de ello, se sigue cometiendo el error de solucionar el problema sin estudiar y erradicar la causa.

2.4. Mapa de la cadena de valor

2.4.1. ¿Qué es la cadena de valor?

Se llama cadena de valor al flujo de información y materiales con el que la empresa consigue crear valor para el cliente. Incluye todas las actividades que se llevan a cabo para transformar las materias primas y la información en aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar. Este flujo se representa con ayuda de un modelo gráfico llamado Mapa de la Cadena de Valor o Mapa del Flujo de Valor, conocido frecuentemente por sus siglas en inglés VSM (Value Stream Mapping).

El VSM permite visualizar e identificar de forma sencilla las actividades que no generan valor añadido para los clientes (tiempos de espera, transportes, tiempos de almacenamiento, etc.) para poder eliminarlas mediante la implementación de mejoras.

En fabricación, se debe trazar un VSM diferente para cada familia de productos. Generalmente se entiende por familia de productos aquellos que comparten un proceso de fabricación similar, ocupando los mismos equipos y pasando por los mismos procesos.

Los datos deben tomarse *in situ*, alejándose de los sistemas de información existentes, y reflejando mejor la realidad de los procesos.

El mapa de la cadena de valor es la herramienta principal de diagnóstico cuando se persigue la implantación de sistemas lean. Permite la detección de los desperdicios y ayuda a determinar un plan para eliminarlas.

En la representación gráfica del VSM se emplean los siguientes símbolos:

	<p>Proveedor/Cliente: representa al proveedor cuando se dibuja en la esquina superior izquierda del VSM, y al cliente cuando se dibuja en la esquina superior derecha.</p>
	<p>Proceso: indica un proceso, una operación, máquina o departamento a través del que fluye el material.</p>
	<p>Proceso compartido: indica un proceso, una operación, máquina o departamento que es compartido por otra familia de productos.</p>
	<p>Inventario: indica el inventario entre dos procesos. Debajo se indica el número de unidades.</p>
	<p>Tabla de datos: se coloca debajo de los símbolos que poseen información relevante para ser observada y analizada.</p>






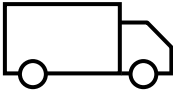
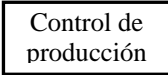




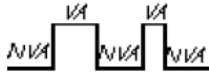
	<p>Célula de trabajo: indica que múltiples procesos se encuentran integrados en una misma célula de trabajo.</p>
	<p>Flechas de envío: representan el movimiento de materias primas desde los proveedores hasta los muelles de recepción de la fábrica, o bien el movimiento de productos terminados desde los muelles en envío de la fábrica hasta el cliente.</p>
	<p>Flecha Push: indica que la producción es “empujada” de un proceso hacia el siguiente. Se produce sin tener en cuenta las necesidades inmediatas del siguiente proceso.</p>
	<p>Flecha Pull: indica la retirada física de material de un punto de almacenamiento para alimentar el siguiente proceso.</p>
	<p>Stock de seguridad: representa los stocks de cobertura contra problemas como averías, y para proteger al sistema contra fluctuaciones repentinas en los pedidos del cliente o fallos en el sistema.</p>
	<p>Envío externo: envíos desde los proveedores o hacia los clientes utilizando transporte externo.</p>
	<p>Control de producción: indica la planificación y el control de la producción.</p>
	<p>Información manual: muestra el flujo general de información en forma de informes, notas, conversaciones, etc. Suele ser necesario incluir notas o información sobre la frecuencia.</p>
	<p>Información electrónica: representa el flujo de información en forma electrónica. Suele ser necesaria la indicación sobre el tipo de información transmitida, de la frecuencia, del medio empleado (fax, teléfono, etc.)</p>
	<p>Estallido Kaizen: se emplea para resaltar la necesidad de mejora en procesos específicos que resultan cruciales para alcanzar el VSM futuro.</p>
	<p>Operario: Muestra los operarios requeridos para procesar la familia de productos del VSM en un puesto particular.</p>
	<p>Segmento de escala temporal: muestra los tiempos de valor añadido (VA) y los tiempos de no valor añadido (NVA). Se emplean para calcular el Lead Time y el Tiempo Total de Ciclo.</p>

Tabla 1. Símbolos frecuentes del mapa de la cadena de valor.

Los datos que se indican habitualmente en la tabla de datos son los siguientes:

- Tiempo de ciclo (CT): tiempo entre la fabricación de una pieza o producto y la siguiente.
- Tiempo de valor agregado (VA): tiempo del trabajo que se dedica a tareas que transforman el producto aportando valor para el cliente.
- Tiempo de cambio de lote (C/O): tiempo necesario para realizar los cambios necesarios en un proceso al modificarse el producto a procesar.
- Número de personas (NP): número de trabajadores requerido en un determinado proceso.
- Número de máquinas (NM): número de máquinas disponibles en un proceso concreto.
- Tiempo disponible para trabajar (EN): tiempo disponible del personal, sin contar los descansos o suplementos.
- Número de turnos: turnos durante los que funciona un proceso.
- Plazo de entrega o Lead Time (LT): es el tiempo que necesita un producto para recorrer toda la cadena de valor, desde el principio hasta el final, incluyendo las esperas entre los procesos.
- Tiempo en funcionamiento (uptime): tiempo de utilización de las máquinas. Se mide como porcentaje.
- Tamaño del lote: tamaño de lote que se procesa de una sola vez, de forma general, en una operación.

2.4.2. Implementación del VSM

Para lograr una implementación de mejoras a partir de la utilización del VSM se suelen presentar tres estados diferentes:

- Estado actual: se estudia el proceso actual. Se estudia el porcentaje de valor añadido y no valor añadido.
- Estado ideal: representa el estado que se alcanzaría tras una serie de mejoras a largo plazo, cuantificando la posible mejora en ausencia de actividades que no generan valor.
- Estado futuro: tras el análisis del mapa del estado actual se desglosan las actividades de no valor añadido. Éstas se estudian empleando técnicas que sirvan para detectar áreas de mejora.

3. EMPRESA

3.1. Información general de la empresa

SAPREM S.A. de Preformados Metálicos es una empresa del sector eléctrico constituida en 1984 en Izurdiaga (Navarra). Su actividad principal es la fabricación de herrajes y accesorios para líneas eléctricas, aunque en los últimos años se ha creado una rama electrónica para la producción de balizas luminosas y de sistemas de alimentación ininterrumpida.



Figura 7. Fábrica y oficinas de SAPREM en Izurdiaga (Navarra).

3.2. Estructura de la empresa

En la actualidad SAPREM tiene 55 trabajadores, de los cuáles 15 trabajan en oficina. La estructura de la empresa puede observarse en el siguiente organigrama:

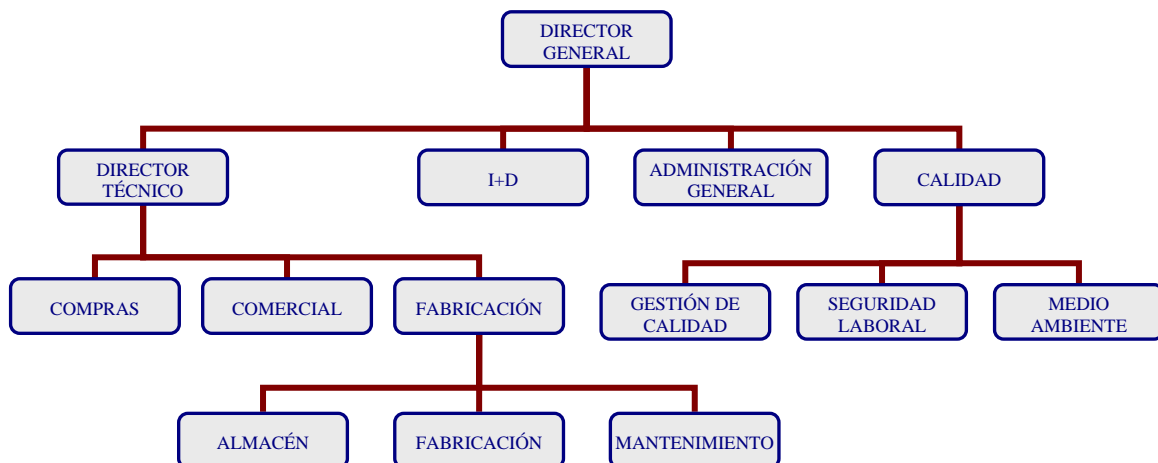


Figura 8. Organigrama de SAPREM.

3.3. Mercados y clientes

SAPREM vende sus productos a otras empresas, tanto nacionales como internacionales. La exportación directa de los últimos cinco años representa el

51% de los ingresos por ventas, y asciende al 66% si se considera también la exportación indirecta (Ver Figura 9).

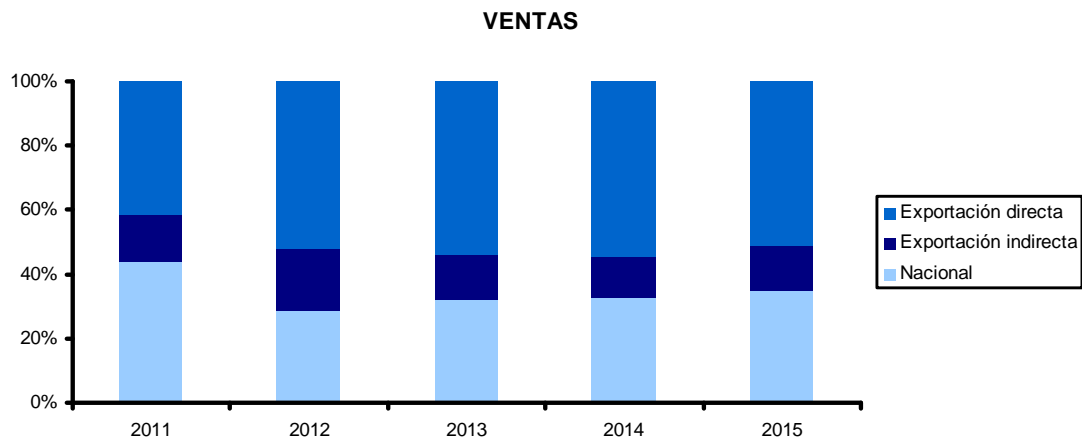


Figura 9. Distribución de ventas de SAPREM del 2011 al 2015.

Cada año SAPREM vende a más de doscientos clientes, pero los más importantes son Red Eléctrica de España (REE), Industrias Arruti, Prysmian, Elecnor, Salvi y Mosdorfer. Estos suelen concentrar en torno al 40% de las ventas anuales de SAPREM.

3.4. Competidores

El competidor más importante a nivel internacional es PLP. Otros competidores son empresas que son a la vez clientes de SAPREM, como Salvi o Mosdorfer. En España, es también PLP, con su filial Apresa-PLP Spain, quien representa la principal competencia.

La ventaja competitiva de SAPREM viene por dos lados: en primer lugar, porque su proceso productivo está dotado de una gran flexibilidad, y permite fabricar cualquier pieza que solicite el cliente, aunque sus características se desvíen de las habituales. Esto se complementa con un excelente servicio al cliente, ofreciendo asesoramiento y buscando siempre soluciones personalizadas a los problemas que plantean. Como contrapartida, SAPREM no puede siempre competir en precios contra las empresas multinacionales a la hora de atender pedidos muy grandes, y es más competitivo en los de tamaño medio o pequeño.

3.5. Proveedores

Los principales proveedores de SAPREM son Manufacturas Irular S.A. (Manfisa) y Trefilados de Navarra S.A. (Trefinasa), que suministran bobinas de hilo para la fabricación de los preformados; Alcoa, que provee aluminio para la fundición de SAPREM, y Qingdao Jinya y Sumangal, suministradores de piezas forjadas desde China e India, respectivamente. Estos suponen casi el 60% del desembolso en compras de SAPREM.

Se debe destacar que el proveedor más importante en cuanto a volumen de compras es Manfisa, con entorno al 20%. Su fábrica se encuentra contigua a la

de SAPREM, con acceso directo desde la zona de recepción y expedición. Esto facilita enormemente las tareas de comunicación y coordinación, y minimiza los costes de transporte.

Trefinasa, por su parte, pertenece al mismo grupo que SAPREM, y las relaciones facilitan también el suministro de material.

3.6. Productos

3.6.1. Accesorios helicoidales preformados

El producto principal de SAPREM son los herrajes helicoidales preformados para cables aéreos eléctricos. Este accesorio está formado por un conjunto de varillas que ejercen sobre el cable una pequeña presión radial sobre una amplia superficie. Para que esto sea posible, las varillas poseen un diámetro más pequeño que el del cable, en una proporción adecuada para no exceder el límite elástico de los materiales.

Dentro de estos accesorios existen varios tipos en función de su aplicación:

- Varillas de protección (Figura 10): tienen como función principal proteger el cable sobre el que van instaladas, sobre el cual se pretende colocar algún elemento como suspensiones, retenciones, amortiguadores, separadores, etc.

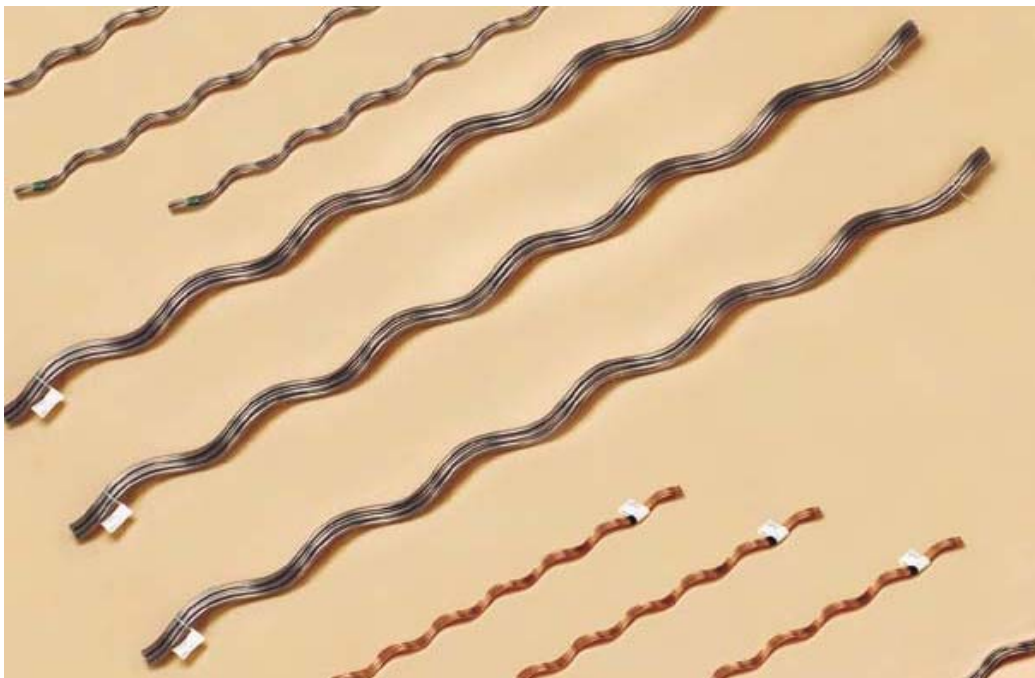


Figura 10. Varillas de protección y de reparación.

- Varillas de reparación (Figura 10): similares a las anteriores, pero su función es reparar daños de hasta el 25% de las venas rotas de aluminio de la capa exterior de los conductores.

- Retenciones de anclaje (Figura 11-1): se utilizan para fijar los cables, conductores o cordones a postes, estructuras, aisladores, etc.
- Retenciones de amarre (Figura 11-2): se utilizan para fijar los cables o cordones a postes mediante una doble vuelta.
- Retenciones laterales omega: tienen como función principal fijar los conductores a la garganta lateral de los aisladores.
- Retenciones en cabeza zeta: se utilizan para fijar los conductores a los aisladores de cabeza.
- Suspensiones SAFO (Figura 11-4): se emplean para fijar cables a postes mediante una suspensión alineada.



Figura 11. Retenciones de anclaje (1), de amarre (2), empalme de protección (3) y suspensión SAFO (4).

- Empalmes de protección (Figura 11-3): se utilizan para restaurar eléctrica y mecánicamente los conductores ACSR a los que el 100% de los hilos de aluminio han sufrido roturas en el vano.
- Retenciones de empalme de tracción completa: su función es unir dos cables o cordones iguales garantizando sus características mecánicas.

Las puntas de las varillas que forman cada preformado están repasadas para evitar daños sobre el cable que deben proteger. Cuando el hilo tiene un diámetro de 4.62mm o menor, las puntas se repasan mediante abrasivo. Para diámetros superiores, la terminación de la varilla es esférica. Además, en estas últimas, cuando la instalación es sobre cables con elevadas tensiones, se debe prensar la punta para reducir la distancia entre la punta de la varilla y el cable.

Todos estos accesorios tienen dos sentidos de cableado: izquierda y derecha (Ver Figura 12). Esto depende del cable sobre el que vayan a ser instalados. Las varillas y los empalmes deben ser del mismo sentido que el cable, mientras que las retenciones del contrario.



Figura 12. Sentidos de cableado. Izquierdas (1) y derechas (2).

3.6.2. Otros productos

Además de los herrajes helicoidales, SAPREM también fabrica otros accesorios para cables, como son:

- Amortiguadores (Figura 13): se instalan sobre los cables para amortiguar los efectos de vibración eólica producidos por el viento. Se producen dos modelos distintos: uno tipo stockbridge, y otro para cables de fibra óptica.



Figura 13. Amortiguadores tipo stockbridge (izquierda) y tipo amorfo (derecha).

- Cadenas de suspensión y de amarre (Figura 14): sirven para unir los cables a las torres, a la vez que evita daños tanto estáticos como dinámicos sobre el conductor.



Figura 14. Cadena de suspensión.

- Separadores (Figura 15): se emplean para mantener la geometría de los cables a lo largo del vano y evitar el contacto entre ellos cuando una fase está constituida por varios conductores.



Figura 15. Separadores para dos, tres y cuatro conductores.

- Balizas (Figura 16): se colocan sobre los cables con el fin de facilitar la visualización de éstos, evitando el impacto directo de las aves con ellos, así como aparatos de vuelo sin motor, alas delta, helicópteros, etc.



Figura 16. Balizas salvapájaros de alas de neopreno (izquierda) y de aspas giratorias (derecha).

3.7. Producción

El proceso de fabricación de los preformados helicoidales es el más complejo. Esto se debe principalmente a las siguientes razones:

- Cada tipo de preformado posee unas características diferentes, requiriendo un procesamiento distinto dependiendo de la aplicación a la que están destinados. Algunas piezas necesitan pasar sólo por tres procesos mientras que otras necesitan hacerlo por más de seis.
- Las varillas que forman los herrajes pueden ser de cinco materiales diferentes: aleación de aluminio (AL), acero galvanizado (AC), acero aluminizado (AA), acero recubierto de aluminio por compresión (ACS o AW) y acero recubierto de cobre por compresión (CCS o CW).
- Los hilos de material utilizados pueden tener diámetros desde 1.78mm hasta 9.27mm.
- La longitud de las varillas puede variar desde 40cm hasta más de 4m.

- El diámetro de las varillas y la longitud de paso también varían significativamente de unas a otras.
- El sentido del cableado de las varillas puede ser a izquierdas o a derechas, haciendo que tengan que ser procesadas por distintas máquinas en algunos puestos.

Estos factores dan lugar a más de un millar de referencias dentro de la empresa, que deben ser procesadas por las mismas máquinas. Además de este inconveniente, se debe añadir el hecho de que las cantidades solicitadas son muy variables en función del cliente, limitándose a algunas decenas de piezas en muchas ocasiones, pero superando las miles en otras.

Todo esto supone un reto para la planificación de la producción y la gestión de los almacenes, tanto de producto en curso como de producto terminado. Por otro lado, obliga a tener que realizar ajustes y cambios de utillaje con relativa frecuencia, reduciendo la productividad de las máquinas.

3.7.1. Distribución en planta

En la Figura 17 se puede observar la distribución por procesos de la fábrica de SAPREM. En azul se encuentran resaltadas las máquinas que intervienen directamente en la fabricación de los accesorios preformados, y que se describen con detalle a continuación. Esta distribución está organizada haciendo que el flujo de material sea lo más sencillo posible.

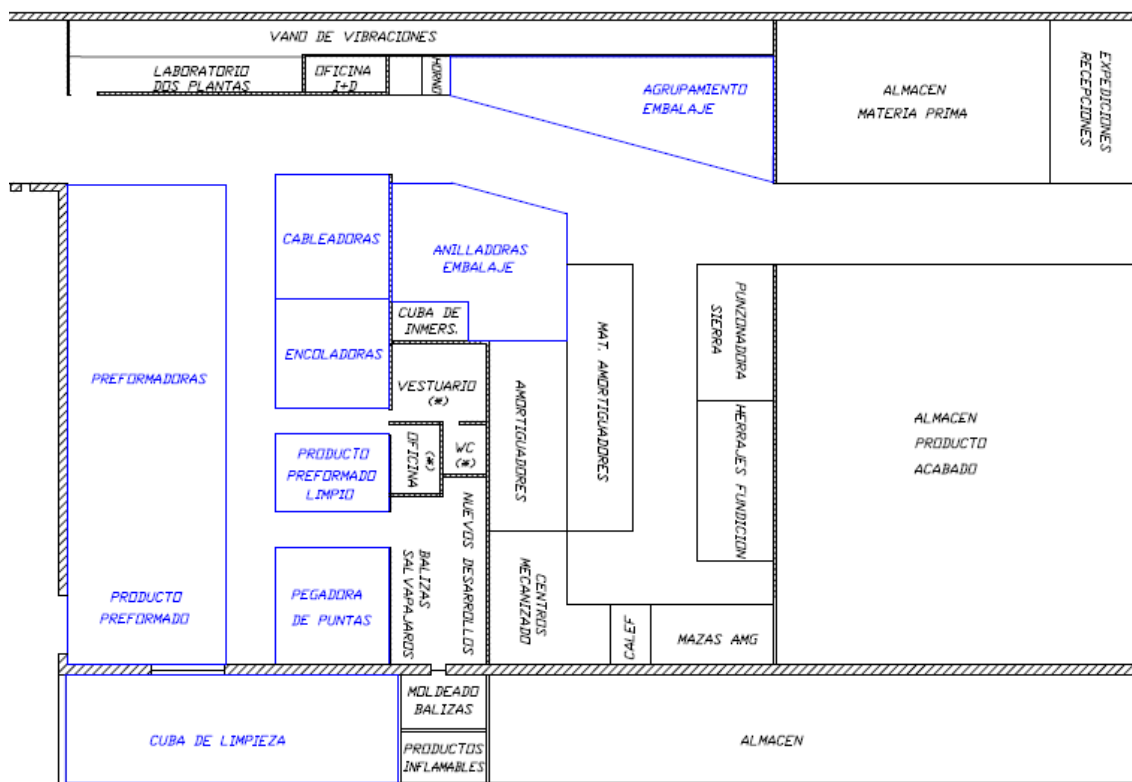


Figura 17. Esquema de la nave principal de SAPREM.

3.7.2. Descripción de los procesos

El proceso de fabricación de los accesorios preformados se muestra en el siguiente esquema, extraído del Manual de Calidad de SAPREM:

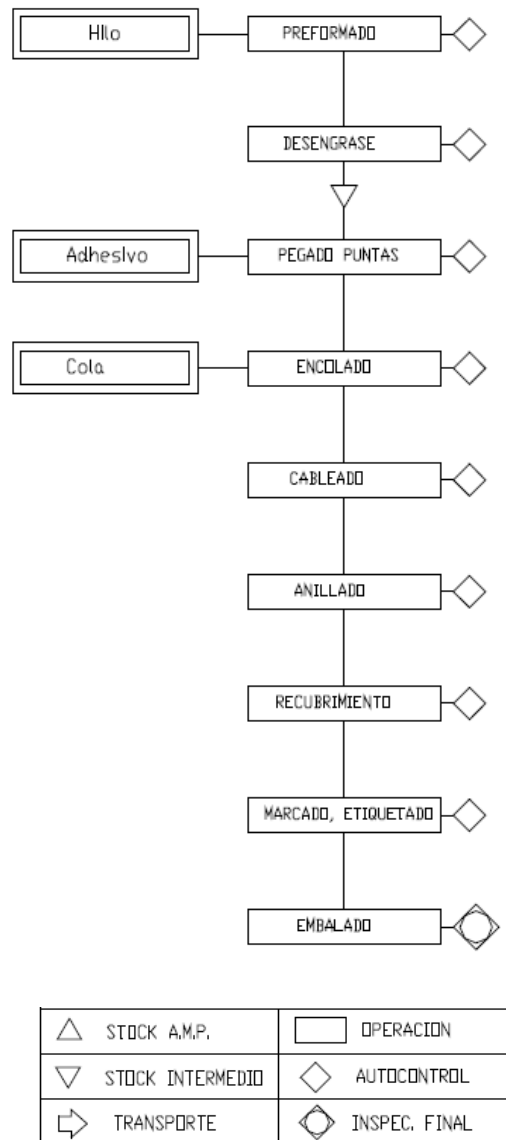


Figura 18. Diagrama de proceso de los herrajes helicoidales.

Este esquema se corresponde con la secuencia que seguiría un accesorio preformado que requiriese la realización de todas las operaciones mostradas. Muchas de las piezas, en función de su tipo, no pasarán por todos los procesos.

A continuación se describen los puestos donde se desarrolla cada una de las operaciones.

Preformado

La primera fase de la fabricación de los accesorios preformados incluye dar la forma helicoidal adecuada a las varillas (longitud, paso y diámetro) y repasar las puntas de las mismas.



Figura 19. Máquinas preformadoras. Vista general.

Existen dos tipos de máquinas: unas adaptadas para repasar las puntas con lijadora (para diámetros de hilo de 4,62mm o inferiores) y otras para realizar puntas esféricas y tipo pico loro. De las siete máquinas preformadoras que hay en SAPREM, dos son de este último tipo.



Figura 20. Acabado de puntas de varillas: punta lijada (izquierda) y punta pico loro (derecha).

Las máquinas preformadoras son totalmente automáticas, y pueden funcionar todas ellas bajo la supervisión de un único trabajador. Éste solo deberá atenderlas en los siguientes casos:

- Retirada de las varillas cuando el carro de salida se llena.
- Mal funcionamiento de las máquinas.
- Averías.
- Reposición de la bobina de hilo.
- Preparación y ajustes para cambio de lote.

Generalmente trabajan uno o dos operarios en este puesto, recibiendo en ocasiones la ayuda del encargado de la planta.

Limpieza

Para el correcto funcionamiento de las máquinas preformadoras, las varillas se engrasan con aceite a la entrada. Parte de este aceite se retira durante el proceso de preformado, pero siguen quedando restos que deben eliminarse por completo antes de avanzar a las siguientes fases de la fabricación.

Este desengrase se lleva a cabo en una cuba de limpieza, que opera en ciclo cerrado, y que sumerge las varillas en un diluyente orgánico.

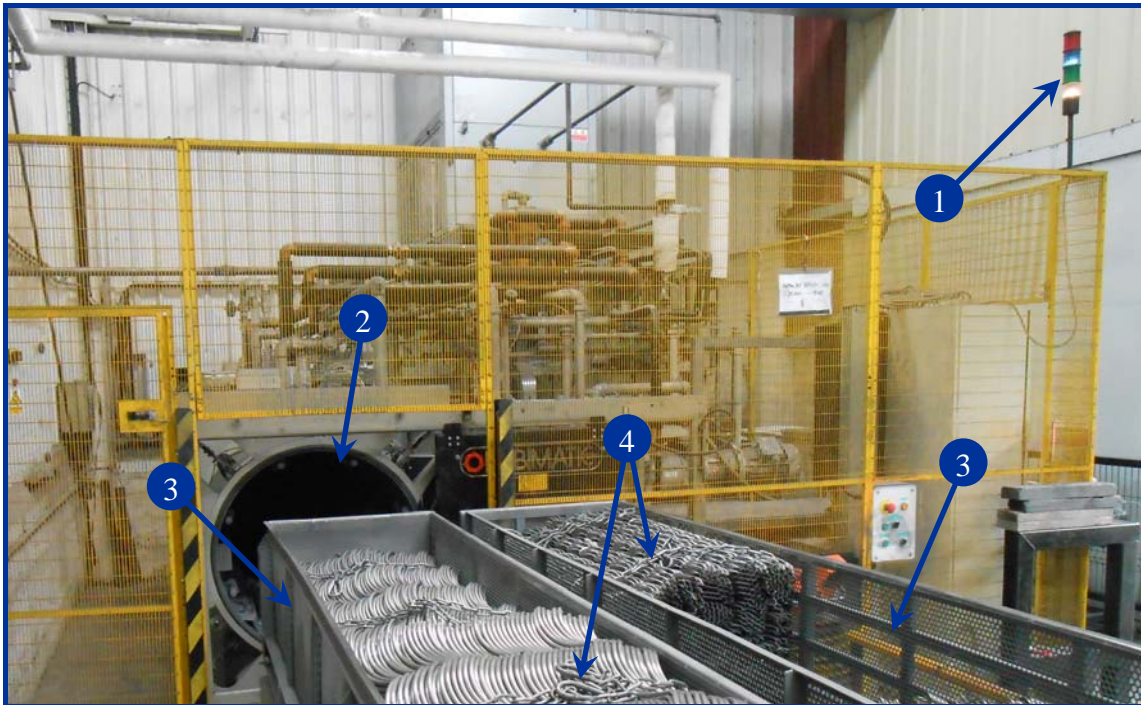


Figura 21. Cuba de limpieza. Vista general.

Los ciclos de limpieza duran entre 31 y 56 minutos, dependiendo de la intensidad del lavado, que se seleccionará en función del número y el tipo de piezas que se introducen en la cuba. La capacidad de esta máquina es muy elevada, pudiendo procesar hasta 5000 varillas en un solo lavado.

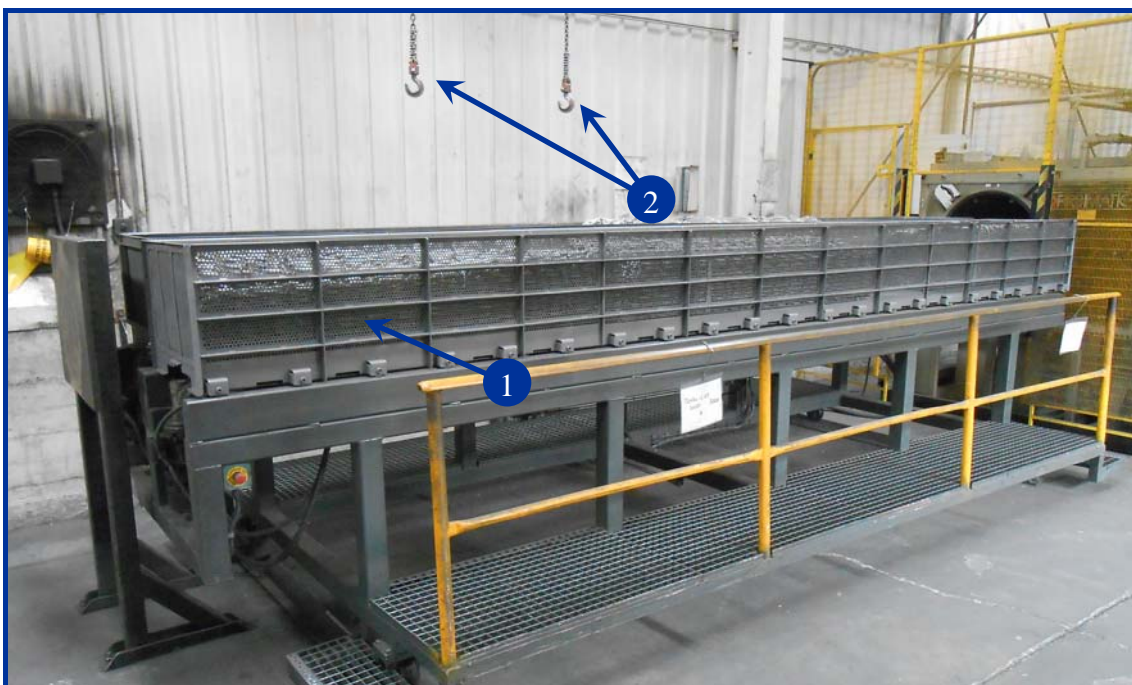
Cada 60 ciclos de lavado se debe realizar un programa de regeneración de carbones activos. Este proceso de mantenimiento tiene una duración de 2 horas y media.

Se requiere un solo operario para cargar y descargar las varillas en la máquina. Éste debe colocar las varillas en el cestón portapiezas con ayuda de un puente grúa, accionar el programa deseado y descargar las varillas una vez finalizado el programa (Ver Figura 22 y Figura 23). Estas tareas suele realizarlas el mismo operario que se encarga de las máquinas preformadoras, o el encargado de planta.



1. Señal Andon
2. Boca de entrada a la cuba
3. Cestones portapiezas
4. Cadenas para introducir y extraer las piezas

Figura 22. Cuba de limpieza. Entrada de las piezas.



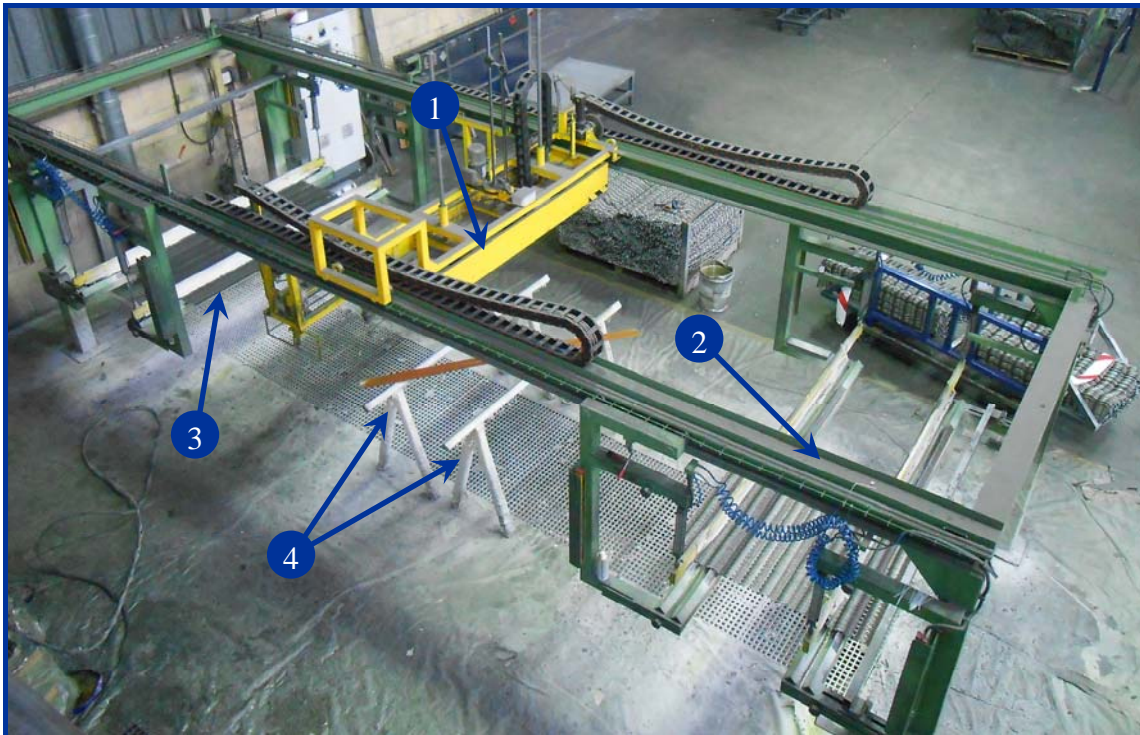
1. Cestón portapiezas
2. Polipasto para introducir y extraer las piezas

Figura 23. Cuba de limpieza. Cestón portapiezas.

Pegado

Los accesorios preformados finales están constituidos por varias varillas unidas. Para el caso de las retenciones y de los empalmes, todas las varillas que las forman vienen pegadas. Los empalmes se componen, generalmente, de varios grupos de varillas pegadas entre sí.

Esta tarea se realiza en una máquina de pegado, donde también se pinta una marca del color que identifica el tipo y aplicación del accesorio (Ver Figura 24).

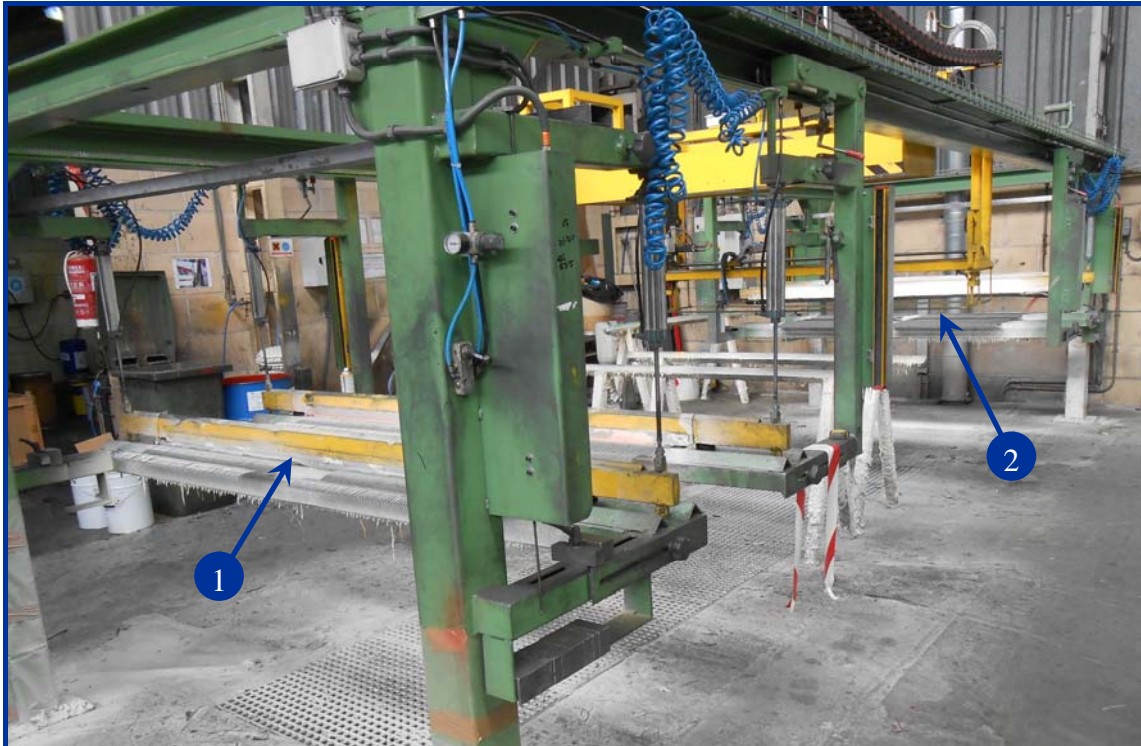


1. Pistola automática de pegado (no se utiliza)
2. Estación de pegado 1
3. Estación de pegado 2
4. Caballetes para apoyar piezas muy largas

Figura 24. Pegadora. Vista superior.

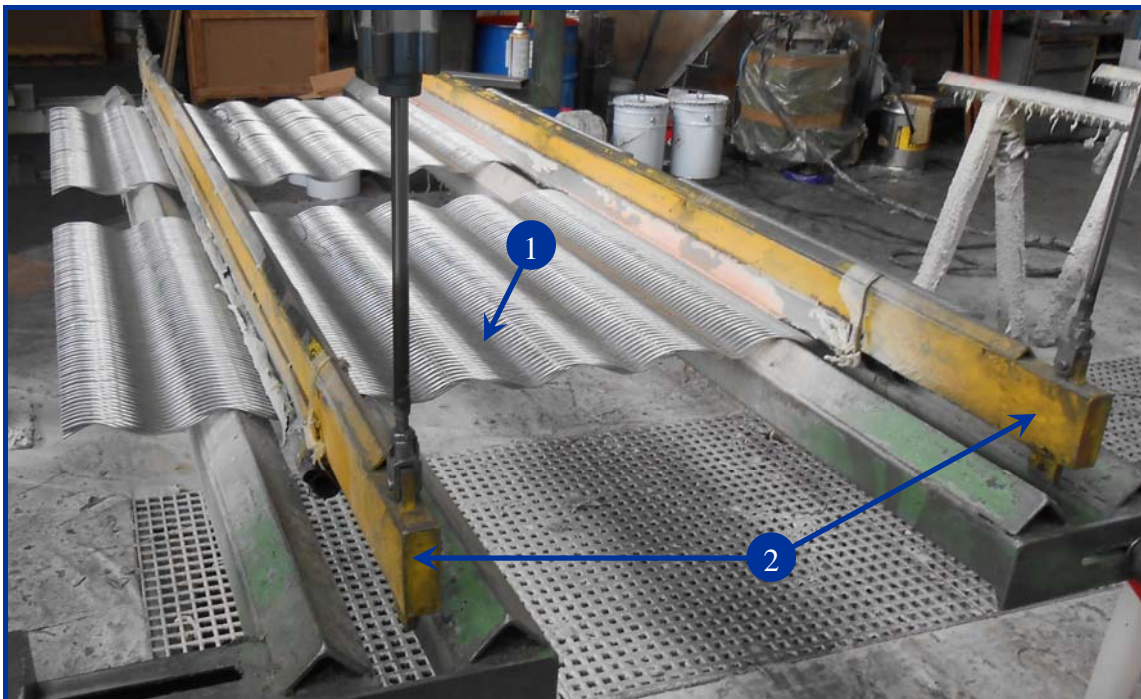
En esta estación se opera de forma manual. La máquina sólo asiste al operario en la bajada y subida de los topes que sujetan las varillas para evitar que se muevan durante el pegado (Ver Figura 26).

Las piezas se procesan por grupos, de unas 25 piezas aproximadamente (depende del tamaño de las varillas) y el pegado se lleva a cabo rociando sobre las varillas una mezcla de cola y acetona a partes iguales con ayuda de una pistola. Existen dos puestos donde se colocan los juegos de varillas a pegar. Normalmente sólo trabaja un operario en la máquina, que coloca y pega las varillas en uno de los puestos, y mientras se secan repite las operaciones en el otro.



- 1. Estación de pegado 1
- 2. Estación de pegado 2

Figura 25. Pegadora. Vista frontal.



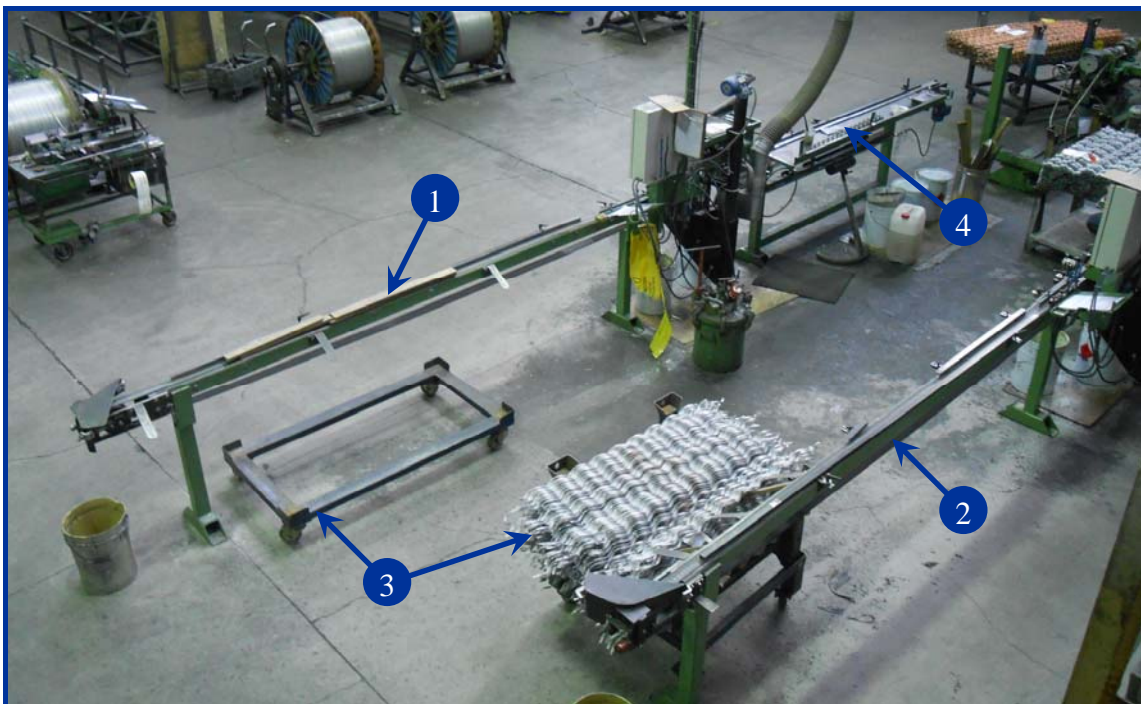
- 1. Varillas colocadas para pegar
- 2. Topes de sujeción de varillas

Figura 26. Pegadora. Detalle de la sujeción de las varillas.

Encolado y enarenado

Los preformados que trabajan a tracción, es decir, los empalmes y las retenciones, llevan en su parte interior un material antideslizante que incrementa su módulo de fricción y aumenta su eficacia. Este material antideslizante es óxido de aluminio o grafito. Se aporta en forma de grano y se adhiere a la parte interior de la pieza mediante la aplicación de una cola.

La máquina consiste en una cinta transportadora que hace pasar a las piezas, primero por una brocha que aplica la cola, y después bajo un chorro del material antideslizante (Ver Figura 27). Al final del proceso la máquina expulsa las piezas encoladas y enarenadas hacia un carro.



1. Encoladora para accesorios cableados a derechas
2. Encoladora para accesorios cableados a izquierdas
3. Carros para piezas terminadas
4. Mesa para piezas sin procesar

Figura 27. Encoladoras. Vista superior.

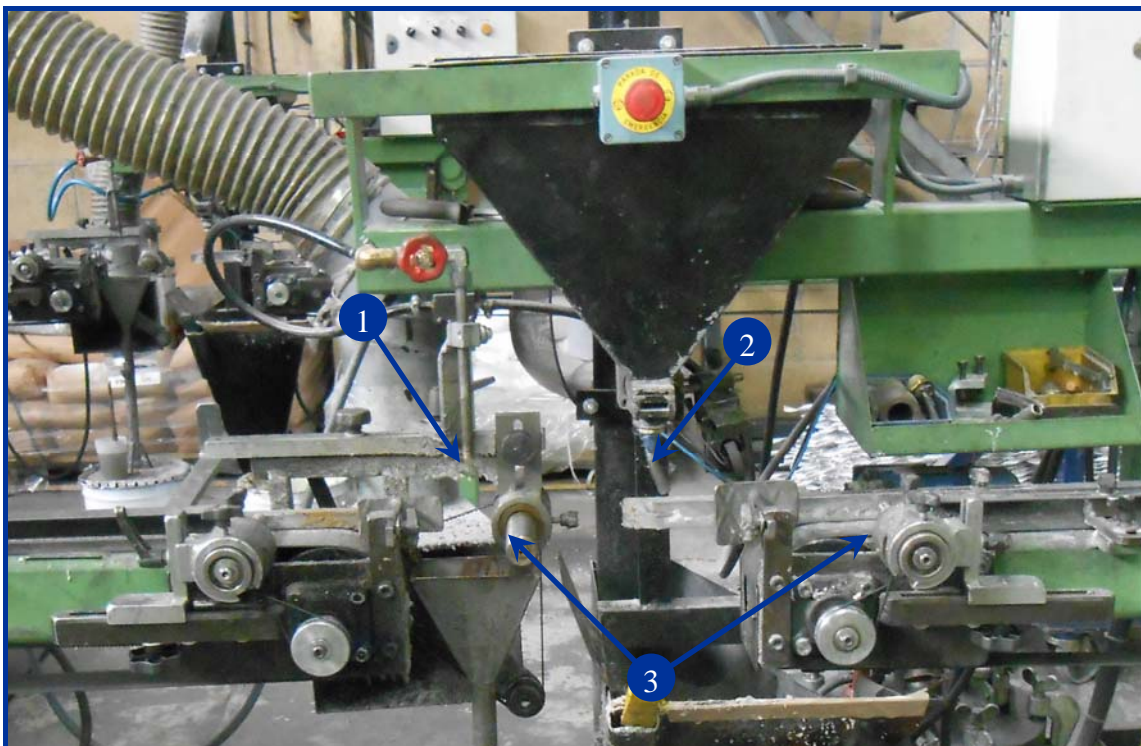
Las tareas del operario situado en esta máquina consisten en introducir las piezas en la cinta transportadora manualmente, de una en una.

Existen dos máquinas en esta estación y cada una debe ser operada por un trabajador. Una de ellas está configurada para trabajar sobre piezas con cableado a izquierdas y la otra a derechas, por lo que, salvo situaciones excepcionales, no se puede procesar un mismo lote con ambas máquinas.



1. Mesa para piezas sin procesar
2. Cinta transportadora
3. Sistema de aplicación de cola y material antideslizante (Ver Figura 29)

Figura 28. Encoladoras. Vista frontal.



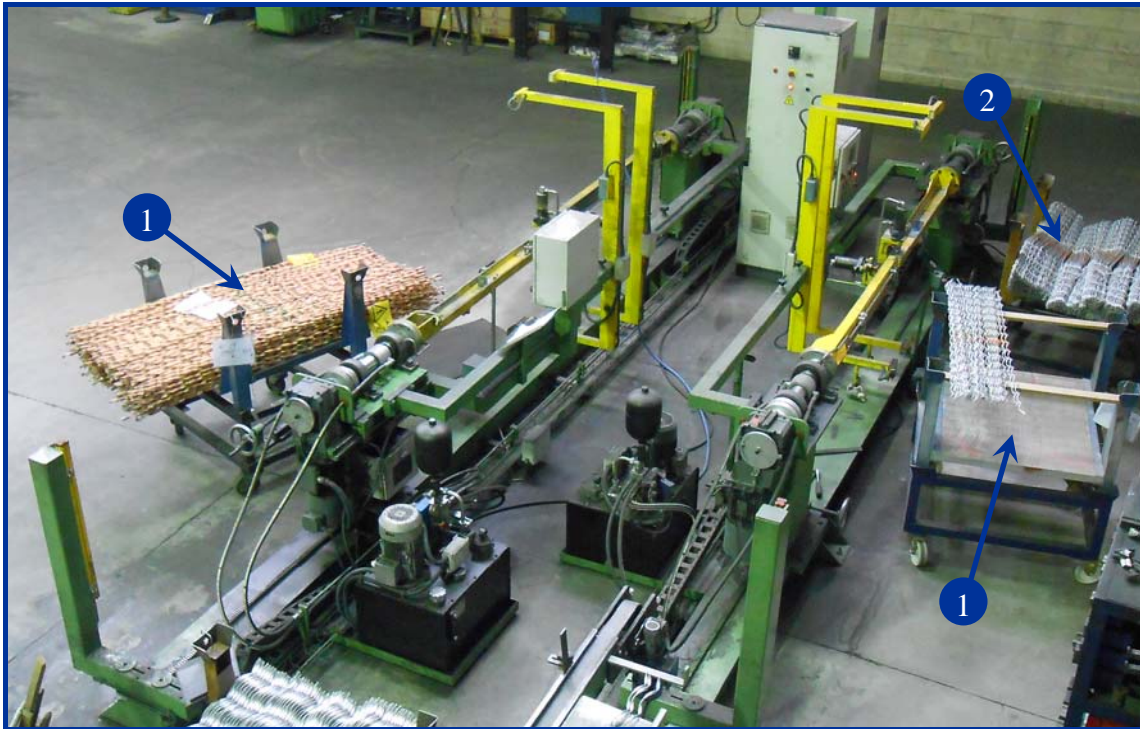
1. Brocha de aplicación de cola
2. Chorro de material antideslizante
3. Rodillos de arrastre de varillas

Figura 29. Encoladoras. Detalle del sistema de aplicación de cola y antideslizante.

Cableado

La parte central de las retenciones de anclaje y de amarre tiene un menor diámetro, para permitir su fijación a las torres, postes, aisladores, etc. Para ello se introducen las piezas en una máquina que torsiona la parte central de las piezas, reduciendo el diámetro de las varillas que la forman.

Las piezas deben ser introducidas y extraídas de la máquina cableadora de forma manual y de una en una. El operario las coge de un carro con piezas sin procesar y las deposita en otro con las piezas cableadas (Ver Figura 30).



- 1. Piezas sin procesar
- 2. Piezas terminadas

Figura 30. Cableadotas. Vista superior.

Al igual que en las máquinas encoladoras, existen dos máquinas que deben ser atendidas por sendos operarios, y de la misma forma, cada una está configurada para una dirección de cableado (izquierdas o derechas), por lo que un lote sólo puede ser procesado por una de las dos.



1. Sistema de sujeción de piezas (Ver Figura 32)

Figura 31. Cableadotas. Vista frontal.

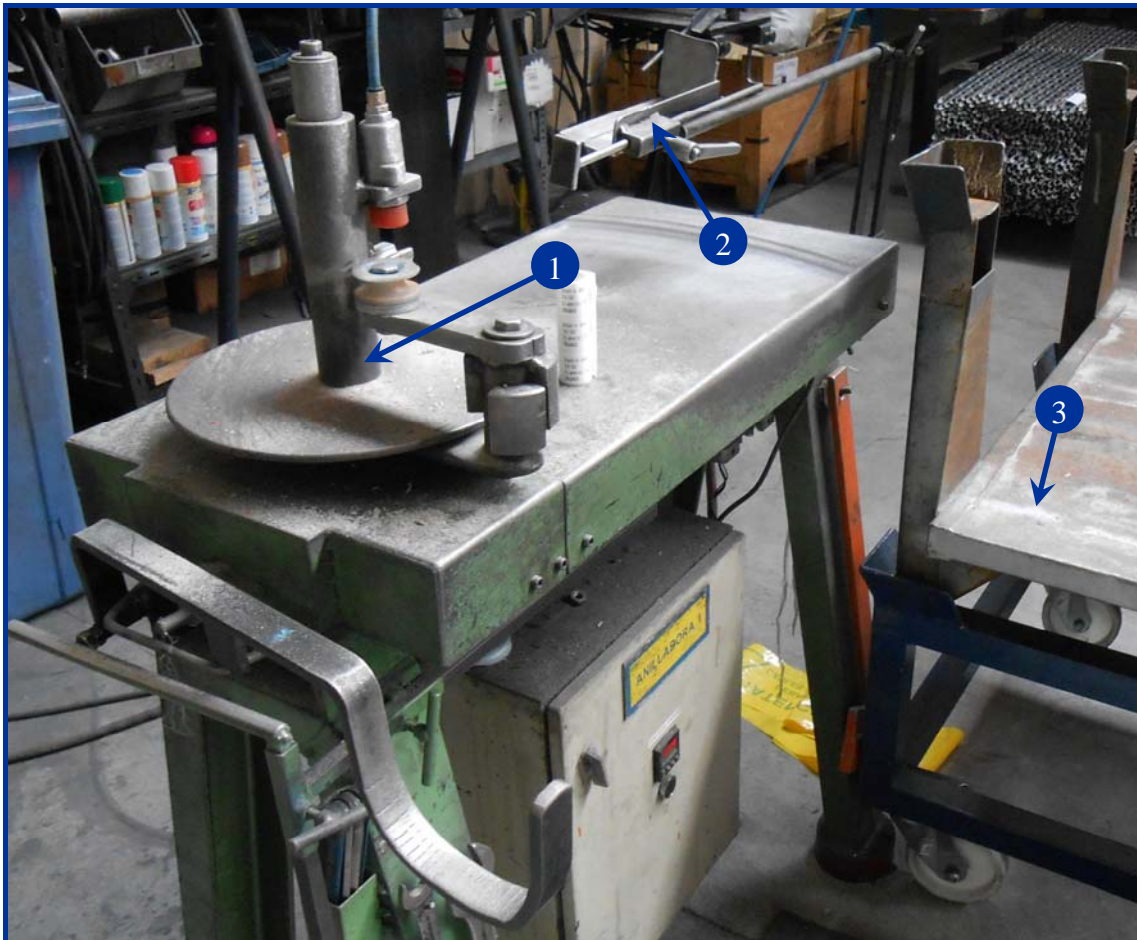


Figura 32. Cableadotas. Detalle del sistema de sujeción de piezas.

Anillado, etiquetado y embalaje

La parte central de las retenciones, que ha sido cableada en la etapa anterior, se dobla para adecuarse al tipo de fijación que se va a realizar.

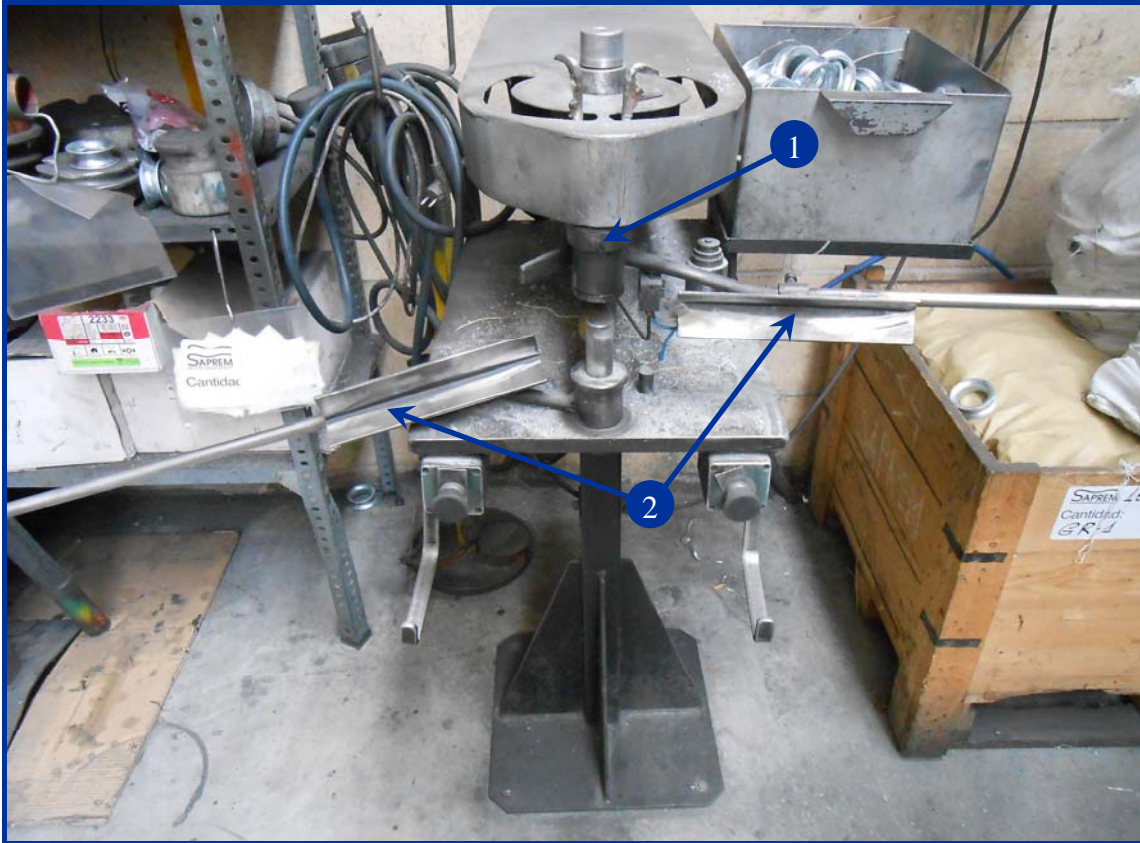
Para ello se dispone de una máquina que ejerce la fuerza necesaria sobre las piezas. Un operario debe accionar manualmente el mecanismo de anillado, así como introducir y extraer de forma manual las piezas una a una (Ver Figura 33).



1. Mecanismo de anillado
2. Soporte para el correcto posicionamiento de las piezas
3. Carro con las piezas sin procesar

Figura 33. Anilladora para retenciones de anclaje.

En esta estación de trabajo se realiza también el etiquetado de las retenciones y su embalaje en cajas. Para ello, una vez las piezas han salido de la máquina, se colocan sobre unos caballetes para facilitar la colocación de las etiquetas (Ver Figura 35). Cuando se llenan los caballetes, se pasan las retenciones a la caja y se continúa anillando.



1. Mecanismo de anillado
2. Soportes para el correcto posicionamiento de las piezas

Figura 34. Anilladora para suspensiones SAFO.



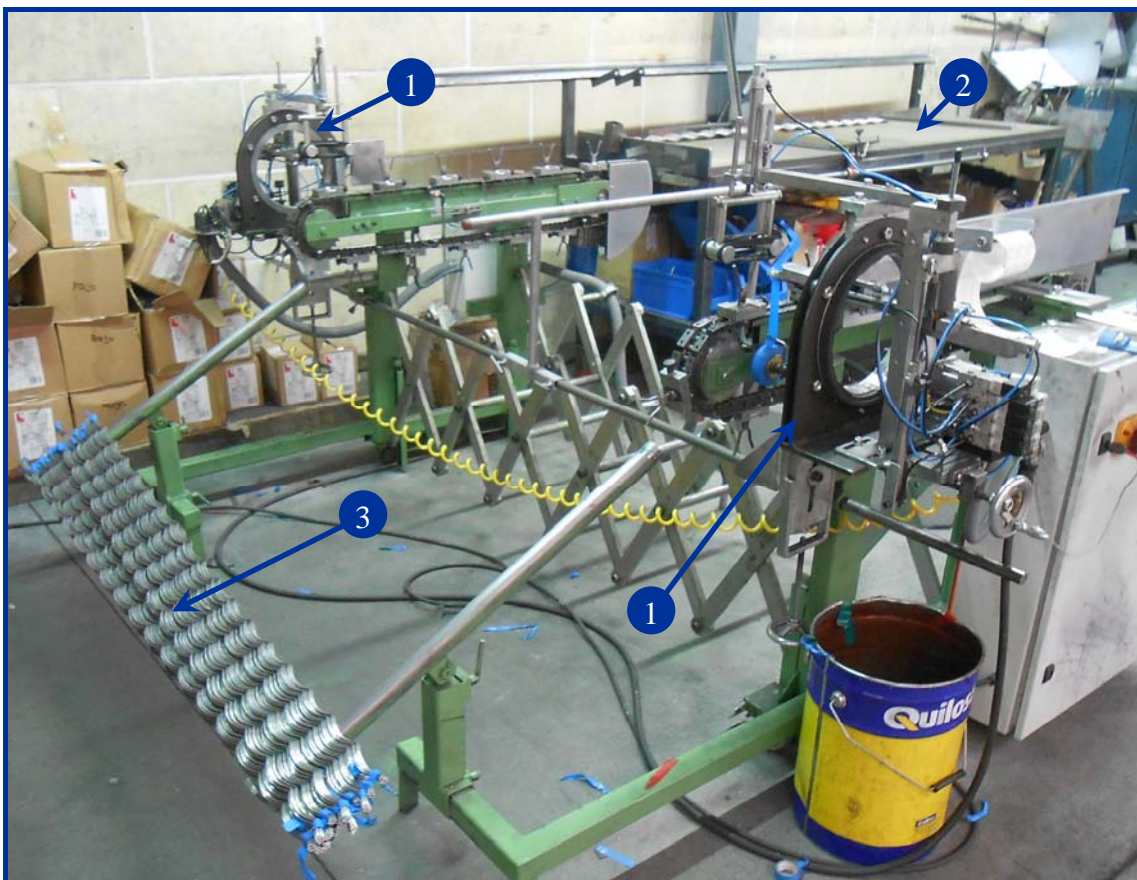
Figura 35. Retenciones de anclaje colocadas sobre caballetes.

Marcado, etiquetado y embalaje

Las varillas de protección y reparación y los empalmes, que no pasan por la estación de anillado, se atan, etiquetan y embalan en un puesto a parte.

Se dispone de dos máquinas que colocan de forma automática una cinta del color identificativo correspondiente agrupando las varillas. Las etiquetas y las bridas (cuando sean necesarias) se deben colocar de forma manual por un operario.

Existen dos máquinas para el atado de las piezas, una configurada para piezas de mayor longitud (Figura 36) y otra para piezas más pequeñas. Además, existe un tercer puesto donde todas estas tareas se realizan de forma manual.



1. Mecanismo de atado
2. Mesa para la agrupación de las varillas
3. Varillas atadas con cinta listas para etiquetar y embalar

Figura 36. Atadora automática para varillas largas. Vista general.



1. Varillas preparadas para atar
2. Varillas atadas listas para etiquetar y embalar
3. Soporte móvil para un correcto posicionamiento de las varillas

Figura 37. Mesa de embalaje para atado y etiquetado manual. Vista general.

Tras la colocación de etiquetas y agrupación de las piezas se colocan en el interior de las cajas para enviarlas al cliente o al almacén de producto terminado.

4. APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. Metodología

El primer paso para la aplicación de técnicas lean en el proceso de fabricación de los herrajes helicoidales consistió en obtener una imagen clara de la situación en la que se encuentra la fábrica actualmente.

Para ello se empleó el Mapa de la Cadena de Valor (VSM), que permitió estudiar detenidamente los flujos de material e información, de forma que se pudieron identificar los desperdicios e ineficiencias presentes en el sistema.

Con el fin de orientar mejor la investigación inicial, se contó con la información aportada por los operarios, por el director técnico y por el director de producción, lo que permitió sacar a la luz de forma rápida algunos de los problemas a los que se enfrenta la producción.

Para desarrollar el VSM fue necesario observar la fábrica durante varias semanas. En este tiempo se observaron los flujos de material e información por la planta, se cronometraron los tiempos de los procesos y se contaron los niveles de inventario.

Una vez completado, el VSM permitió reflejar algunos de los problemas ya conocidos por el personal de SAPREM, pero además sirvió para descubrir otros nuevos.

El siguiente paso consistió en analizar detenidamente el VSM e identificar los desperdicios más importantes. A partir de ahí, se pudo determinar cuál era la medida más importante para comenzar el cambio hacia una fabricación más eficiente. En esta fase se tuvo en cuenta el tiempo disponible para la realización del Trabajo de Fin de Máster y se buscaron medidas cuya planificación fuese posible en dicho periodo.

4.2. Recogida y organización de los datos

Las técnicas de la fabricación lean son amplias y los aspectos sobre los que existe posibilidad de mejora dentro de SAPREM son diversos. Por ello, el primer paso que se debe dar es la realización de una evaluación de la situación actual. Para ello se ha utilizado la herramienta de diagnóstico por excelencia de la fabricación lean: el Mapa de la Cadena de Valor (VSM).

4.2.1. Determinación de las familias de productos

La realización del VSM comienza por la determinación de las familias de productos. Como se ha indicado anteriormente (Sección 3.6), los tipos de preformados que fabrica SAPREM son variados en cuanto a su función, y a

pesar de poseer algunas características comunes, no pasan todos por los mismos procesos.

Para comenzar se construyó una matriz producto-proceso, como la que se muestra en la Tabla 2. En las filas se representan los accesorios preformados fabricados por SAPREM, mientras que en las columnas se indican las etapas del proceso.

	Preformado	Limpieza	Pegado	Encolado	Cableado	Anillado + Embalaje	Etiquetado + Embalaje
Varillas de protección	1	2					3
Varillas de reparación	1	2					3
Empalmes	1	2	3	4			5
Retenciones de anclaje	1	2	3	4	5	6	
Retenciones de amarre a poste	1	2	3	4	5	6	
Retenciones en cabeza zeta	1	2	3	4	5	6	
Retenciones laterales omega	1	2	3	4		5	
Suspensiones SAFO	1	2	3	4		5	

Tabla 2. Matriz producto-proceso de los herrajes helicoidales preformados.

Se buscó determinar el mínimo número de familias de productos que permitiese definir con suficiente precisión las etapas, para evitar tener que dibujar muchos mapas diferentes. A partir de los datos representados, se establecieron tres familias:

- Varillas: de protección y de reparación. Siguen exactamente los mismos procesos, y tan sólo se diferencian en sus características geométricas y su aplicación final.
- Retenciones y suspensiones SAFO: comparten las mismas operaciones, salvo las retenciones omega y las suspensiones SAFO, que no pasan por el proceso de cableado. Para simplificar, a partir de ahora se hablará de retenciones.
- Empalmes: el proceso de transformación es intermedio entre las varillas y las retenciones. Se diferencia con ambas familias en al menos dos etapas (más de un 30% del proceso), por lo que se ha considerado como una familia a parte.

Estas tres familias de productos comparten la materia prima y los dos procesos iniciales. Conociendo esto, se comenzó realizando el VSM del producto más complejo, las retenciones. De esta forma, desarrollar los VSM de los empalmes y las varillas a partir del primero resultaría más sencillo.

4.2.2. Proveedores y clientes

La materia prima principal empleada en la fabricación de los preformados son los hilos de material metálico, suministrados en forma de bobina. Las bobinas de aleación de aluminio y acero recubierto por compresión se compran a proveedores de la zona, por lo que el suministro es más continuo y en menores cantidades. El resto de bobinas se traen de Italia (acero galvanizado), Estados Unidos (acero aluminizado y cobre recubierto por compresión) y Brasil (cobre recubierto por compresión), por lo que los envíos son en cantidades más grandes y con menos frecuencia. Prácticamente todos los días se recibe material desde los proveedores.

En cuanto a los clientes, existe un gran número de ellos y una gran variabilidad en el tamaño de los pedidos, pero se realizan salidas de material desde SAPREM todos los días.

4.2.3. Flujo de material y de información

El flujo de material fue sencillo de identificar haciendo un recorrido por la planta. Se observó que el almacén de materias primas se encuentra muy alejado de las preformadoras (a unos 40 metros), y las bobinas deben llevarse hasta las máquinas mediante carretillas elevadoras.

El resto de procesos están dispuestos de forma que el material pasa de un puesto a otro recorriendo la menor distancia posible. El producto intermedio se coloca en carros con ruedas que pueden ser empujados manualmente de un proceso a otro, o en palets metálicos, cuyo peso obliga a utilizar carretillas elevadoras.

En cuanto al flujo de información, el director de producción emite las órdenes de fabricación para cada día, y el encargado de planta reparte los trabajos entre los operarios. Esta distribución se realiza al principio de cada turno y después de cada descanso, es decir, cuatro veces al día.

4.2.4. Procesos

Procesos, máquinas y trabajadores

A continuación se comenzó a recopilar la información necesaria para la elaboración del VSM. El primer paso fue recorrer la planta identificando los procesos, el número de máquinas (NM) y el número de operarios en cada puesto.

A excepción de las máquinas preformadoras y de la cuba de limpieza, que funcionan de forma autónoma, el resto de las estaciones del proceso requieren la presencia de un trabajador para que realicen las operaciones, así como para introducir y extraer las piezas en las máquinas.

Tamaño de lote

Como se ha comentado anteriormente, SAPREM recibe pedidos de cantidades muy variables. La forma de organizar la producción consiste en lanzar órdenes de fabricación que normalmente incluyen todas las unidades del pedido. Para pedidos pequeños, a veces se agrupan varios en una misma orden, o se producen más unidades de las solicitadas, que son destinadas al almacén.

Salvo que haya urgencia en la entrega de algún pedido, una vez iniciada una orden de fabricación ésta no se interrumpe para procesar otra, con el fin de evitar tener que realizar muchos ajustes en las máquinas.

Por todo esto, el tamaño de lote que procesan las máquinas es muy variable. El valor que se reflejó en el VSM fue el promedio del tamaño de las órdenes de fabricación lanzadas durante los últimos 10 meses. El valor medio de tamaño de lote, por tanto, se calculó en 800 piezas aproximadamente.

Tiempo disponible (EN)

Todas las máquinas trabajan a dos turnos de 8 horas, de lunes a viernes, con un descanso a la mitad del turno de 20 minutos, excepto las máquinas preformadoras y la cuba de limpieza, que trabajan durante tres turnos y pueden funcionar durante los descansos.

Por tanto, el tiempo disponible para trabajar de las preformadoras y de la cuba de limpieza es de 24 horas al día, y la del resto de procesos 15 horas y 20 minutos.

Tiempo de ciclo (C/T) y tiempo de valor añadido (VA)

Para tomar estos datos fue necesario el recorrido del proceso y la toma de tiempos con el cronómetro durante varias semanas.

Uno de los problemas a los que se tuvo que hacer frente es a la enorme variabilidad existente entre los productos, ya comentada en la Sección 3.7, que afecta sensiblemente a los tiempos de ciclo de cada máquina.

Uno de los factores que más afectan, a modo de ejemplo, es la longitud de varilla: el tiempo para que una máquina preformadora empuje a través del útil de deformación una varilla de 1m de largo es mucho menor de lo que tardaría en empujar a una de 3m. Además, los operarios tienen mayores dificultades para manejar estas piezas de mayor tamaño, incrementando los tiempos de manipulación y transporte en cada estación.

Existiendo más de cincuenta longitudes distintas, la única manera de obtener los datos de cada máquina fue seleccionando algunas piezas con características representativas y realizando un promedio de los valores obtenidos. Por otro lado, muchos procesos son compartidos por las diferentes familias de productos, por lo que también fue necesario separar los datos recogidos en función de las familias.

En la planta de fabricación de SAPREM, los trabajadores de cada turno rotan de forma habitual entre distintos procesos, con lo que se logra mayor amenidad

para los operarios, así como una gran flexibilidad para la empresa en caso de absentismo. Esto hace que la misma operación sea realizada por diferentes operarios en distintos momentos, dando lugar a variaciones en la productividad en función de su experiencia y habilidad. Por esta razón también se midió la productividad de diferentes trabajadores y se realizó un promedio de los valores.

El procedimiento de la toma de datos consistió en anotar las operaciones que realizaban la máquina y el trabajador, cronometrando y anotando los tiempos, durante el procesado de un lote completo. A partir de esos datos, se contabilizaron las operaciones que añadían valor al producto y se calcularon el tiempo de ciclo y el tiempo de valor añadido.

Tiempo en funcionamiento (uptime)

La carga de trabajo en cada máquina es muy variable en la situación actual de la fábrica. Por ello, fue necesario recoger datos durante varias semanas para tener unos valores medios precisos de la fracción de tiempo que cada proceso permanece funcionando cada día.

Ante la imposibilidad de observar los procesos durante cada instante del día, el procedimiento consistió en hacer visitas a todos los procesos cada hora aproximadamente (unas ocho veces al día), durante cuatro semanas (Datos en el Anexo I).

Al comienzo de la realización del VSM, en conversaciones con el personal se descubrió que dos de las preformadoras (las que permiten realizar las varillas con punta redonda y “pico loro”), tienen mucha más carga de trabajo que el resto de máquinas. Para poder estudiarlas de forma más detallada, el tiempo de funcionamiento estas máquinas se reflejó por separado.

Tiempo de cambio de lote (C/O)

Como se ha mencionado, la gran cantidad de referencias y las diferencias entre las cantidades de los pedidos hace que las máquinas deban ser frecuentemente ajustadas para procesar lotes distintos. Unos ajustes y cambios rápidos de herramientas son esenciales para poder satisfacer las necesidades de los clientes en un plazo corto de tiempo.

El tiempo de cambio de algunas máquinas también presenta grandes variaciones dependiendo de cuáles sean las diferencias entre los lotes a producir. En la mayoría de los casos se midieron estos tiempos, pero algunos cambios que no se produjeron durante el periodo de observación debieron estimarse con ayuda de los operarios y de datos similares recogidos.

En todos los casos, se consideró el tiempo de cambio como el intervalo de tiempo entre la última pieza del lote anterior y la primera pieza buena del siguiente.

4.2.5. Inventarios

El siguiente paso fue determinar los inventarios de materia prima, material en curso y producto terminado.

Materia prima

La materia prima se almacena en forma de bobinas, que se suministran una a una a las máquinas preformadoras. En promedio, se encontraron en el almacén un total de 132 bobinas (Ver Figura 38), lo que supone, aproximadamente, material para unos 45 días.



Figura 38. Almacén de bobinas (materia prima).

El número de bobinas de cada material es diferente. Esto se debe principalmente a la localización de los proveedores: se posee más material de aquellos proveedores que se encuentran más alejados geográficamente.

Un desglose por tipo de material se muestra a continuación:

Material	AC	AA	ACS	AL	CCS
Localiz. proveedor	Italia	EEUU	Uharte-Arakil	Irurzun	EEUU/Brasil
Consumo diario (bobinas)	1,3	0,3	3,6	6,5	0,3
Inventario (bobinas)	33	19	30	22	28
Inventario (días)	25	72	8	3	107

Tabla 3. Inventario de materia prima.

Material en curso

En frente de cada máquina existen piezas listas para ser procesadas. Estas cantidades son muy variables, por lo que de igual forma se realizó una estimación media.



Figura 39. Inventario de material en curso.

Las cantidades de material se indican siempre en piezas completas (a pesar de que se encuentren en forma de varillas individuales o juegos de varillas durante las primeras etapas del proceso). Esto permite comparar fácilmente el material acumulado delante de cada uno de los procesos.

En el VSM estas cantidades también se representan en escala temporal, indicando el tiempo que tardarían en ser procesadas por la siguiente etapa del proceso de fabricación. De esta forma se pudo conocer el lead time del proceso completo.

Producto terminado

El almacén de producto terminado de SAPREM contiene más de 20.000 piezas listas para la venta. Sin embargo, debido a la gran cantidad de referencias resulta muy difícil determinar la demanda de todas ellas (Ver Figura 40 y Figura 41).



Figura 40. Almacén de producto terminado.



Figura 41. Almacén de producto terminado.

Por ello se contabilizaron sólo algunas de las piezas que se suelen vender de forma más habitual, que son las que se muestran a continuación:

Familia	Accesorio	Ventas 2016* (uds)	Inventario (uds)	Inventario (días)
Retenciones	RAAW 21/D/900	19868	560	4
	RAAW 21,5/D	750	127	23
	SAFO 21/D	13778	1300	13
Empalmes	EPAL 14/I/1200	35834	1500	6
	EPAW 15/I/2600	772	95	17
Varillas	VPAL 093-099	2511	472	25
	VPAL 132-140	1406	665	64
	VPGS3AL 15/D	373	209	76

*Del 1 de enero al 15 de mayo (135 días)

Tabla 4. Inventario de producto terminado de los accesorios más frecuentemente vendidos.

A pesar de ello, existen muchas piezas terminadas que llevan en los almacenes de SAPREM meses, o incluso años. Esto se debe a que en algunos periodos las ventas de ciertas piezas aumentaron mucho, y como se esperaba que se vendiesen se fabricó contra almacén. Una vez bajó la demanda no encontró salida a estas piezas.

4.3. VSM de la situación actual

A continuación se muestran los tres VSM que se realizaron (uno para cada familia de producto). La versión inicial se dibujó a mano paso a paso durante las observaciones y mediciones que se realizaron en la fábrica. Una vez trazado se introdujo en soporte informático para poder ajustar los datos, ya que el proceso de observación duró varias semanas.

Se puede observar que existen procesos comunes entre las familias de productos:

- Las preformadoras y la cuba de limpieza son compartidas por todas ellas.
- La encoladora y la pegadora son compartidas por las retenciones y los empalmes.
- La atadora es compartida por los empalmes y las varillas.

En estas máquinas los tiempos de ciclo (C/T) y valor añadido (VA) pueden variar de una familia a otra. La razón fundamental es que algunas máquinas trabajan sobre varillas individuales, y cada familia está formada por un número de varillas diferente. Por ejemplo, los empalmes están formados por en torno al doble de varillas que las retenciones.

4.3.1. VSM – Retenciones

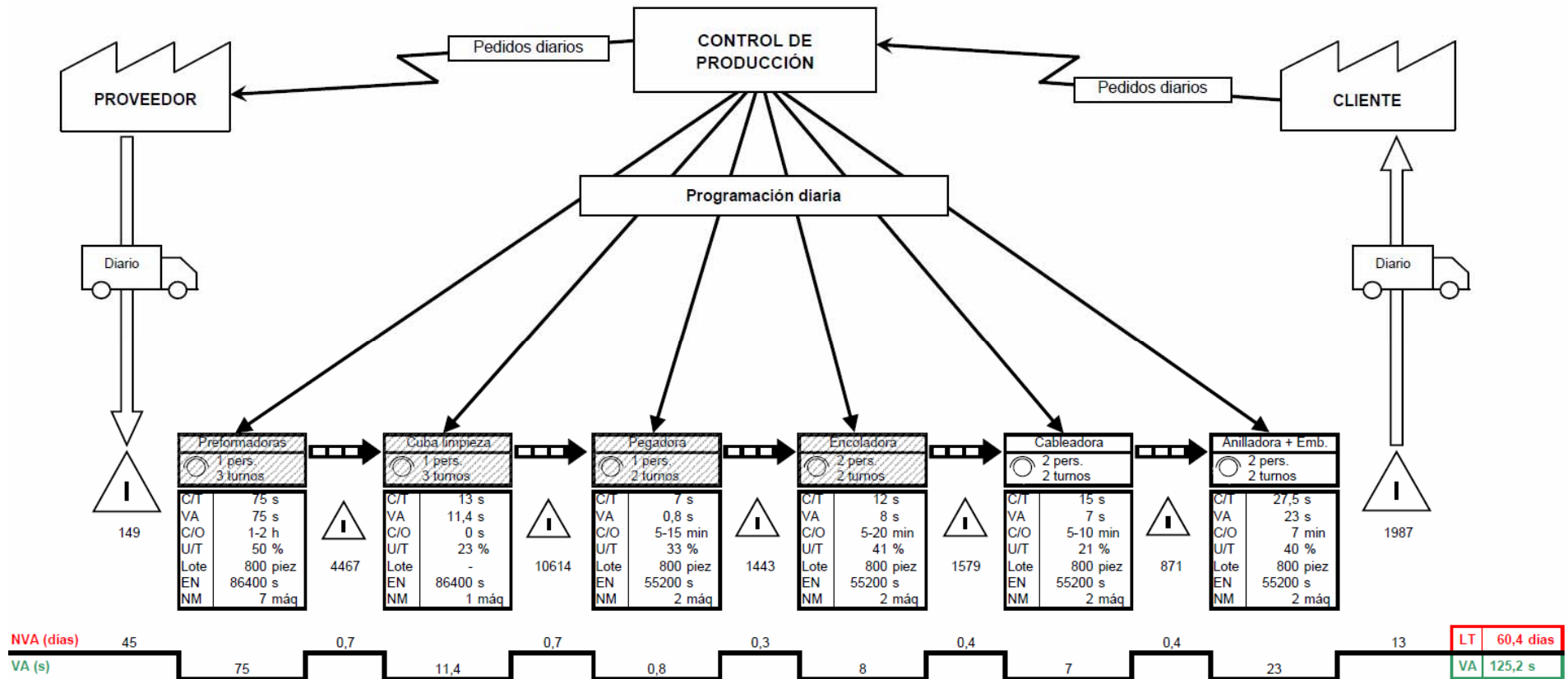


Figura 42. Mapa de la cadena de valor de las retenciones.

4.3.2. VSM – Empalmes

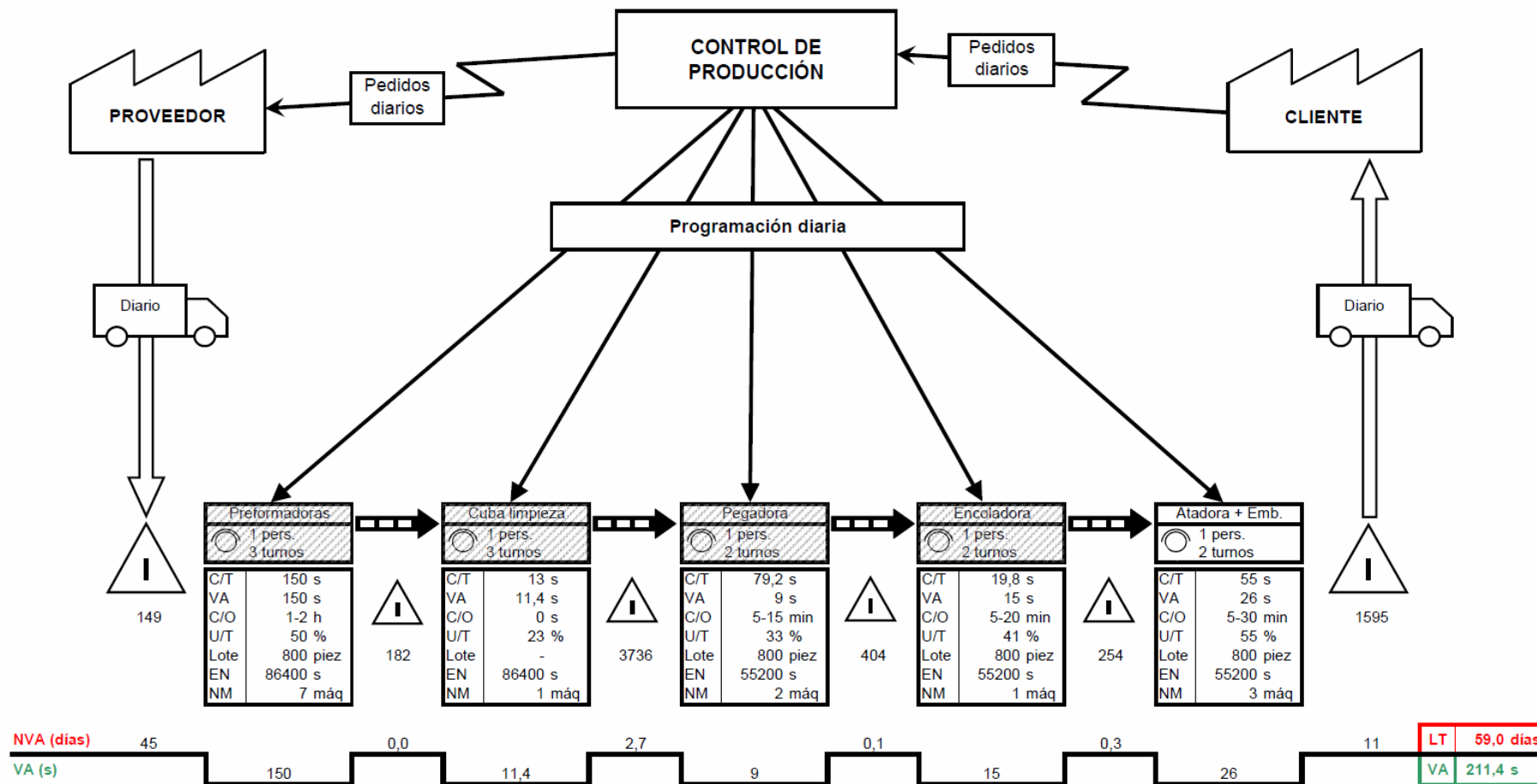


Figura 43. Mapa de la cadena de valor de los empalmes.

4.3.3. VSM – Varillas

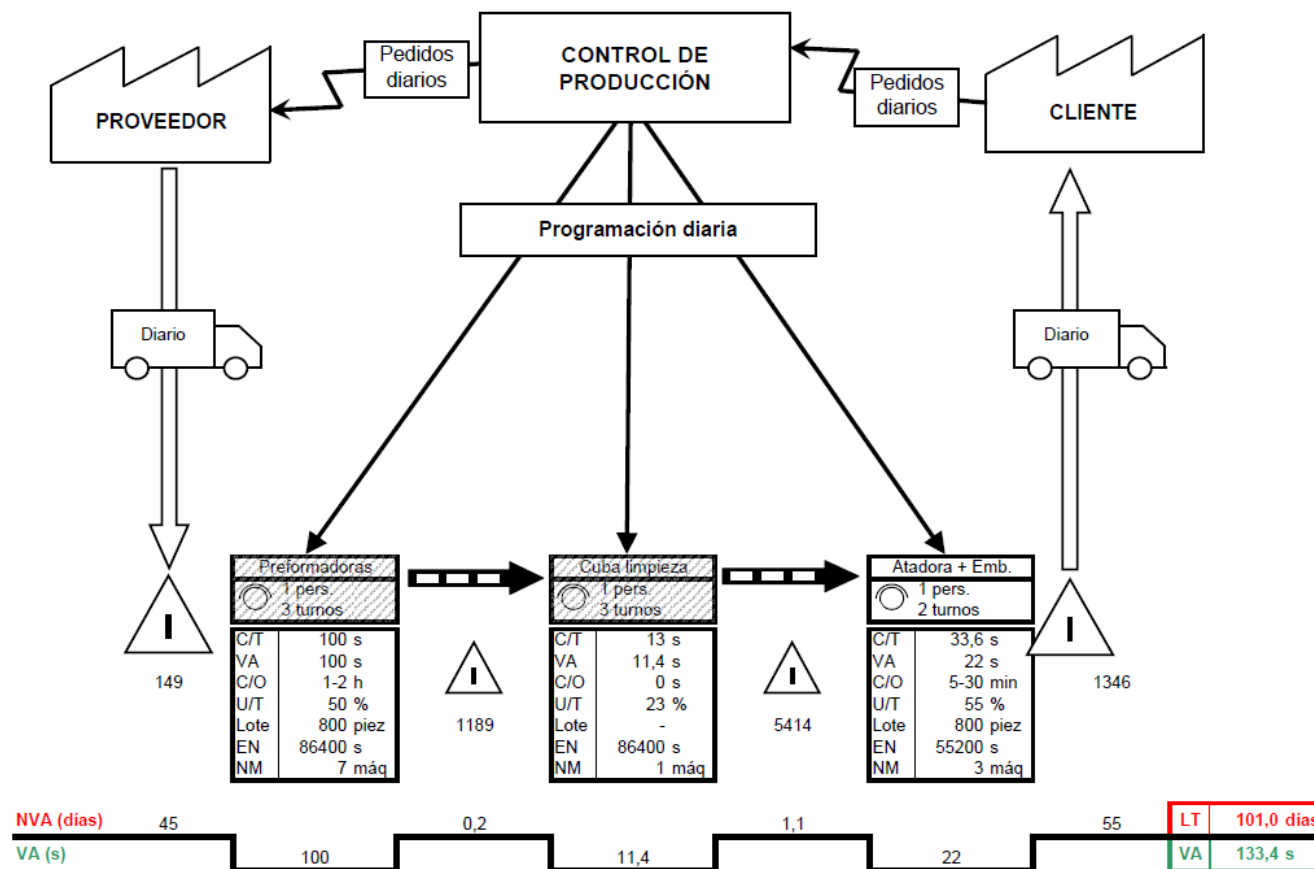


Figura 44. Mapa de la cadena de valor de las varillas.

4.4. Diagnóstico de la situación actual

A continuación se expone el análisis de la situación actual de la planta de producción de SAPREM, a partir de los datos recogidos en los VSM anteriores.

El primer aspecto que llama la atención es que los tiempos medios de funcionamiento (uptime) de cada máquina son muy bajos, no llegando en muchos casos al 50%. (Ver Figura 45).

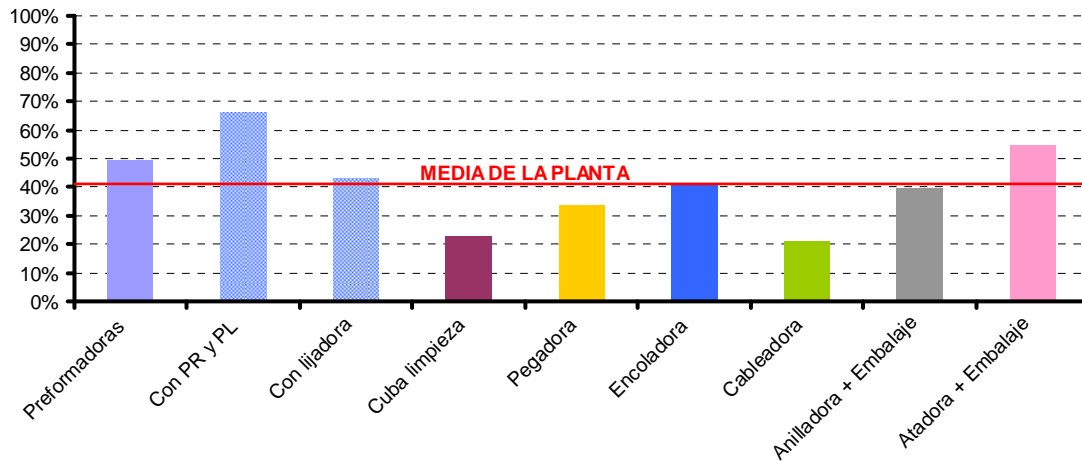


Figura 45. Tiempos medios de funcionamiento registrados.

Como se ha indicado anteriormente, SAPREM fabrica casi siempre contra pedido. En un primer lugar cabe pensar que no se reciben suficientes pedidos y que hay un exceso de capacidad. Sin embargo, esto no se corresponde con la realidad, ya que SAPREM siempre suele tener trabajo para unos dos meses.

Los niveles de inventario en curso son bajos a lo largo de todo el proceso para las tres familias de productos. A la salida de la cuba de limpieza puede encontrarse más cantidad de piezas, lo cual se debe a la diferencia de capacidad de esta máquina y el resto, que se solventa con una zona de almacén intermedio (Ver Figura 46).



Figura 46. Almacén de material en curso junto a la cuba de limpieza.

En la Figura 47 puede verse un desglose del tiempo de funcionamiento por días de trabajo, durante las cuatro semanas durante las que se tomaron los datos. Como puede observarse, existe una gran diferencia entre unos días y otros, lo que significa que hay momentos en los que los procesos se deben encontrar saturados, mientras que en otros apenas se necesita que funcionen.

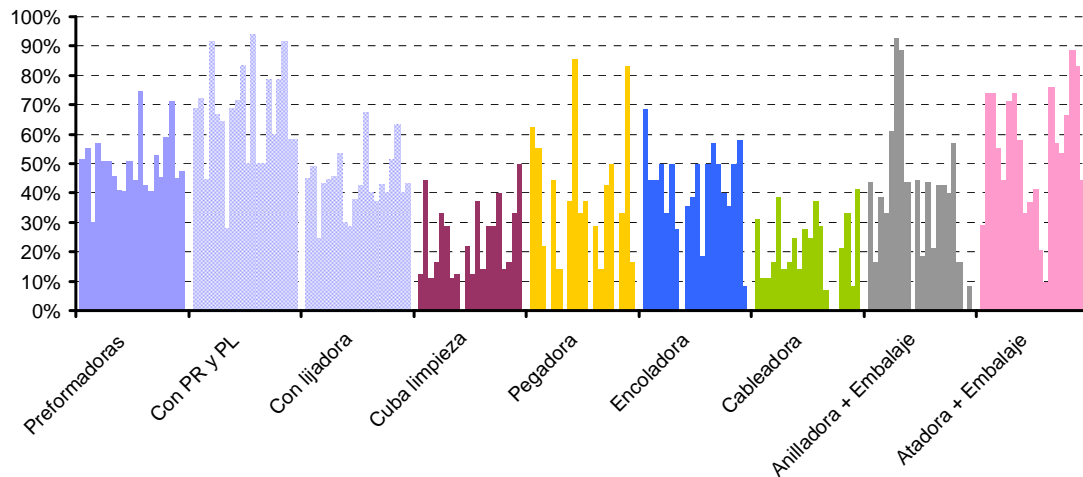


Figura 47. Tiempos medios de funcionamiento por día.

Por la información obtenida del departamento comercial de SAPREM, se supo que frecuentemente existen problemas para entregar los pedidos en el plazo que solicitan los clientes. Esto conduce a la conclusión de que si no se consigue sacar todos los pedidos pendientes a tiempo, pero las estaciones de trabajo tampoco están saturadas, el problema debe encontrarse al principio de la línea, en las máquinas preformadoras.

Efectivamente, las máquinas preformadoras tienen un tiempo de ciclo (C/T) más elevado que cualquiera de las otras estaciones. Además, todas las

familias de producto deben pasar a través de ellas, por lo que constituyen el cuello de botella de la planta.

A pesar de este hecho, las preformadoras tampoco trabajan a más del 50% de su capacidad en promedio. Tras los paseos por la fábrica se pudo ver que gran parte del tiempo que estas máquinas están paradas se debe a cambios de lote y fallos. Prácticamente todos estos fallos que se dan durante la fabricación no se deben a que los equipos estén mal diseñados o sean poco fiables, sino a que no se encuentran del todo bien ajustadas tras el último cambio de lote.

Por otro lado, se debe poner atención a la situación de los inventarios de materia prima y de producto terminado.

En cuanto al primero, se ha visto que se trata de un tema de gran complejidad. Se necesitan hilos de muchos diámetros y materiales diferentes. Las cantidades de bobinas en el almacén no vienen tanto dadas por los requerimientos de material sino por la distancia con los proveedores. Esta dificultad para conocer la demanda futura de material ha provocado que algunas bobinas lleven en SAPREM más de dos años.

Debido a que SAPREM fabrica por pedido, los niveles de inventario de producto terminado deberían ser muy bajos. Para las piezas más habituales, en el caso de las retenciones y los empalmes, se tienen piezas para unas dos semanas de ventas, según los datos de ventas de este año. Sin embargo, para las varillas hay una cantidad que asciende a casi dos meses.

Para los accesorios que se venden con menor frecuencia, existen unas pocas piezas en el almacén de muchos de los tipos, que en suma hacen que los niveles totales sean elevados (Ver Figura 48 y Figura 49), y que muchas piezas permanezcan varios meses en el almacén.

Esto se debe a que, frecuentemente, para aprovechar la configuración de las máquinas, se fabrican más piezas de las necesarias y se destinan al almacén. Esto puede dar lugar a una obsolescencia de la mercancía, como ya ha ocurrido otros años.

De esta forma se pueden observar de forma clara dos desperdicios o mudas de los introducidos en la Sección 2.1.1: la sobreproducción y los inventarios excesivos.



Figura 48. Inventario de producto terminado.



Figura 49. Inventario de producto terminado.

4.5. Acciones para eliminar las ineficiencias.

Con ayuda del VSM ha sido posible identificar las ineficiencias que se dan en el proceso de fabricación de SAPREM. Como se vio en la Sección 2.1, para lograr una producción más eficiente, el primer paso consiste en una nivelación de la producción, que permita suprimir las irregularidades (mura) para que después desaparezcan las sobrecargas de trabajo (muri) y se eliminen el resto de desperdicios (muda).

4.5.1. Nivelación de la producción

Cuando se comienza una orden de fabricación para un pedido, de forma general no se interrumpe dicha orden hasta el final. Cuando la orden es muy grande (más de una semana de trabajo), se retrasa la producción de lotes más pequeños, que podrían terminarse en unas horas.

Para conseguir esta nivelación resulta imprescindible poder fabricar en lotes más pequeños, pudiendo dividir las órdenes más grandes en varias etapas. Esto no es posible actualmente debido a los elevados tiempos de cambio de lote de las máquinas preformadoras.

Por lo tanto, el primer paso necesario debe consistir en reducir estos tiempos de cambio. Además de permitir fabricar en lotes más pequeños y reducir los niveles de inventario, provocará un aumento del tiempo de funcionamiento (uptime), reduciendo su efecto de cuello de botella sobre la planta.

Para ello se plantea la aplicación de las técnicas de cambio de utillaje (SMED) introducidas en la Sección 2.2.2, como primera etapa para llevar la planta de fabricación de SAPREM hacia una fabricación más eficiente.

4.6. Aplicación del SMED a las máquinas preformadoras

4.6.1. Descripción de las máquinas preformadoras

En primer lugar, para entender las operaciones que tienen lugar durante los cambios de lote, es necesario conocer estas máquinas con mayor profundidad que la alcanzada en la Sección 3.7.2.

Estas máquinas se conocen en SAPREM como máquinas preformadoras, pero en realidad realizan más acciones sobre las varillas. Además de dar forma helicoidal al hilo metálico, también cortan la varilla a la longitud deseada, repasan las puntas para evitar daños sobre los cables y en caso de que sea necesario (para las retenciones y los empalmes) enhebran conjuntos de varillas.

A continuación se describen las distintas partes de la máquina, con el fin de identificar y conocer sus elementos más relevantes.

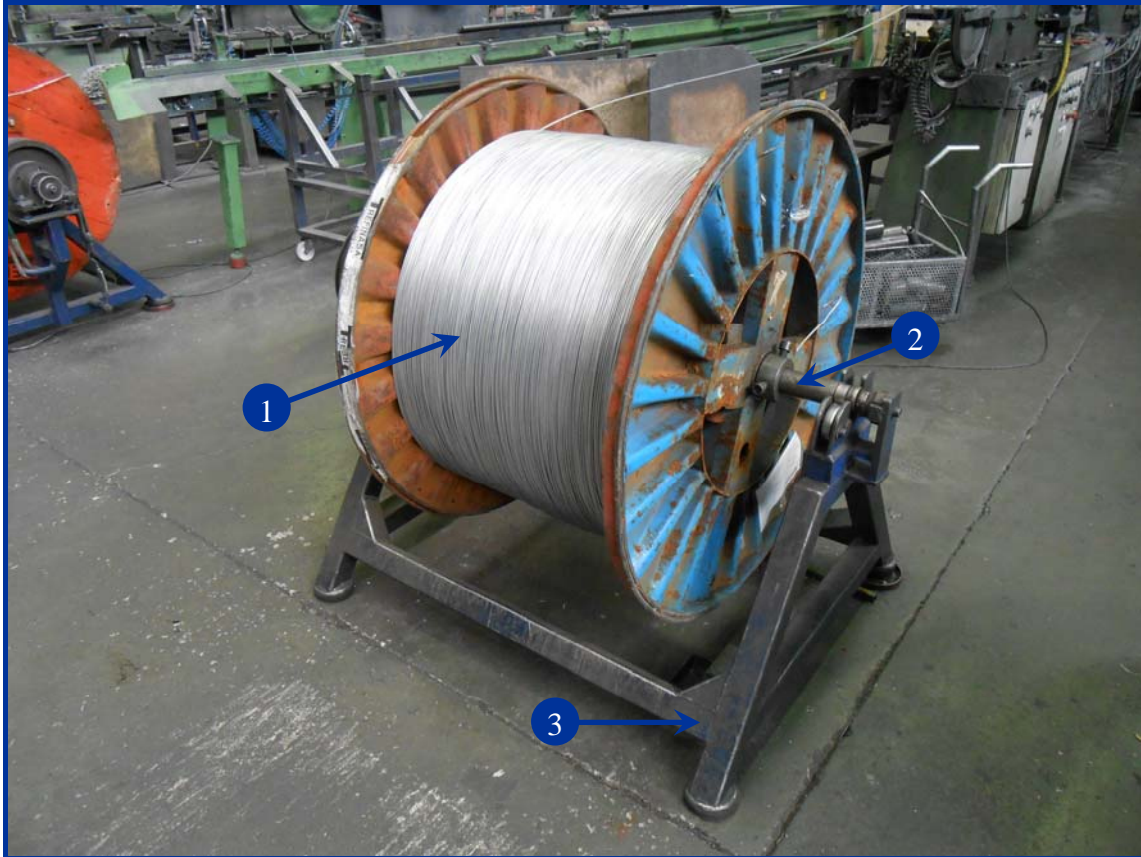


- 1. Máquinas para puntas redondas
- 2. Máquinas para puntas lijadas

Figura 50. Máquinas preformadoras. Vista completa.

Aportación de hilo

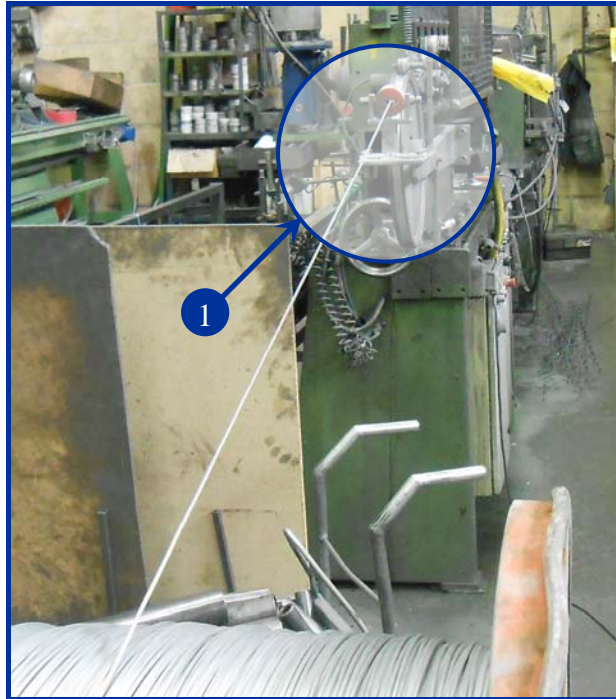
El hilo se suministra a la máquina a partir de una bobina. Ésta se apoya sobre un soporte situado delante de cada máquina. Gira sobre un eje que se extrae cuando se desea cambiar la bobina (Ver Figura 51).



1. Bobina de hilo
2. Eje
3. Soporte para bobinas

Figura 51. Bobina de hilo colocada sobre el soporte.

Después el hilo se debe enhebrar en la máquina y hacerse pasar por el sistema de rodillos de tracción (Ver Figura 52 y Figura 53).



1. Hilo enhebrado (Ver Figura 53)

Figura 52. Hilo enhebrado en la máquina preformadora.

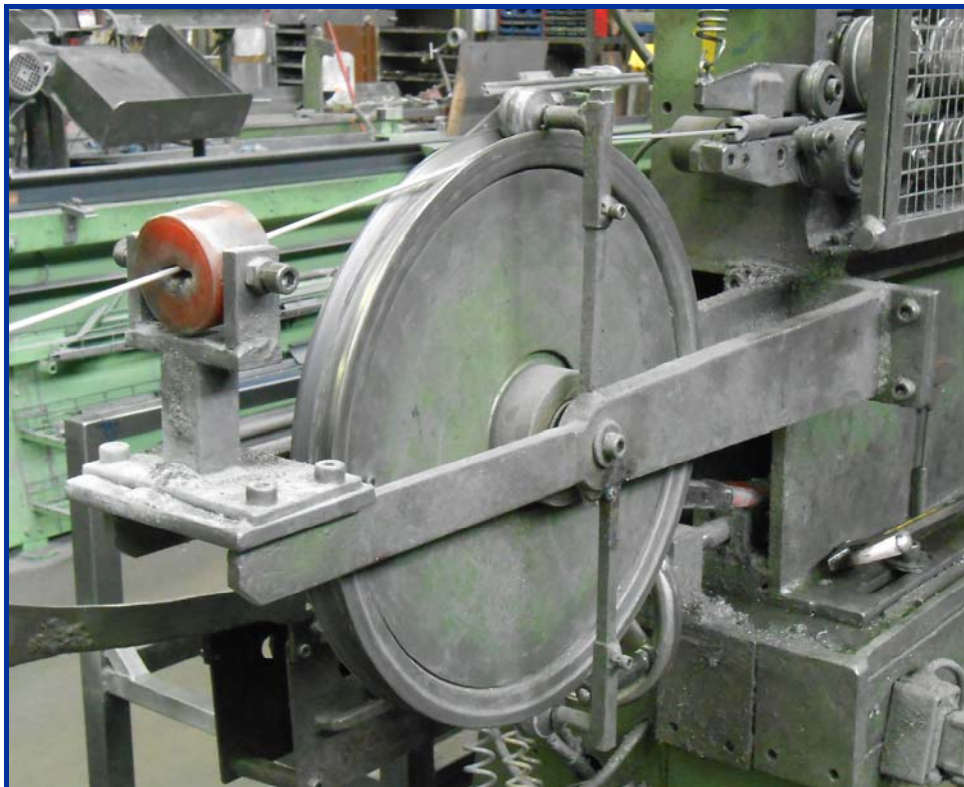
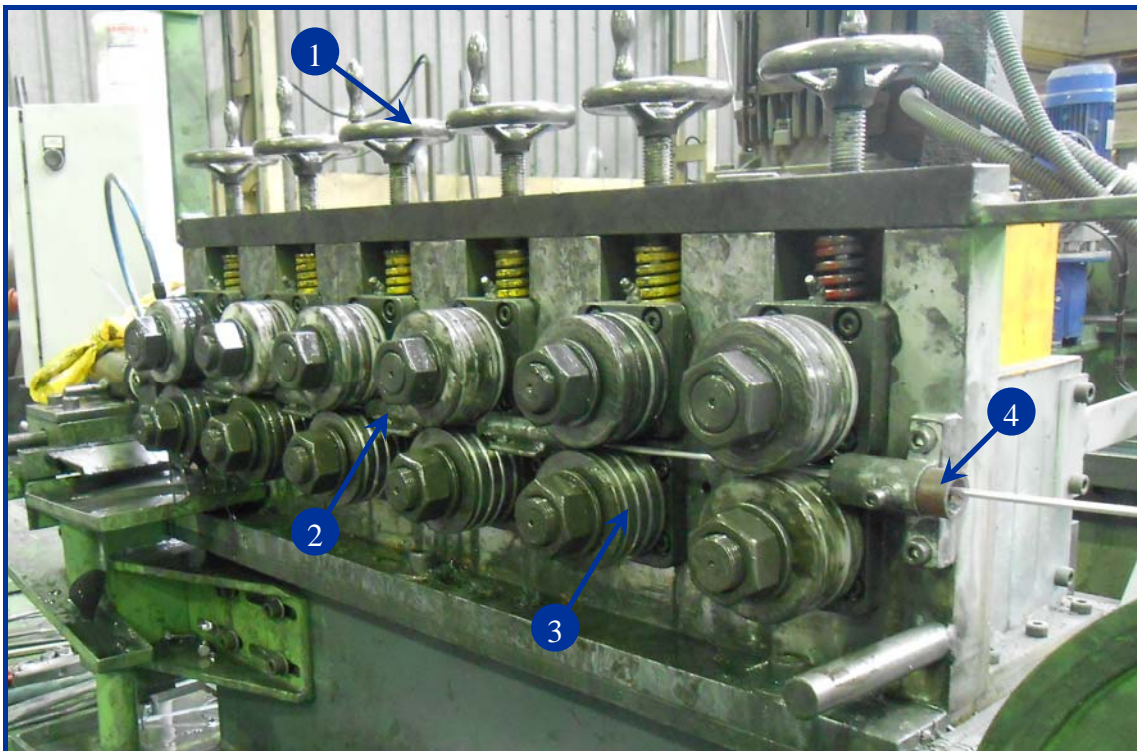


Figura 53. Hilo enhebrado en la máquina preformadora. Detalle.

Tracción del hilo

El hilo metálico enhebrado se hace pasar por unos rodillos que lo traccionan hacia el sistema de deformación que le conferirá la forma helicoidal. Estos rodillos son diferentes para las máquinas de punta lijada y de punta redonda. Las primeras poseen doce rodillos (Ver Figura 54), mientras que las otras tienen solo ocho, de mayor tamaño (Ver Figura 55).

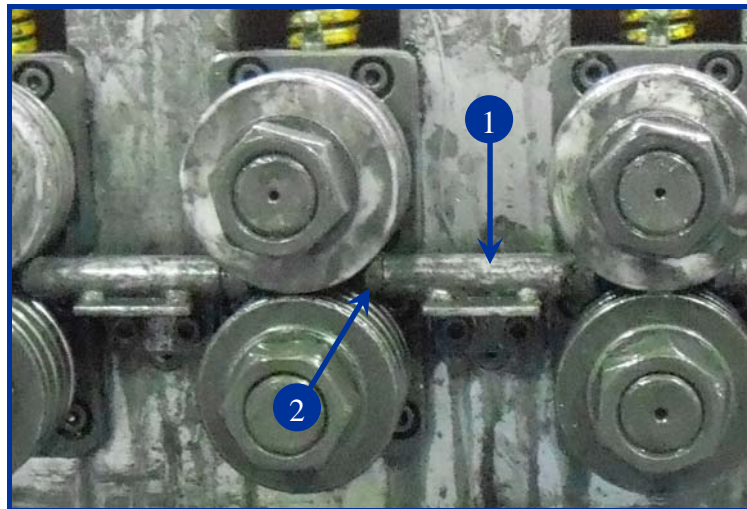
Cada uno de los rodillos se fija mediante una tuerca y una arandela. Los rodillos superiores poseen un volante que ayuda a que ejerzan suficiente presión sobre el cable y que permite separarlos para desmontarlos más fácilmente (Ver Figura 54).



1. Volante de ajuste de rodillos
2. Canutillo
3. Rodillos
4. Hilo enhebrado

Figura 54. Rodillos de tracción. Máquina para puntas lijadas.

En las máquinas para puntas lijadas, para ayudar a conducir el hilo hay unos canutillos entre cada par de rodillos. Estos canutillos llevan en su interior un cilindro que le permite adaptarse a los distintos diámetros (Ver Figura 55).



- 1. Canutillo
- 2. Cilindro

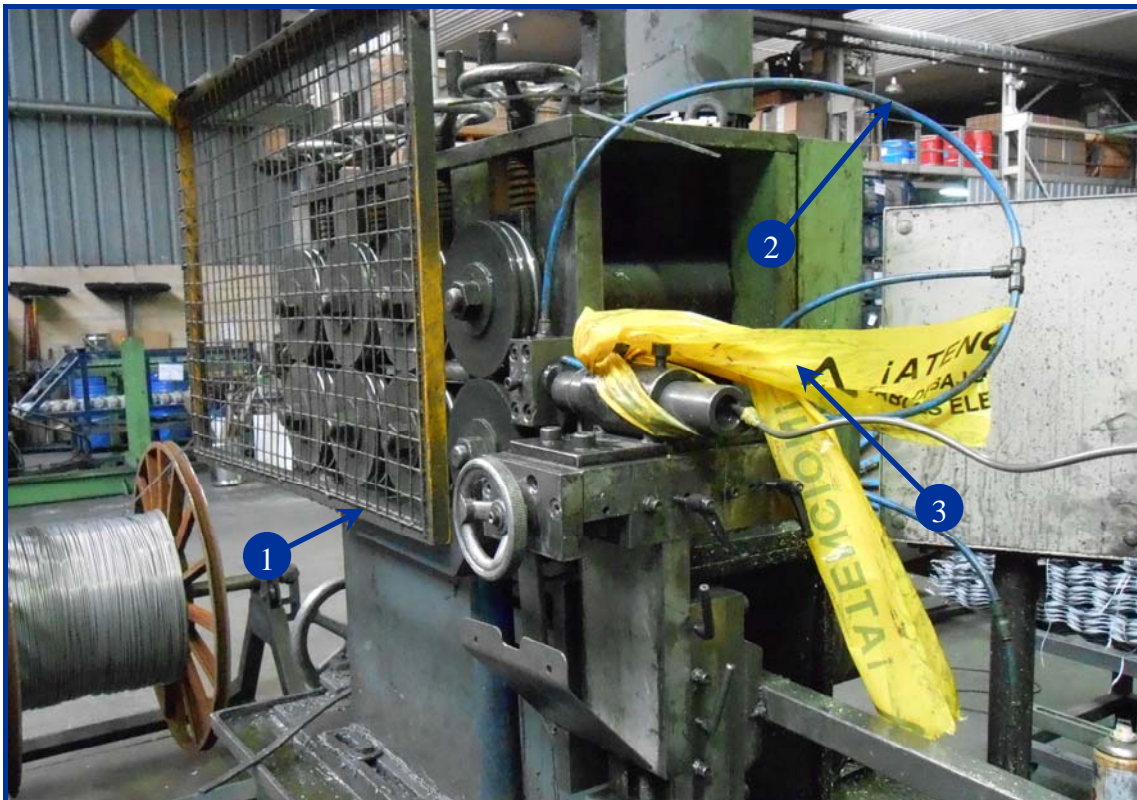
Figura 55. Rodillos de tracción. Detalle.



Figura 56. Rodillos de tracción. Máquina para puntas redondas y pico loro.

Preformado

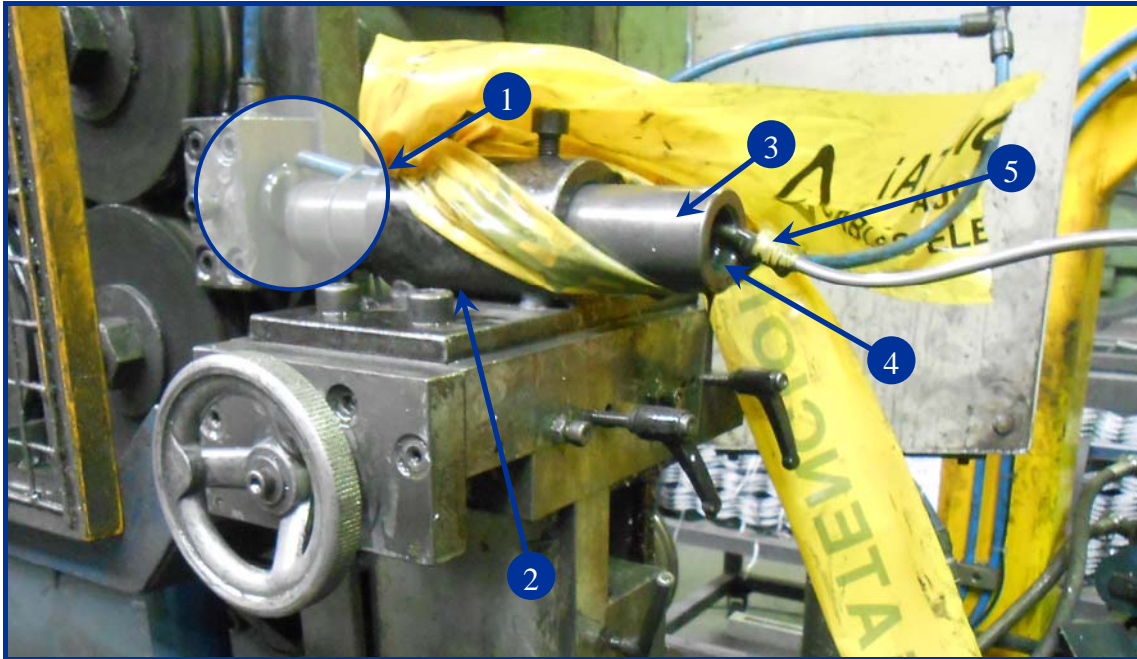
El elemento principal es el útil de deformación, que consiste en un cilindro con una ranura helicoidal, con la longitud de paso y diámetro deseados. Al pasar el hilo a través de éste adquiere su forma. Este útil va contenido en una pieza cilíndrica que se denomina envolvente que a su vez se coloca en el interior del portaenvolventes, el cual se fija a la máquina mediante cuatro tornillos (Ver Figura 58).



1. Rejilla de seguridad
2. Tubo de engrasado
3. Cinta de desengrase

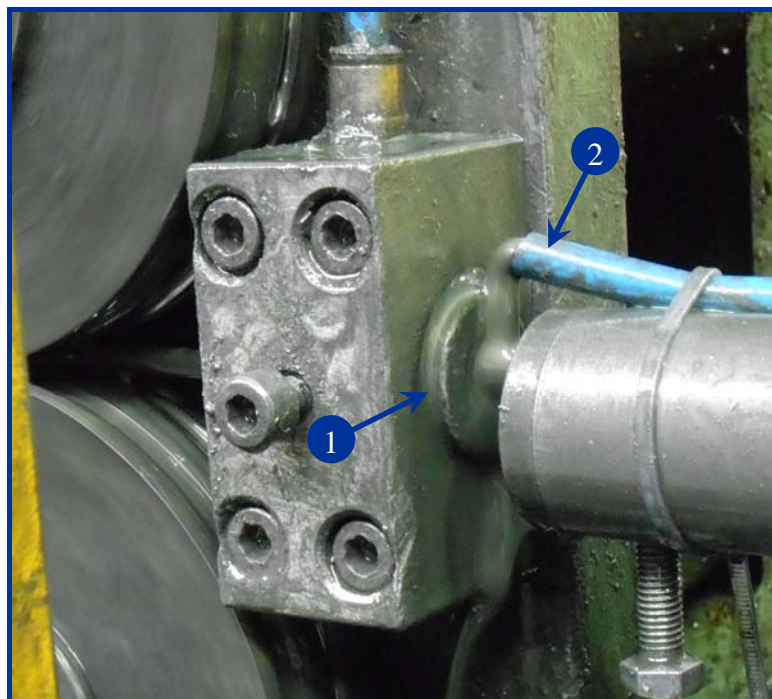
Figura 57. Sistema de deformación.

Para que el hilo se introduzca adecuadamente en el útil de deformación, antes debe pasar por un elemento denominado hilera. Durante el preformado, el hilo debe engrasarse para evitar daños sobre el útil. Esto se hace aplicando aceite a través del tubo de engrasado. Parte se retira nada más salir del útil de deformación, mediante una cinta atada al hilo (Ver Figura 58).



- 1. Hilera y tubo de engrasado (Ver Figura 59)
- 2. Portaenvolventes
- 3. Envolverte
- 4. Útil de deformación
- 5. Cinta de desengrase

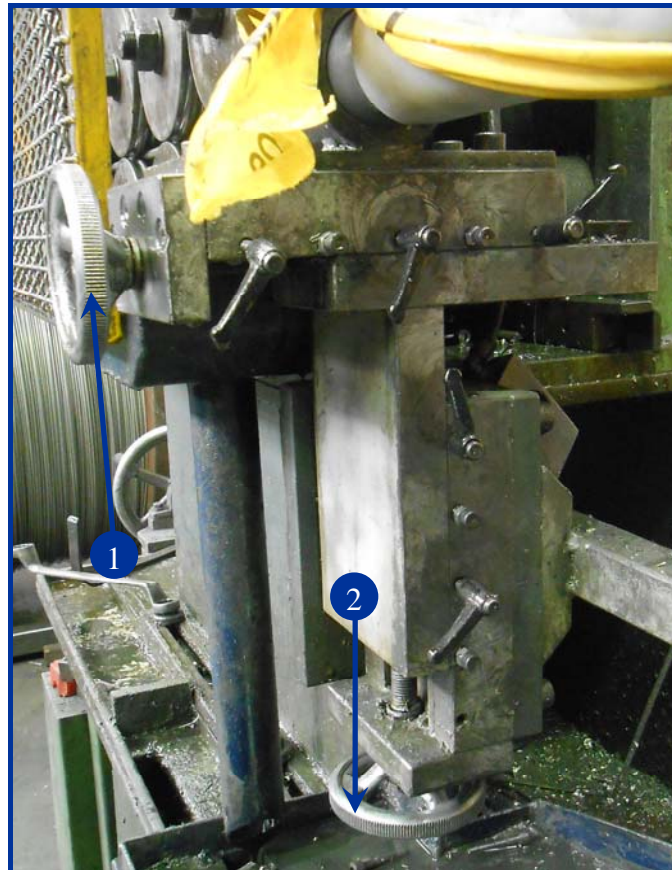
Figura 58. Sistema de deformación. Detalle.



- 1. Hilera
- 2. Tubo de engrasado

Figura 59. Hilera y tubo de engrasado.

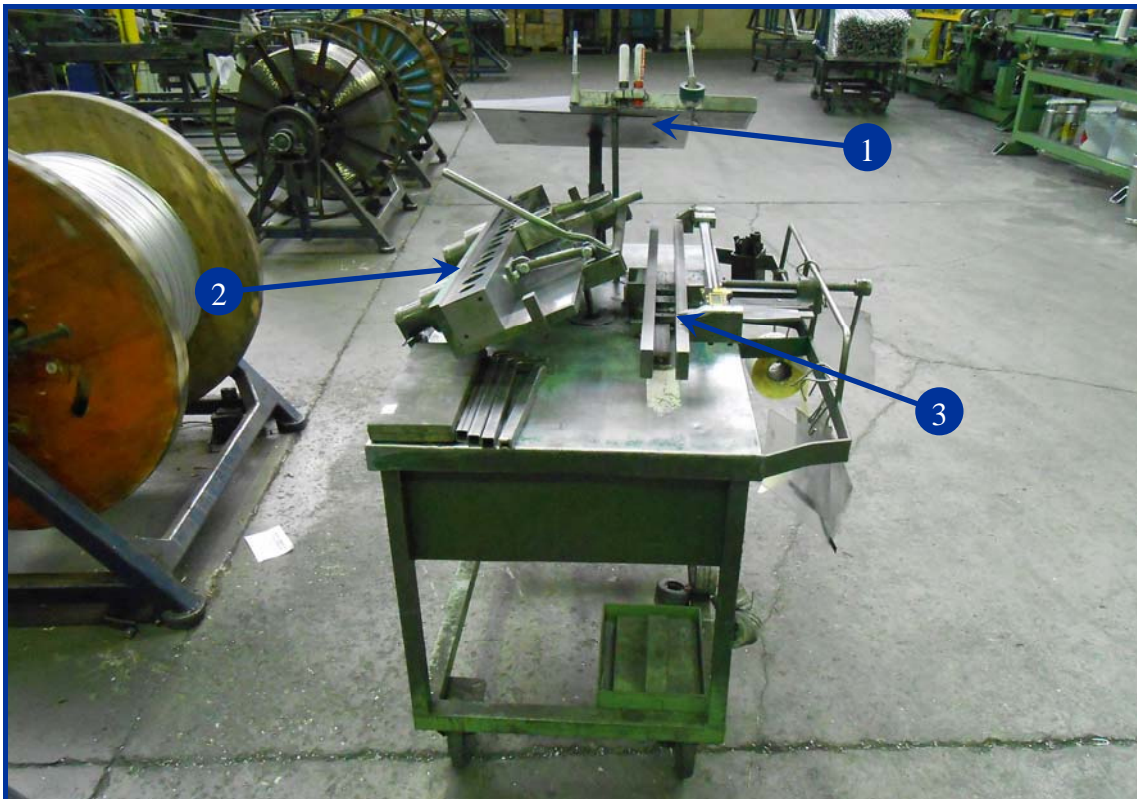
Al tratarse de un proceso en frío, parte de la deformación es elástica y se recupera al salir del útil. Cada material tiene pequeñas diferencias en sus propiedades mecánicas, y la deformación plástica que admite varía. Por ello se debe jugar con la posición del útil para forzar una mayor o menor deformación plástica cada vez que se introduce una nueva bobina de hilo. Para ello existe un ajuste vertical y horizontal que se realiza con sendos volantes (Ver Figura 60).



1. Volante de ajuste de posición horizontal
2. Volante de ajuste de posición vertical

Figura 60. Mecanismo de desplazamiento del sistema de deformación.

Cuando se extrae el primer tramo de varilla nueva preformada se debe cortar y llevar a la mesa de medición para comprobar si el paso y el diámetro de la varilla se ajustan a las dimensiones nominales (Ver Figura 61). Si esto no sucede se debe ajustar la posición del sistema de deformación y volver a medir otro tramo en la mesa.

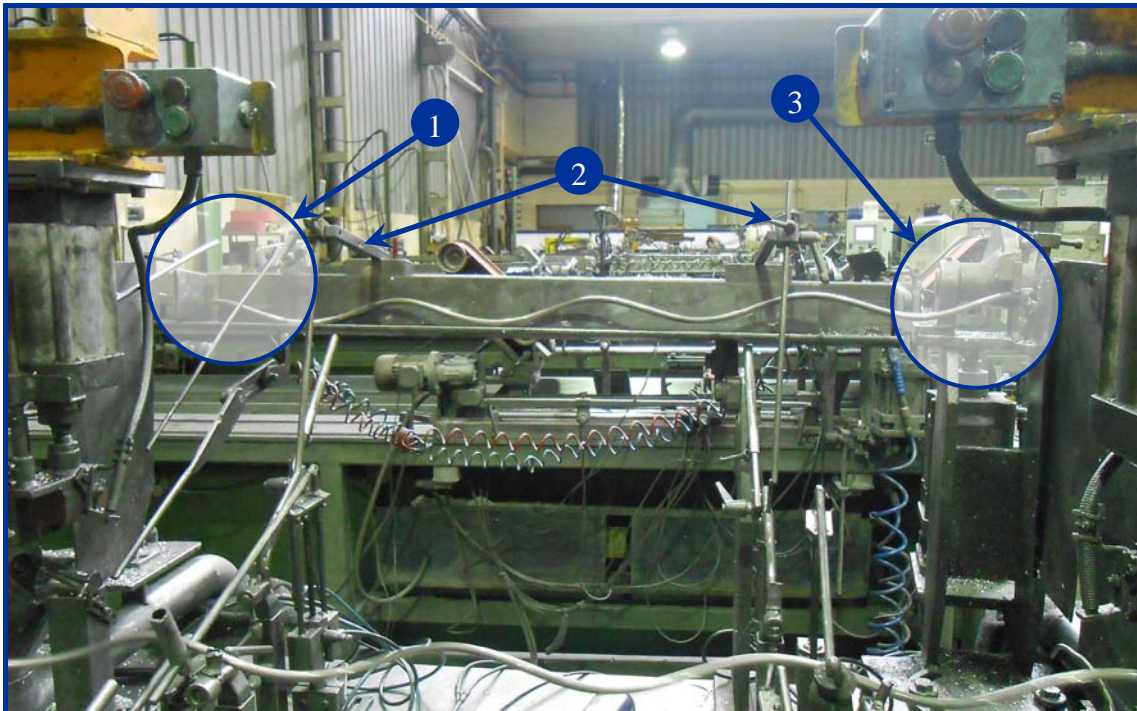


1. Hojas de orden de fabricación y hojas de control
2. Regla de medición de diámetro de varilla
3. Regla de medición el paso de varilla

Figura 61. Mesa de medición.

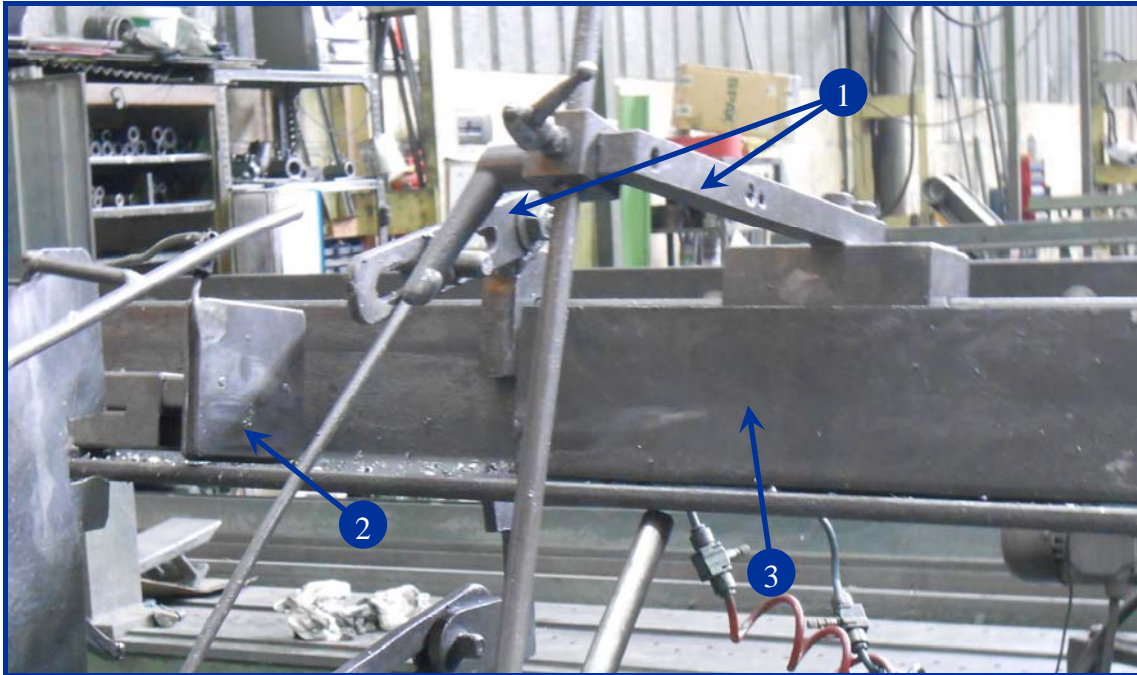
Corte

El hilo preformado continúa avanzando a través del útil hasta alcanzar la longitud de varilla deseada. En este momento toca un sensor y se acciona un mecanismo que corta la varilla (mecanismo de corte) y la empuja (placa de expulsión) hacia la siguiente fase del proceso. Para guiar la varilla hacia los soportes para trabajar las puntas, se colocan en la parte superior unos encauzadores (Ver Figura 62).



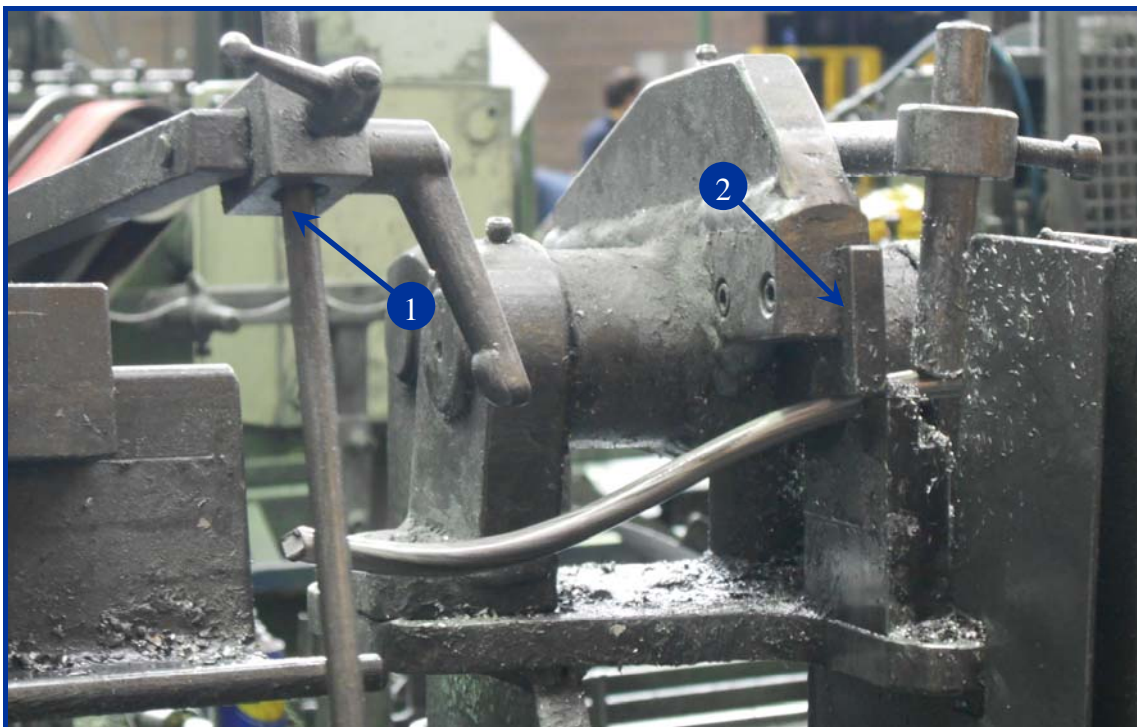
1. Sensor de corte (Ver Figura 63)
2. Encauzadores superiores
3. Mecanismo de corte (Ver Figura 64)

Figura 62. Sistema de corte de varillas. Vista general.



1. Encauzadores superiores
2. Sensor de corte
3. Placa de expulsión

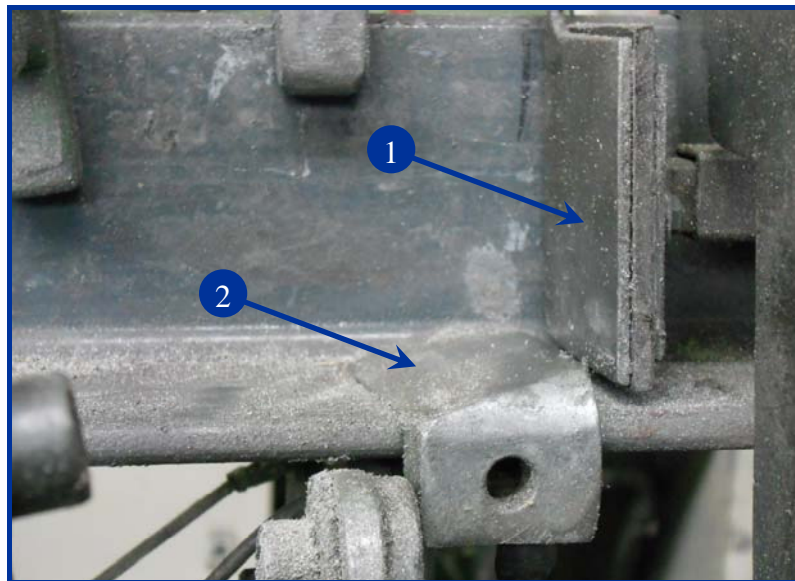
Figura 63. Sistema de corte de varillas. Detalle del sensor de corte.



1. Encauzador superior
2. Mecanismo de corte

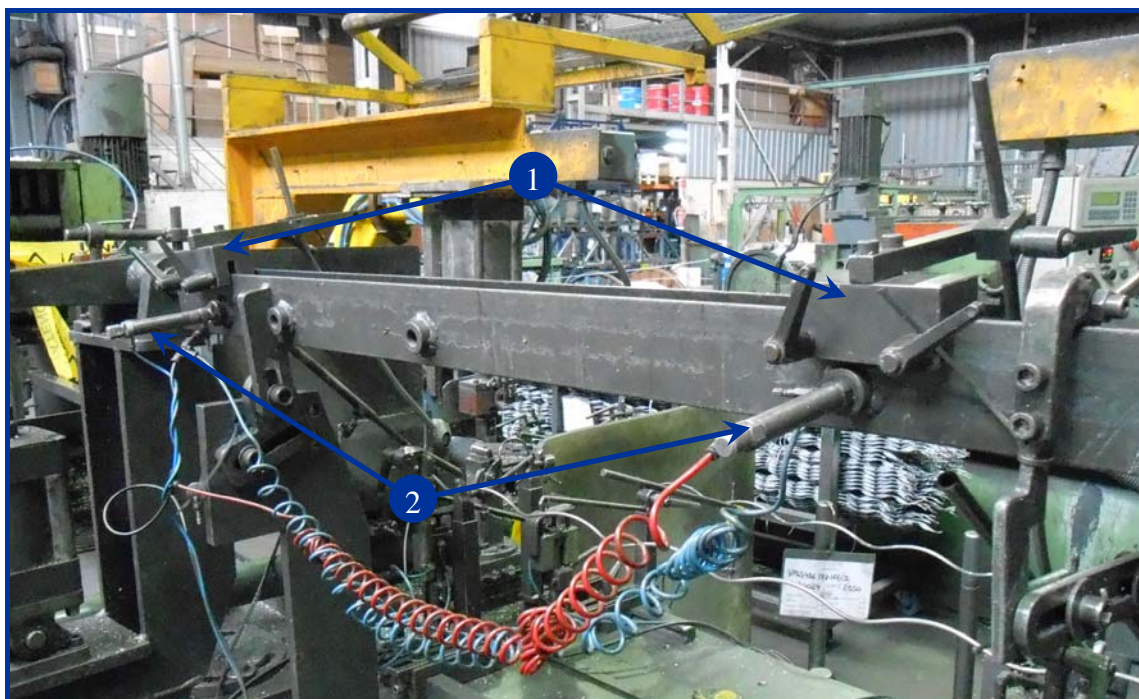
Figura 64. Sistema de corte de varillas. Detalle del mecanismo de corte.

En ocasiones la forma en que sale la varilla preformada hace que la punta llegue al sensor por debajo de la zona de contacto. En esta situación se coloca una pequeña rampa justo antes del sensor para elevar ligeramente la varilla (Ver Figura 65).



1. Sensor de corte
2. Rampa de elevación

Figura 65. Sistema de corte de varillas. Detalle de la rampa de elevación.



1. Encauzadores superiores
2. Cilindros de aire de accionamiento de la placa de expulsión

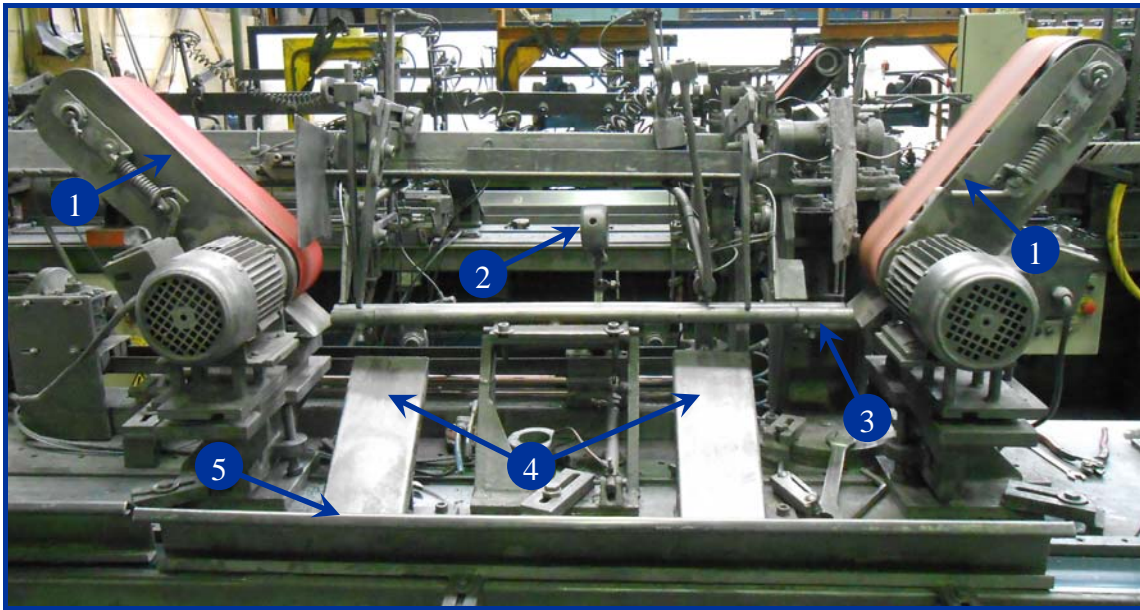
Figura 66. Sistema de corte de varillas. Vista trasera.

Acabado de puntas

Para evitar daños sobre el cable las puntas deben repasarse. Para las varillas de diámetro inferior a 4.62mm este paso se realiza lijando ambos extremos. Para las varillas con diámetros superiores se les da una forma esférica, y si van a trabajar sobre conductores con elevadas tensiones se deben además prensar para reducir la distancia al cable en los extremos.

Este paso es el que hace que existan dos tipos de máquina diferentes.

Máquinas para puntas lijadas



1. Lijadora
2. Cilindro de sujeción
3. Barras de apoyo para lijar puntas
4. Encauzadores inferiores
5. Barra de tope

Figura 67. Máquina preformadora para puntas lijadas. Vista frontal.

Para terminar este tipo de puntas las varillas se empujan sobre dos lijadoras, una a cada lado (Ver Figura 68). Para ello existe un cilindro que sujeta las varillas contra dos barras horizontales, y las arrastra acercando los extremos de las varillas contra las lijadoras, primero hacia un lado y luego hacia el otro (Ver Figura 69).

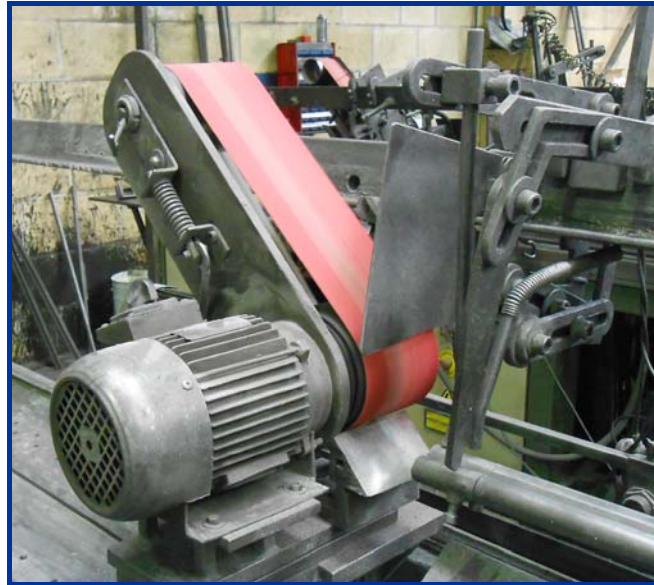


Figura 68. Máquina preformadora para puntas lijadas. Detalle de la lijadora.



1. Encauzador superior
2. Cilindro de sujeción
3. Barras de apoyo para lijar puntas (Ver Figura 70)

Figura 69. Máquina preformadora para puntas lijadas. Detalle del mecanismo de desplazamiento.



Figura 70. Barras de apoyo para lijar puntas. Detalle.

El cilindro dispone de un mecanismo de desplazamiento y de unos sensores que detectan el final de carrera y cambian el sentido de avance del cilindro para trabajara la otra punta, y finalmente para detenerse en la posición inicial (Ver Figura 71).



1. Cilindro de sujeción
2. Sensores de posición del mecanismo de lijado de puntas

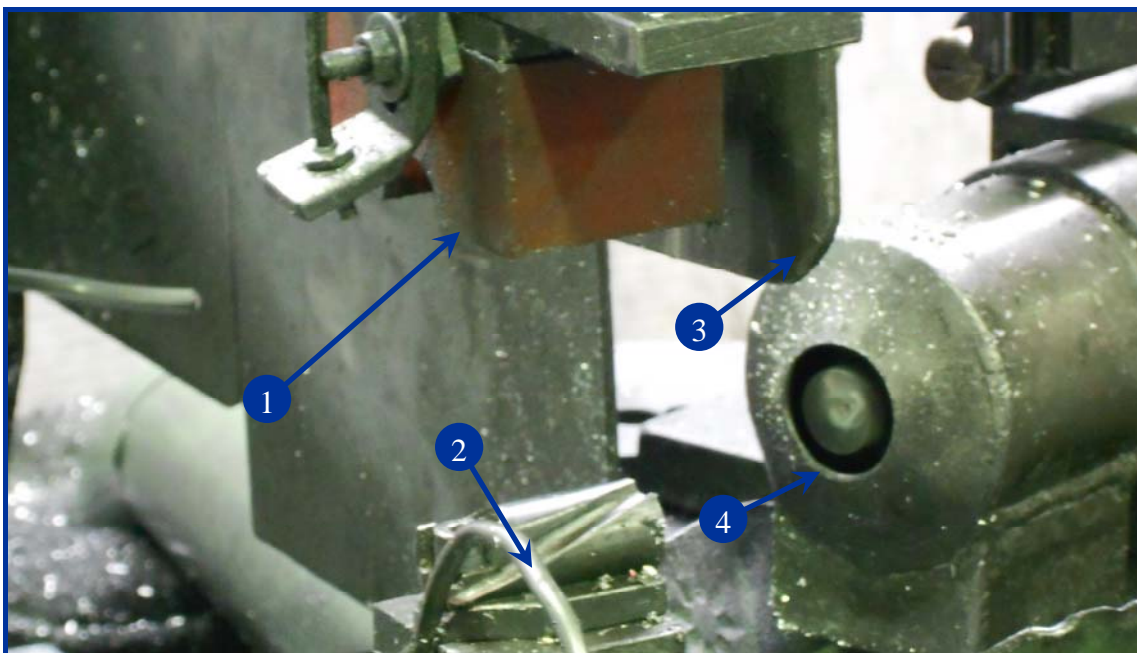
Figura 71. Sistema de lijado de puntas. Vista trasera.

Máquinas para punta redonda y pico loro

La punta de las varillas se introduce en unas cuchillas que les dan el acabado esférico (Ver Figura 72). Para soportar los esfuerzos que se ejercen sobre la varilla en este paso, se colocan sobre un útil de apoyo y se sujetan con un taco de presión de adiprene. Para evitar que la varilla se aproxime demasiado a la cuchilla se tiene una placa que desciende para retenerlas en la posición deseada (Ver Figura 73).



Figura 72. Detalle del mecanismo de acabado de puntas redondas.



1. Taco de presión
2. Útil de apoyo
3. Placa de tope
4. Cuchilla de punta redonda

Figura 73. Detalle de la cuchilla de puntas redondas.



Figura 74. Detalle del ajuste de posición del soporte de varillas para puntas redondas.

Cuando además se requiere un acabado de la punta tipo pico loro, se pasa a un siguiente punto donde se presan las puntas (Ver Figura 75). El conjunto de elementos es similar al de las cuchillas de punta redonda (Ver Figura 77).

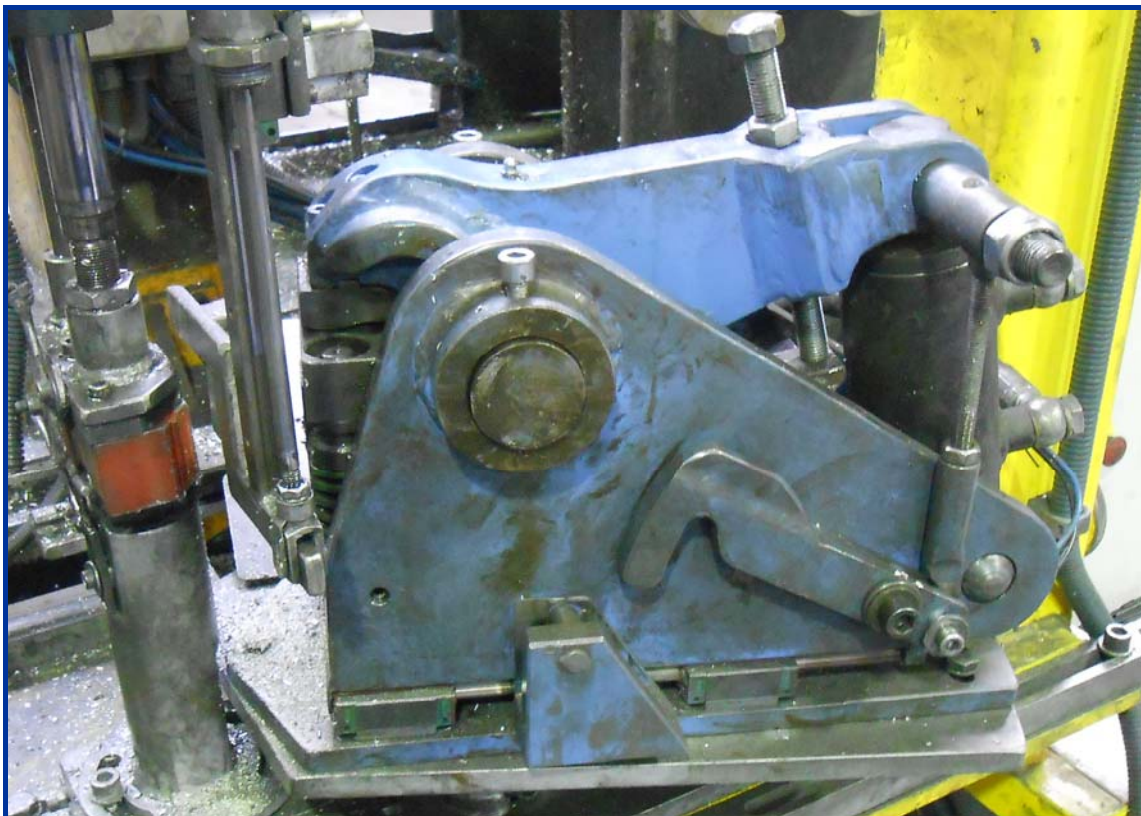


Figura 75. Prensa para puntas pico loro.

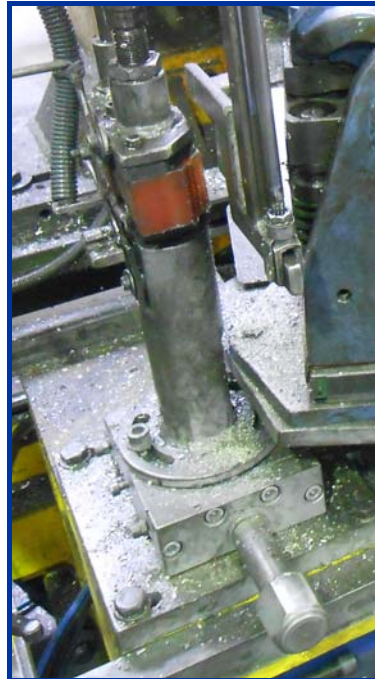
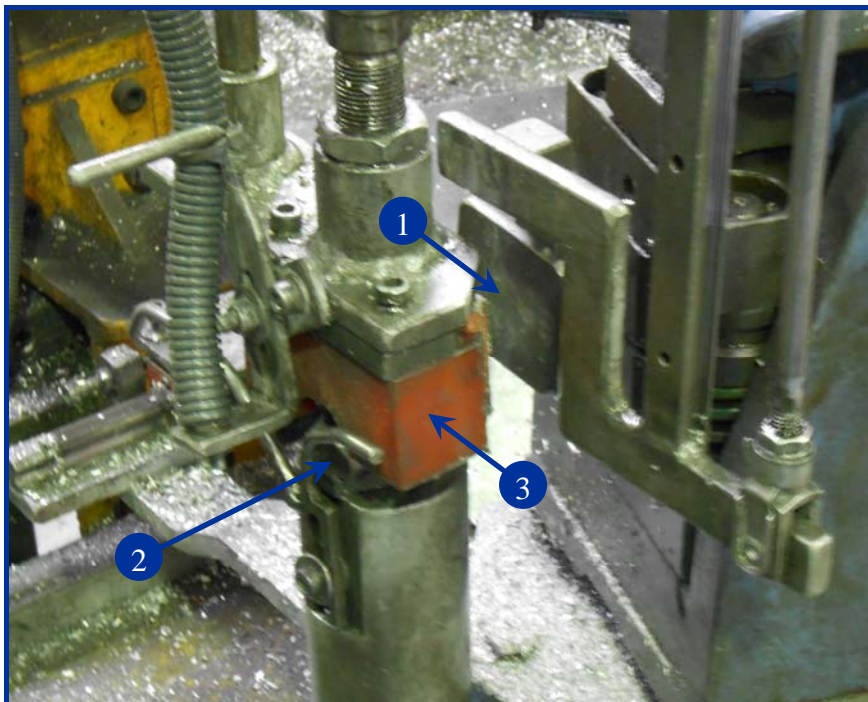


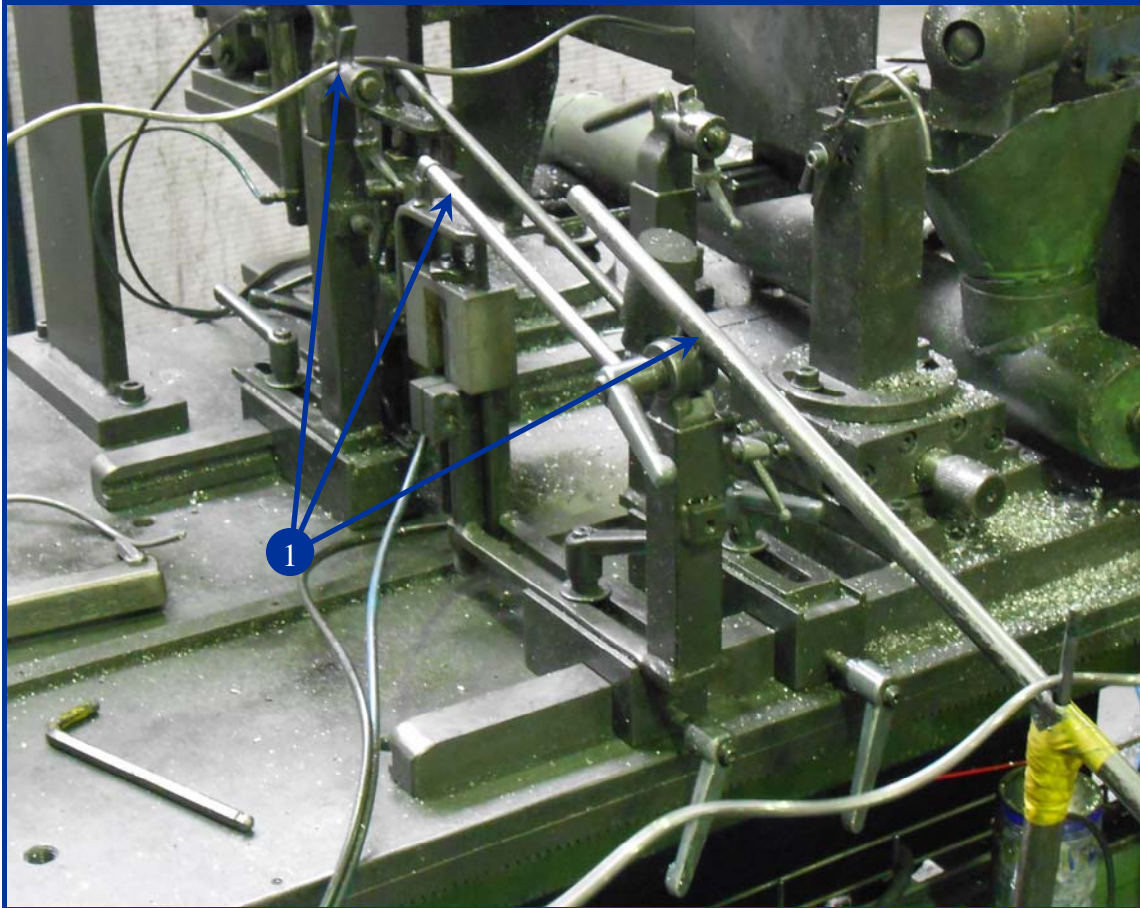
Figura 76. Detalle del ajuste de posición del soporte de varillas para puntas pico loro.



1. Placa de tope
2. Útil de apoyo
3. Taco de presión

Figura 77. Detalle del mecanismo de sujeción de varillas para puntas pico loro.

Las varillas comienzan en una posición elevada respecto del suelo, y van descendiendo según avanzan por las distintas etapas. La forma en que se consigue que caigan en la posición deseada para poder ser procesadas sin problemas en el siguiente paso es utilizando una serie de encauzadores, cuya posición se adapta a las características dimensionales de cada pieza (Ver Figura 78).



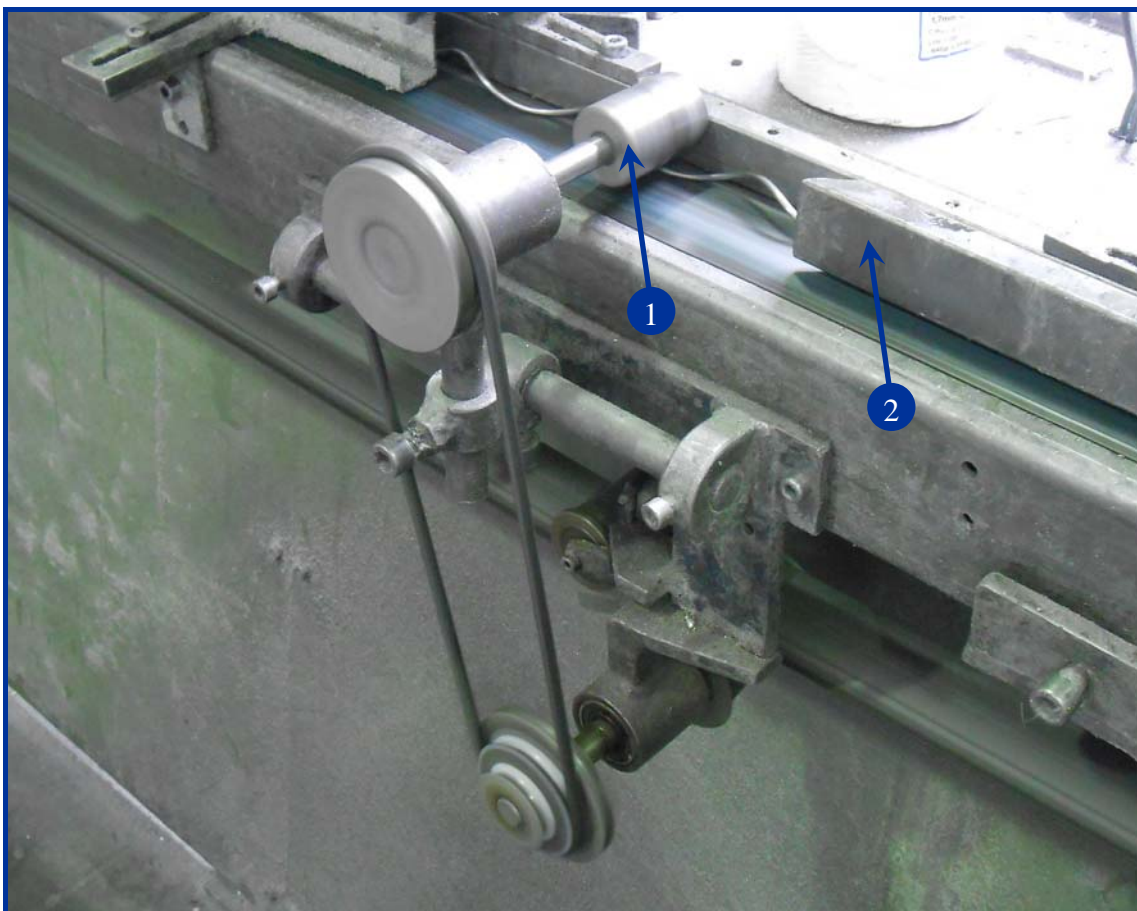
1. Encauzadores

Figura 78. Máquina preformadora para puntas redondas. Encauzadores de varillas.

Enhebrado

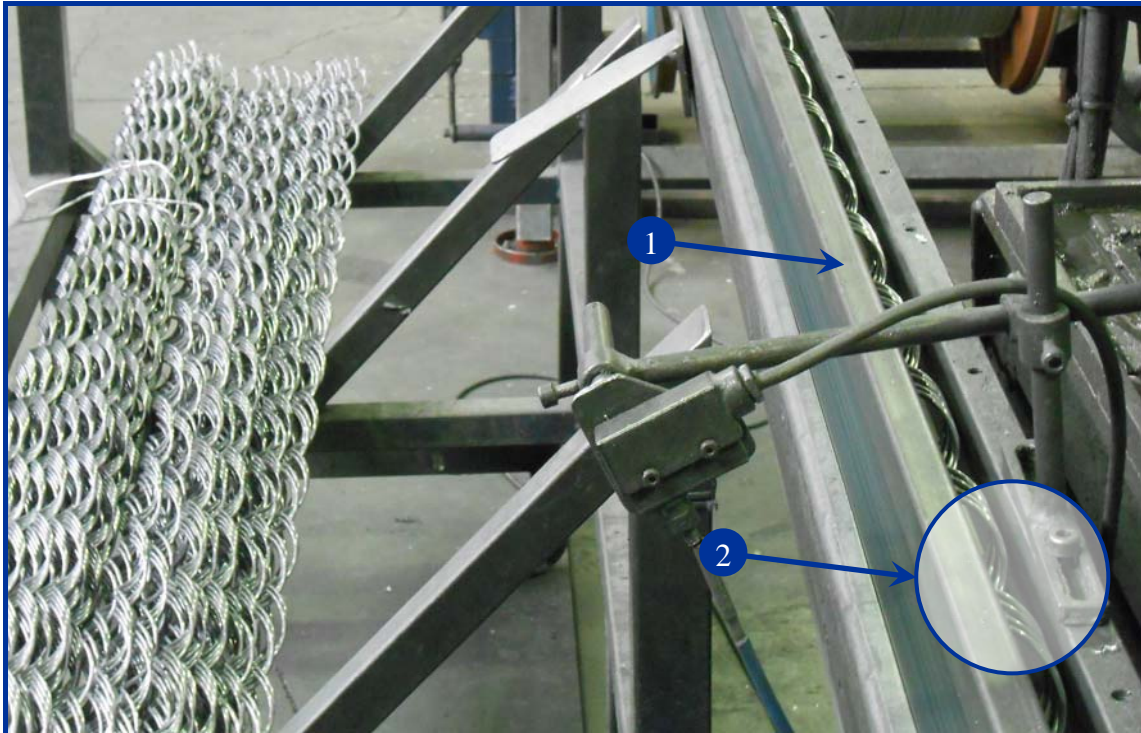
Las retenciones y los empalmes están formados por grupos de varillas que van pegadas entre sí. Esta operación se realiza en la estación de pegado, y para facilitar esta labor se hace que las varillas salgan de la preformadora ya enhebradas.

Con un rodillo se fuerza que todas las varillas pasen al último tramo de la máquina con la misma orientación, y se agrupan en el número deseado impidiendo su salida con la barra de enhebrado (Ver Figura 79 y Figura 80). Cuando todas varillas han sido enhebradas esta barra se levanta y deja caer las varillas al carro (Ver Figura 82). Esto se realiza sólo en las máquinas para puntas lijadas.



1. Rodillo de enhebrado
2. Barra de enhebrado

Figura 79. Máquina preformadoras para puntas lijadas. Rodillo de enhebrado.



1. Barra de enhebrado
2. Varillas enhebradas (Ver Figura 81)

Figura 80. Máquina preformadora para puntas lijadas. Sistema de enhebrado.

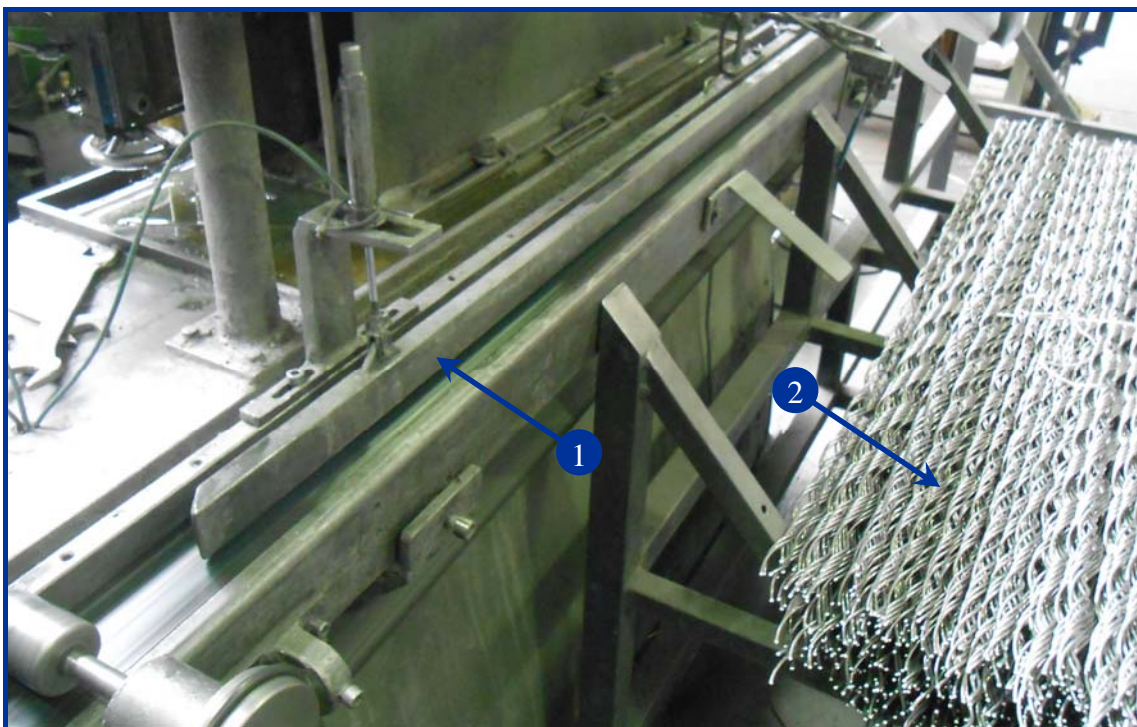


Figura 81. Detalle del enhebrado de varillas.

Expulsión

Por último las varillas se expulsan de la máquina y se depositan en un carro que cuando se llene será llevado a la siguiente etapa de fabricación: la cuba de limpieza.

Las máquinas para puntas lijadas disponen de una cinta transportadora que lleva las varillas hacia la salida de la máquina y las coloca sobre el carro (Ver Figura 82). En las máquinas para puntas redondas, se expulsan directamente sobre el carro tras acabarse las puntas, discurriendo por unos encauzadores (Ver Figura 84).



1. Barra de enhebrado
2. Piezas terminadas

Figura 82. Máquina preformadora para puntas lijadas. Sistema de enhebrado.



Figura 83. Máquina preformadora para puntas lijadas. Carro para piezas terminadas.



1. Encauzadores inferiores
2. Topes para carro
3. Carro para piezas terminadas

Figura 84. Máquina preformadora para puntas redondas. Carro para piezas terminadas.

4.6.2. Fase preliminar

Las máquinas preformadoras deben procesar tipos de varillas muy diferentes. Como se ha explicado en la Sección 3.7, estas diferencias entre modelos se deben principalmente a: longitud, paso y diámetro de la varilla; diámetro del hilo; y material del hilo. Hay un total de 7 máquinas preformadoras en SAPREM. Dos de ellas están adaptadas para acabar las puntas con forma esférica (punta redonda) y forma de pico loro.

Estas máquinas ya se han estudiado separadamente en el análisis inicial de la planta, debido a que tenían mayor carga de trabajo. A la hora de aplicar el SMED, también se ha diferenciado entre ambas, ya que las operaciones y los tiempos de preparación no son iguales.

Cuando se desea cambiar el tipo de piezas que las preformadoras están procesando, los cambios de utillaje y ajustes que se deben hacer sobre la máquina no son siempre los mismos, por lo que existe una amplia variabilidad en los tiempos de cada cambio.

En todos los casos, la preparación de las máquinas preformadoras se ha supuesto que comienza en el momento en que el operario consulta la orden de fabricación siguiente, y termina cuando la máquina puede funcionar de forma autónoma sin la intervención de éste (salvo que se produzcan fallos o averías).

En el Anexo II se muestra una tabla donde se recogen todas las actividades que realizan los operarios para completar un cambio de utillaje. En SAPREM no existe un procedimiento documentado o estandarizado para la realización de las operaciones de preparación, por lo que la lista ha sido elaborada a partir de la observación de los cambios de utillaje realizados por diferentes operarios, para diferentes órdenes de fabricación. Estas tareas no siempre se llevan a cabo en el mismo orden, y la secuencia que se muestra corresponde al orden lógico que se debería seguir en condiciones normales.

Se identificaron 141 operaciones en total y se midieron los tiempos con ayuda de un cronómetro. Estas operaciones se han clasificado inicialmente en seis categorías:

- Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas.
- Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas.
- Mediciones, montajes y calibraciones.
- Ensayos y ajustes.
- Búsqueda de materiales.
- Desplazamientos.

En la Tabla 5 se presentan agrupados los tiempos de las tareas para cada tipo de cambio antes del SMED:

	Máquina para puntas lijadas	Máquina para puntas redondas
Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas	7 min	7 min
Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas	34 min	31 min
Mediciones, montajes y calibraciones	21 min	19 min
Ensayos y ajustes	10 min	28 min
Búsqueda de elementos	14 min	12 min
Desplazamientos	14 min	14 min
Incidencias	5 min	5 min
TOTAL	104 min	116 min

Tabla 5. Tiempos de las tareas de preparación antes del SMED.

Se debe tener en cuenta, por un lado, que estos cambios comprenden situaciones en las que se realizan todas las operaciones. Si las piezas del nuevo lote comparten alguna característica con el anterior, como por ejemplo la longitud, es posible que se pueda prescindir de algunos ajustes, reduciendo el tiempo total de cambio.

Por el contrario, se vio que en la mayoría de los cambios el tiempo real total suele ser superior al que corresponde a la suma de las operaciones indicadas en el Anexo II. Esto se debe a diferentes incidencias que se observaron durante la realización de los cambios:

- Los operarios de estas máquinas se ven obligados a supervisar hasta 7 máquinas de forma simultánea, por lo que a menudo interrumpen las tareas de preparación para atender los problemas del resto de máquinas.
- El encargado (que también supervisa las máquinas y colabora las operaciones de preparación) tiene que realizar al mismo tiempo otras tareas en la fábrica y en los almacenes, por lo que no siempre puede dedicar todo su tiempo al cambio de utillaje.
- Ciertos elementos no están disponibles cuando se requieren: los útiles de deformación, las envolventes y otras piezas pueden estar usándose en otras máquinas o estar limpiándose.
- Las carretillas elevadoras no siempre están disponibles en el momento que se necesitan.

- A veces dos o más máquinas terminan de procesar un lote en un periodo breve de tiempo, haciendo que los operarios no puedan atender todas a la vez.
- A mitad de cada turno se realiza un descanso de 20 minutos. Si las máquinas preformadoras están en marcha pueden continuar su funcionamiento, pero si no están listas la preparación se pospone hasta el final del descanso.
- Si la preparación no se termina antes del final del turno, otro trabajador deberá continuar con las operaciones, perdiéndose también algo de tiempo.

Estas incidencias provocan retrasos de duración muy variable en cada operación de cambio. Se ha establecido un valor medio de 5 minutos por cambio de lote y se ha sumado al tiempo total de preparación (Ver Tabla 5).

4.6.3. Fase 1: Separación de la preparación interna y externa

Actualmente, la preparación de una máquina preformadora no suele comenzar hasta que ha acabado la orden anterior, es decir, hasta que la máquina no está parada. Por tanto, no existe una separación entre tareas de preparación interna y externa, aún cuando muchas tareas podrían realizarse antes o después de que la máquina se detenga, como sucede con los transportes de piezas hasta los puntos de almacenamiento.

En el Anexo III se ha establecido también una diferenciación entre las tareas que pueden considerarse de preparación interna y preparación externa. A continuación puede verse la proporción de tiempo que se podría reducir con esta separación, para cada tipo de máquina:

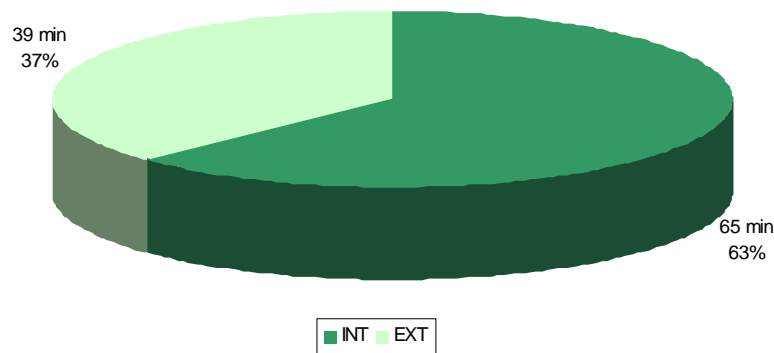


Figura 85. Máquina para puntas lijadas. Tiempos de preparación interna y externa.

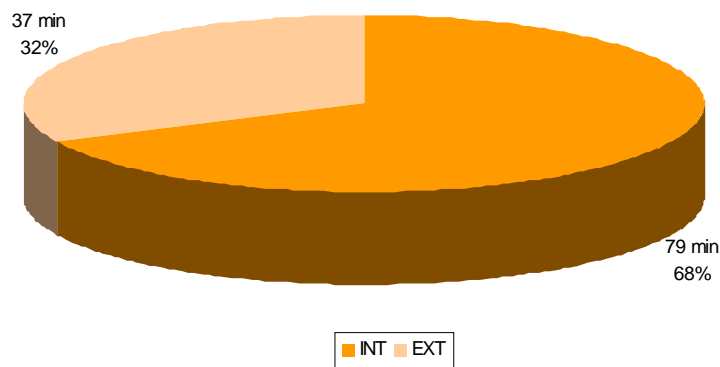


Figura 86. Máquina para puntas redondas. Tiempos de preparación interna y externa.

Listas de comprobación

La mayoría de operaciones que pueden realizarse con la máquina parada están relacionadas con la búsqueda y el transporte de elementos, o con desplazamientos del operario.

Los elementos que van a ser montados para procesar el nuevo lote pueden ser localizados y acercados a la máquina antes de que se pare. Para esto se ha realizado una lista de comprobación, donde se relacionan todos ellos. Existe una lista de comprobación para las máquinas para puntas lijadas (Figura 87) y otra para las máquinas para puntas redondas y pico loro (Figura 88).

MÁQUINA: _____	DIÁMETRO: _____
O.F.: _____	PASO: _____
PIEZA: _____	LONGITUD: _____

Nº	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	LISTO	EN MÁQUINA
MATERIAL				
1	Bobina	MAT <input style="width: 40px;" type="text"/> Ø <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UTILLAJE				
2	Rodillos	Ø <input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Accesorios rodillos	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Canutillos	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Cilindros canutillos	Ø <input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Útil de deformación	Nº <input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Envolvente	Nº <input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Portaenvolventes	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Hilera	Nº <input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Cinta desengrase		<input type="checkbox"/>	
11	Placa de expulsión	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Rampa de elevación	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Barras para lijar	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Cilindro de sujeción	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Barra de enhebrado	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Rodillo de enhebrado	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Barra de tope	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Carro para piezas	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Hoja de ruta		<input type="checkbox"/>	
20	Hoja de control		<input type="checkbox"/>	
HERRAMIENTAS				
21	Flexómetro		<input type="checkbox"/>	
22	Juego de llaves Allen		<input type="checkbox"/>	
23	Llaves fijas dobles		<input type="checkbox"/>	
24	Cortacables		<input type="checkbox"/>	

COMPROBACIÓN DE FUNCIONES	OK
1 Desgaste de los rodillos	<input type="checkbox"/>
2 Desgaste de los cilindros de los canutillos	<input type="checkbox"/>
3 Desgaste de las lijadoras	<input type="checkbox"/>
4 Estado de los sensores	<input type="checkbox"/>
5 Desgaste de las correas de los rodillos de enhebrado	<input type="checkbox"/>

Figura 87. Lista de comprobación de máquinas para puntas lijadas.

MÁQUINA: _____	DIÁMETRO: _____
O.F.: _____	PASO: _____
PIEZA: _____	LONGITUD: _____

Nº	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	LISTO	EN MÁQUINA
MATERIAL				
1	Bobina	MAT <input style="width: 40px;" type="text"/> Ø <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UTILLAJE				
2	Rodillos	Ø <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Accesorios rodillos	<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Útil de deformación	Nº <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Envolvente	Nº <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Portaenvolventes	<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Hilera	Nº <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Cinta desengrase		<input type="checkbox"/>	
9	Placa de expulsión	<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Rampa de elevación	<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Cuchilla punta redonda	<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Útiles de apoyo	Nº <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Tacos de presión	Nº <input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Carro para piezas	<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Hoja de ruta		<input type="checkbox"/>	
16	Hoja de control		<input type="checkbox"/>	
HERRAMIENTAS				
17	Flexómetro		<input type="checkbox"/>	
18	Juego de llaves Allen		<input type="checkbox"/>	
19	Llaves fijas dobles		<input type="checkbox"/>	
20	Cortacables		<input type="checkbox"/>	

COMPROBACIÓN DE FUNCIONES	OK
1 Desgaste de los rodillos	<input type="checkbox"/>
2 Estado de los tacos de presión	<input type="checkbox"/>
3 Estado de los sensores	<input type="checkbox"/>
4 Estado de las placas de retención de varillas	<input type="checkbox"/>

Figura 88. Lista de comprobación de máquinas para puntas redondas.

En primer lugar se anotarán los datos del cuadro superior, identificando la máquina e indicando la orden de fabricación, la pieza a fabricar y sus dimensiones, para poder determinar las características del utillaje que se debe buscar. Cuando proceda también se deberá añadir la identificación de cada útil, para agilizar la recogida de cada uno de ellos.

Al recopilar los elementos indicados se debe comprobar su desgaste y la existencia de desperfectos o roturas, y en caso de que sea necesario, repararlos o acondicionarlos para el nuevo lote antes de que comience la preparación interna.

Para tener todos los elementos indicados en la lista se dispondrá de un carro que el trabajador desplazará consigo cerca de la máquina. Cuando un elemento esté en el carro y haya sido revisado su estado se marcará la casilla correspondiente en la columna "LISTO". Si el elemento no necesita ser cambiado porque el que se encuentra actualmente en la máquina es adecuado para el nuevo lote, se marcará la casilla de la columna "EN MÁQUINA".

Comprobación de funciones

Además de comprobar los elementos recogidos en la lista de comprobación, existen otros útiles que se hallan colocados en la máquina pero que pueden examinarse de manera visual mientras se sigue procesando el lote anterior.

Es posible que existan partes de la máquina con un avanzado nivel de desgaste, que todavía pueden funcionar pero que es probable que no aguanten durante toda la orden siguiente, por lo que se deben reparar o sustituir durante el cambio de lote para evitar paradas inesperadas más tarde.

Para facilitar esta tarea se ha elaborado una lista de comprobación de funciones para cada tipo de máquina, que recoge los elementos más susceptibles al desgaste o el deterioro (Figura 87 y Figura 88).

Mejora del transporte

El cambio de bobina de hilo supone tener que realizar dos trayectos entre el almacén de materia prima y las máquinas preformadoras: uno para devolver la bobina del lote anterior y otro para traer la nueva. Estos dos puntos se encuentran relativamente alejados y se pierde bastante tiempo en estas fases.

Por ello, se propone una mejora en el procedimiento de transporte, que no requiere ningún tipo de inversión ni de modificación sobre los equipos. Consiste en traer a la máquina la nueva bobina antes de que ésta se pare, y no devolver la bobina anterior al almacén hasta que se hayan finalizado todas las operaciones de cambio de lote.

Sistema de prioridad

Como ya se ha comentado, a veces los trabajadores abandonan la preparación de las máquinas para realizar otras tareas. Con el análisis realizado gracias al VSM, se ha visto que el cuello de botella se encuentra en las máquinas preformadoras, por lo que se debe comunicar la prioridad de los cambios de

utilizaje sobre el resto de tareas, salvo que estas sean muy urgentes o afecten a la seguridad.

Situación tras la primera fase

Con estas primeras medidas adoptadas, el tiempo de cambio con la máquina parada se puede ver en la Tabla 6:

	Máquina para puntas lijadas	Máquina para puntas redondas
Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas	0 min	0 min
Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas	34 min	31 min
Mediciones, montajes y calibraciones	21 min	19 min
Ensayos y ajustes	10 min	28 min
Búsqueda de elementos	0 min	0 min
Desplazamientos	1 min	1 min
Incidencias	0 min	0 min
TOTAL	65 min	79 min

Tabla 6. Tiempos de las tareas de preparación tras la primera fase del SMED.

Como se puede observar, se ha logrado eliminar la pérdida de tiempo en la búsqueda de elementos, y prácticamente también la de desplazamientos.

Además, todas las tareas de preparaciones, comprobaciones y ajustes posteriores se han trasladado a la preparación externa.

Por último, las acciones tomadas deberían servir para suprimir la causa de la mayoría de incidencias que se han observado, por lo que se han eliminado del tiempo de preparación interna.

En la Figura 89 y la Figura 90 puede apreciarse mejor esta reducción de tiempo:

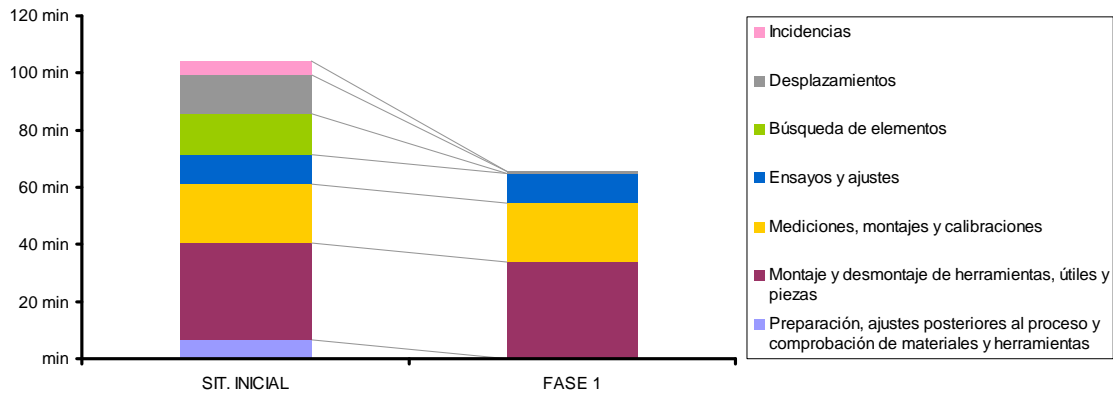


Figura 89. Máquinas para puntas lijadas. Evolución tras la primera fase del SMED.

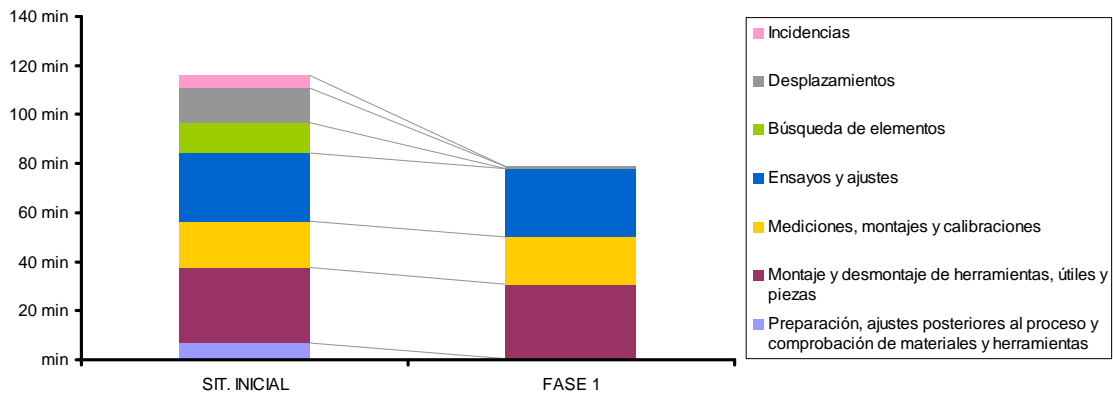


Figura 90. Máquinas para puntas redondas. Evolución tras la primera fase del SMED.

4.6.4. Fase 2: Conversión de la preparación interna en externa

Tras haber reducido el número de tareas de preparación interna, se buscó la manera de rediseñar algunas de las operaciones restantes de forma que puedan ser llevadas a cabo antes de que la máquina pare o una vez haya sido puesta en funcionamiento. Para ello se han empleado varias técnicas.

En el Anexo IV se puede consultar la lista de operaciones de preparación, donde se indican las que han sido transformadas en preparación externa.

Preparación por anticipado

Cambio de bobina

En primer lugar, se trató de mejorar el proceso de cambio de bobina. Para ello se ha propuesto disponer de un eje adicional, de forma que no se necesite cambiarlo de la bobina de la orden anterior a la nueva. De esta manera, al coger una nueva bobina del almacén con la carretilla elevadora se le colocará el eje, y una vez la máquina termine la orden solo será necesario retirar la bobina anterior y colocar ésta, sin tener que desmontar los ejes.

Los ejes de las preformadoras están fabricados en el taller de SAPREM, por lo que se pueden producir nuevos con relativa facilidad y sin incurrir en elevados costes.

Montaje de los canutillos

Cuando se cambia el diámetro del hilo se deben cambiar los cilindros que van dentro de los canutillos. El procedimiento consiste en desmontar los canutillos, extraer los cilindros viejos, introducir los nuevos y volver a montar los canutillos en la máquina.

Si se dispone de un juego adicional de canutillos junto a la máquina, se pueden tener preparados con los nuevos cilindros antes de que la máquina se pare. De esta forma se ahorrarían las operaciones de montaje de los cilindros.

Montaje del conjunto de deformación

Por último, se ha propuesto realizar el montaje de los elementos del sistema de deformación antes de la parada de la máquina. Este conjunto está formado por el útil de deformación, la envolvente y el portaenvolventes. Estos deben retirarse y colocarse de uno en uno sobre la máquina. Teniendo los tres elementos ensamblados antes de colocarlos en la máquina sólo será necesario desatornillar el portaenvolventes anterior y atornillar el nuevo.

Estandarización de funciones y plantillas intermedias

Las máquinas preformadoras de SAPREM han sido diseñadas pensando en estos dos aspectos. Por ejemplo, los rodillos que se utilizan para arrastrar el hilo poseen varias ranuras, para distintos diámetros de hilo (Ver Figura 91). Con una serie de arandelas de distintos grosores es posible cambiar de forma sencilla la ranura que queda en posición sobre el hilo.



Figura 91. Rodillos de tracción. Detalle de las ranuras.

También se utilizan plantillas intermedias en la colocación de las barras de apoyo (Ver Figura 92) y en el cilindro de sujeción para lijar las puntas (Ver Figura 93). De esta forma no es necesario desmontar el elemento completo cada vez que se tiene que procesar un nuevo lote.



Figura 92. Detalle de la extensión de la longitud de las barras de apoyo.

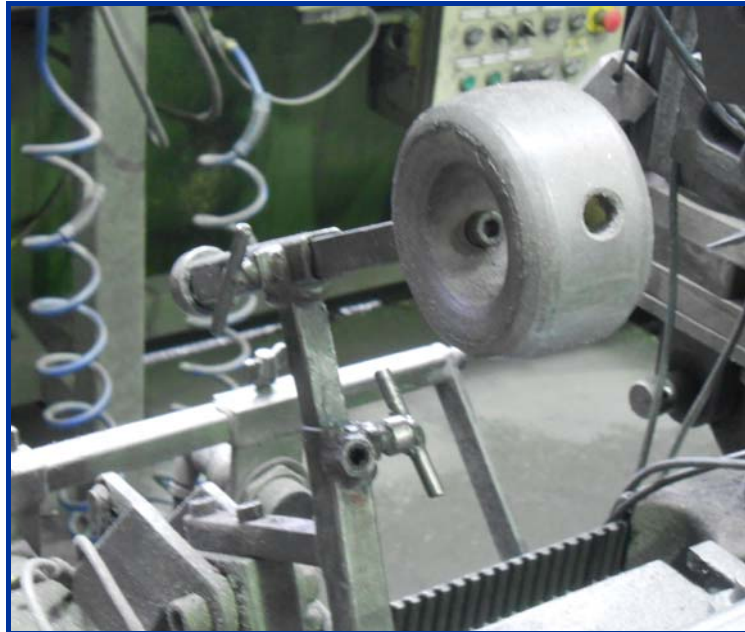


Figura 93. Detalle de los anclajes del cilindro de sujeción.

A pesar de haber buscado modos de estandarizar funciones o emplear plantillas intermedias en otros puntos de la máquina, no se ha conseguido encontrar soluciones eficaces. Los cambios que se plantearon suponían unas modificaciones demasiado profundas que no compensaban la ganancia de tiempo.

Situación tras la segunda fase

En esta fase no se han logrado grandes avances en el tiempo de preparación. Con las medidas de preparación por anticipado apenas se ha logrado ahorrar 5 minutos en cada máquina (Ver Tabla 7). Como puede observarse, toda la reducción de tiempo ha sido en operaciones de montaje y desmontaje.

	Máquina para puntas lijadas	Máquina para puntas redondas
Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas	0 min	0 min
Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas	28 min	26 min
Mediciones, montajes y calibraciones	21 min	19 min
Ensayos y ajustes	10 min	28 min
Búsqueda de elementos	0 min	0 min
Desplazamientos	1 min	1 min
Incidencias	0 min	0 min
TOTAL	60 min	74 min

Tabla 7. Tiempos de las tareas de preparación tras la segunda fase del SMED.

En las siguientes figuras (Figura 94 y Figura 95) puede compararse la situación tras la segunda fase con los dos estados anteriores:

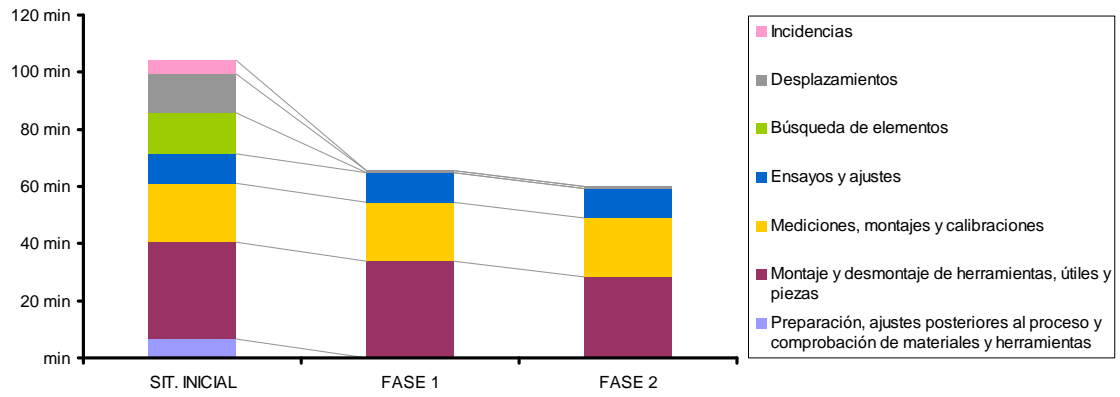


Figura 94. Máquinas para puntas lijadas. Evolución tras la segunda fase del SMED.

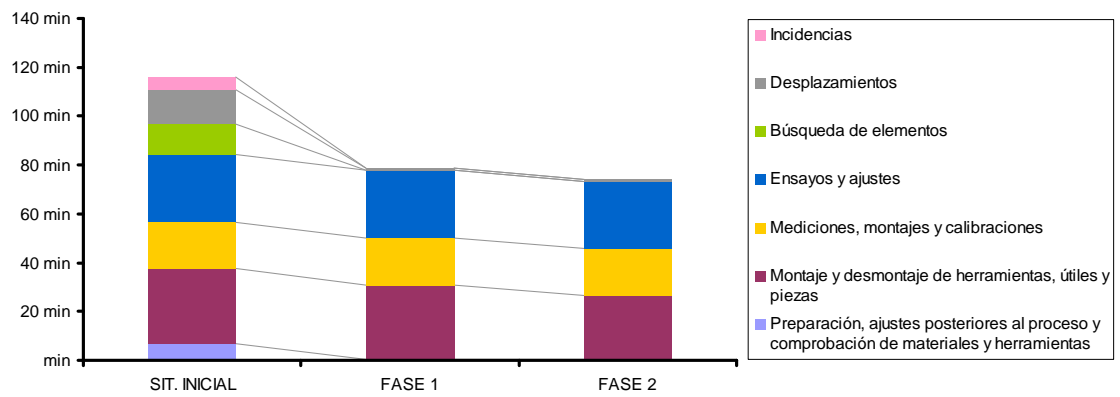


Figura 95. Máquinas para puntas redondas. Evolución tras la segunda fase del SMED.

4.6.5. Fase 3: Refinamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparación

En esta última etapa se pretende lograr una última reducción de tiempo en los cambios de utillaje de las máquinas preformadoras.

Las soluciones planteadas hasta ahora han logrado reducir o incluso eliminar las operaciones de búsqueda de elementos y los desplazamientos. Por el contrario, el efecto de las primeras etapas sobre las operaciones de mediciones, montajes y desmontajes, ensayos y ajustes ha sido nulo, por lo que se espera poder atacar estas partes con la tercera fase del SMED.

En el Anexo V se encuentra una tabla con las operaciones de preparación tras la aplicación de la tercera fase.

Operaciones en paralelo

Normalmente hay al menos dos operarios trabajando en las máquinas preformadoras. Sin embargo, cuando más de una máquina requiere atención a la vez, casi nunca trabajan conjuntamente sobre una máquina, sino que cada uno se ocupa de una.

Repartir el trabajo de preparación entre ambos reduce el tiempo total, como es obvio, pero además, si las tareas se reparten de forma coherente, reduce los desplazamientos del trabajador, evitando que tenga que rodear la máquina continuamente para realizar operaciones en la parte delantera y trasera.

La forma de organizar el trabajo ha consistido en que uno de los operarios se adelante realizando los montajes necesarios, mientras que el otro se dedica a realizar los ajustes y calibraciones necesarias.

Siguiendo esta pauta se ha indicado que uno de los operarios realice el cambio de bobina mientras el otro prepara el sistema de tracción y deformación del hilo. Hasta ahora, para que la bobina pudiese extraerse, el hilo debía desenhebrarse antes. Lo que se ha propuesto es cortar en primer lugar el tramo de hilo a la salida de la bobina, desechando la parte que está ya dentro de la máquina. Así la bobina puede ser sustituida rápidamente y no se retrasan el resto de operaciones. Esto puede verse en el Anexo V (Operación N^o4).

Anclajes funcionales

En el diseño de estas máquinas, SAPREM ya incluyó multitud de anclajes funcionales. En muchos puntos se emplean métodos de una sola vuelta y algunos elementos pueden apretarse y soltarse sin la utilización de herramientas (Ver Figura 96).

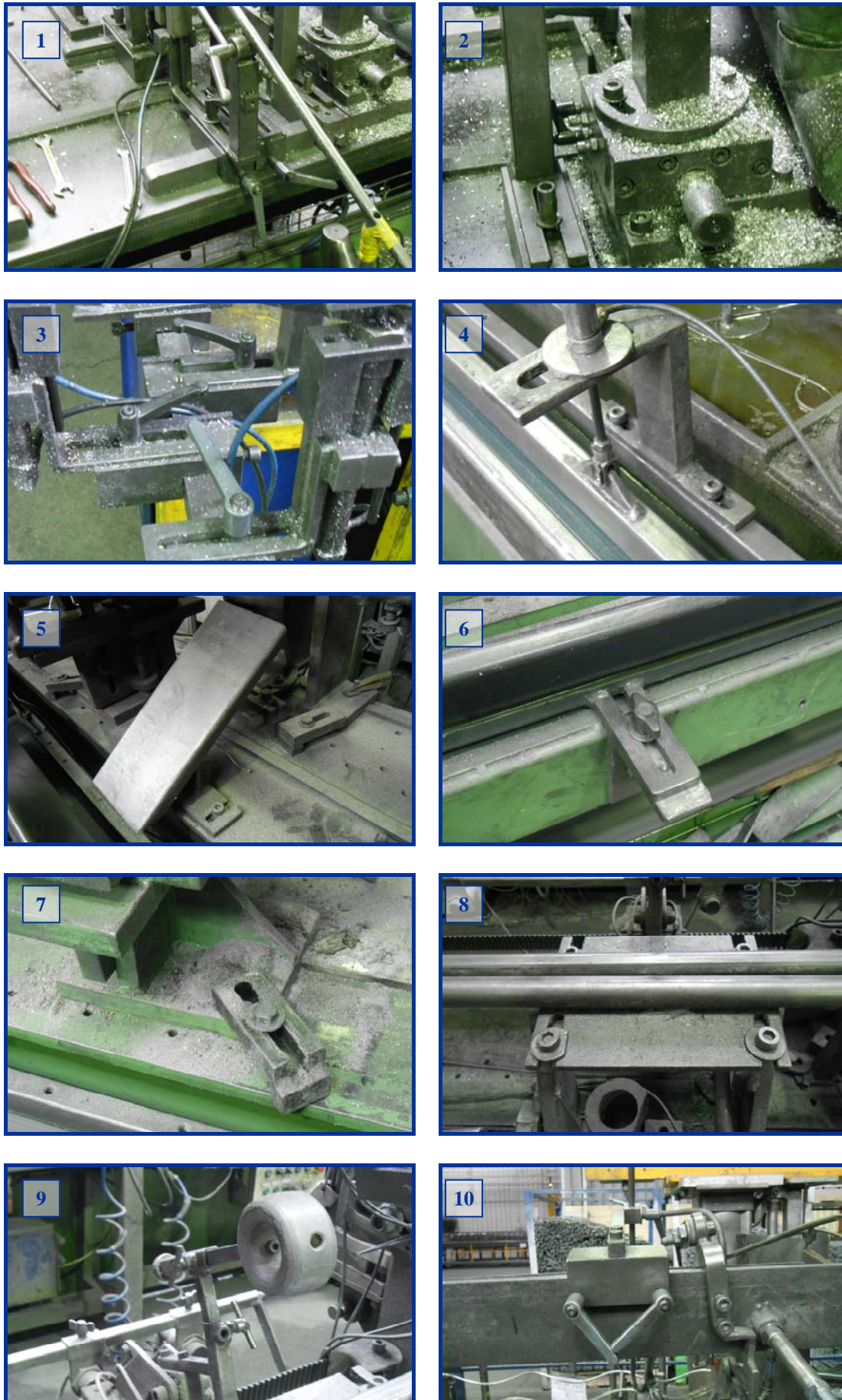


Figura 96. Anclajes funcionales de las máquinas preformadoras.

El único punto donde actualmente se pierde mucho tiempo con el montaje es en los rodillos de tracción. Los rodillos son diferentes para las máquinas de puntas lijadas y las de punta redonda y pico loro, pero el montaje es similar.

Actualmente el conjunto consiste en un eje sobre el que se coloca el rodillo, junto con una serie de arandelas que actúan como plantillas intermedias y una tuerca para sujetarlo todo. En cada máquina hay entre 4 y 8 rodillos que deben ser cambiados cada vez, por lo que aflojar y apretar las tuercas lleva mucho tiempo, siendo necesarias entre 10 y 20 vueltas para apretar cada una de ellas.

Los ejes roscados podrían convertirse en tornillos de pasos divididos (Ver Figura 97), al igual que las tuercas, consiguiendo un apriete con menos de una vuelta cada una.

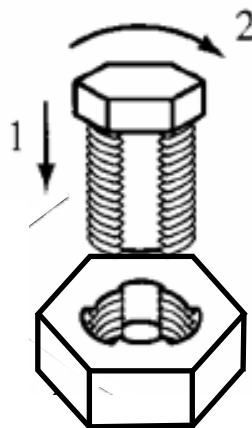


Figura 97. Esquema de tornillo y tuerca con pasos cortados.

Eliminación de ajustes

Uno de los problemas más importantes que tiene SAPREM en la preparación de las máquinas preformadoras es que los ajustes sobre la máquina se hacen de forma intuitiva. Es decir, el operario ajusta la posición de la mayoría de los útiles colocados en la máquina según va observando si el funcionamiento es correcto o no. En este sentido, la experiencia del trabajador se vuelve fundamental, y supone una barrera para que otros operarios puedan encargarse de estas máquinas.

Además, esto repercute en el tiempo de preparación de lotes posteriores: si dentro de unas semanas se desea procesar el mismo tipo de pieza, se debe realizar la preparación desde cero, sin poder aprovechar lo aprendido en los ajustes realizados la última vez en ese lote.

Para solucionar estas dos situaciones se han planteado dos acciones: primero, encontrar formas de medir los ajustes realizados; y segundo, reflejarlos en un documento para que esté disponible para futuras preparaciones.

Las máquinas preformadoras están adaptadas para procesar piezas de entre 40cm y 4m. Por ello, el montaje y ajuste de muchos elementos, como los encauzadores o los sensores, se limita a deslizarlos sobre unas guías respecto de su posición anterior (Ver Figura 98).

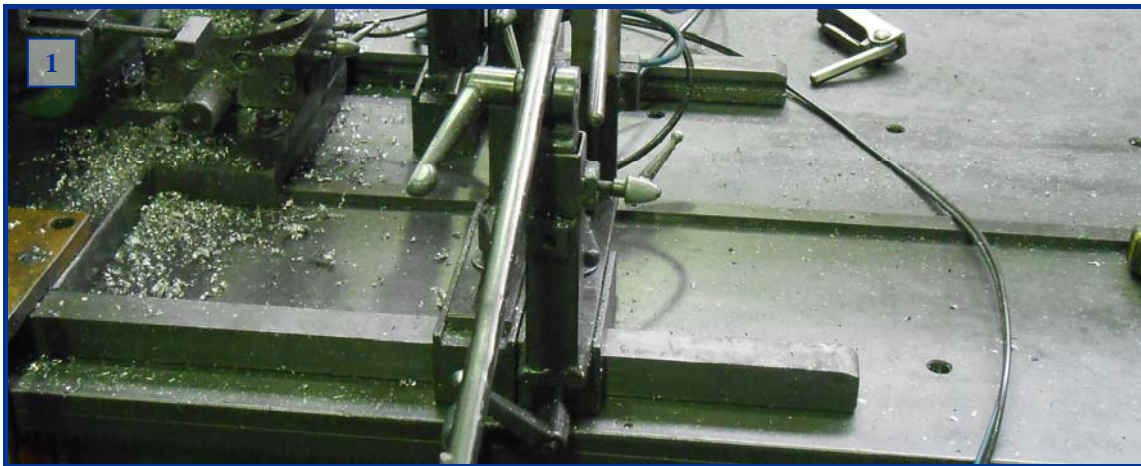


Figura 98. Guías de desplazamiento para encauzadores inferiores (1), rodillo de enhebrado (2), lijadoras (3), y encauzadores superiores y sensor de corte (4).

Estas guías no tienen indicadores de posición, y los ajustes, como ya se ha dicho, se hacen de forma intuitiva. Para solucionarlo, se ha propuesto graduar estas guías numéricamente. Esto no eliminará todos los ajustes, pero sí permitirá comenzarlos desde una posición más acertada, reduciendo el tiempo total empleado.

Las guías de la máquina que se pretende graduar son: la parte trasera del sistema de corte, que permitirá medir la posición de los encauzadores superiores y del sensor de posición; las guías que soportan los encauzadores intermedios e inferiores; la guía para el cilindro de sujeción, que permitiría situar la posición de los sensores del cilindro; y la barra sobre la que se mueve el cilindro de enhebrado.

En la Figura 99 y la Figura 104, se pueden ver las fichas que rellenarían los operarios para cada una de las máquinas, y se muestra después un ejemplo de cómo se completarían dichas fichas.

Máquinas para puntas lijadas

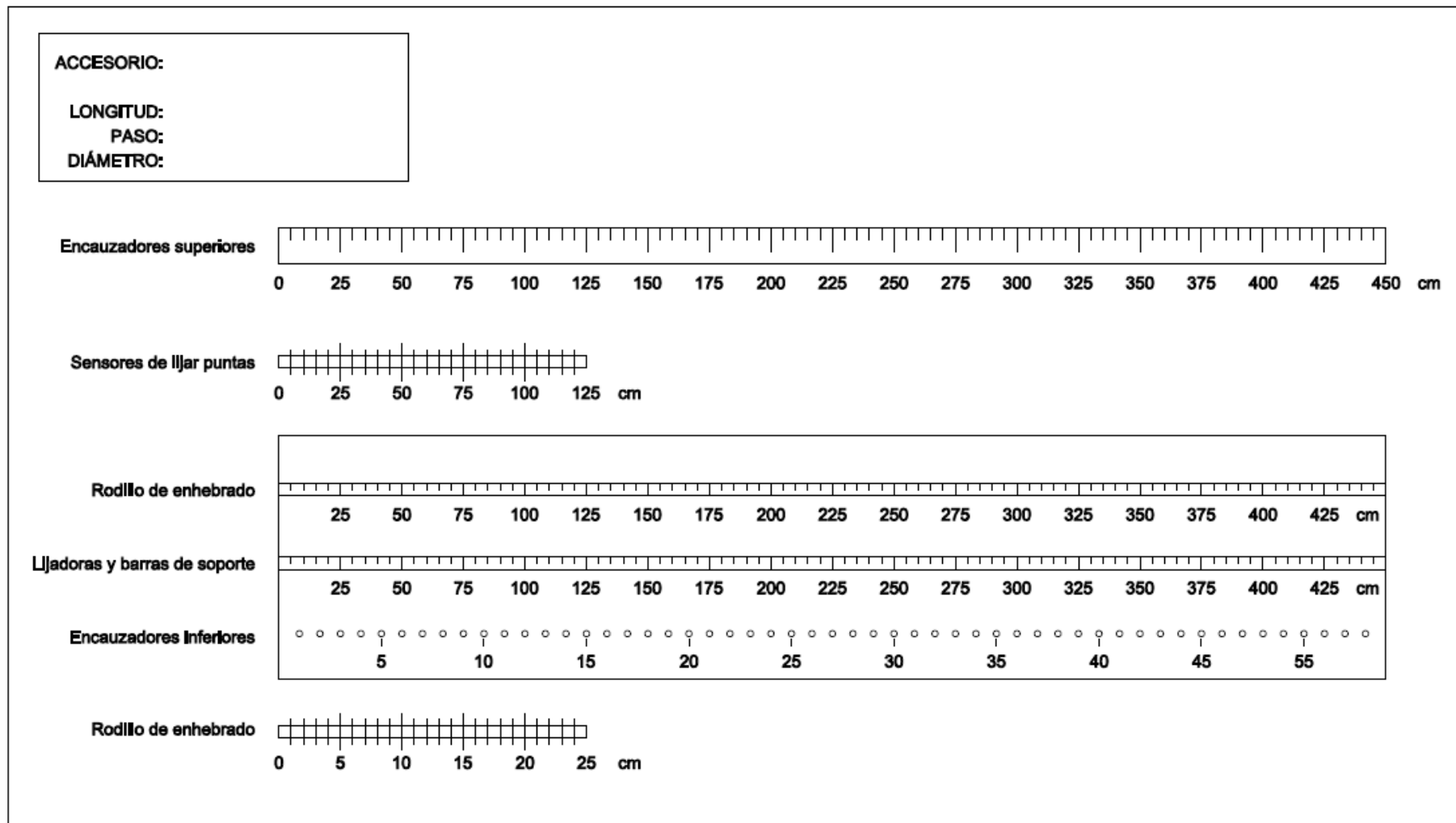


Figura 99. Ficha de eliminación de ajustes. Máquinas para puntas lijadas.

Posición de los encauzadores superiores y del sensor de corte

El primer segmento reglado de la Figura 99 sirve para indicar la posición de los encauzadores y del sensor de corte. Los valores numéricos se indicarían por la parte trasera de la máquina, ya que es el lado en el que se montan estos componentes. Se graduará en centímetros, comenzando en desde el punto donde se corta la varilla. En la Figura 100 puede verse un ejemplo de cómo marcarían los operarios la posición donde han colocado los encauzadores una vez finalizada la preparación para una varilla de 2 metros de largo.

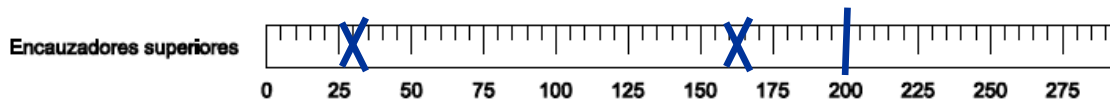


Figura 100. Escala graduada de los encauzadores superiores y del sensor de corte.

Máquina para puntas lijadas

Sensores para lijar puntas

La posición de los sensores que detienen el movimiento del cilindro de sujeción puede determinarse desde la parte de atrás de la máquina de la misma forma, graduando en centímetros la barra de soporte. Los operarios marcarían la posición de los tres sensores como se muestra en la Figura 101.



Figura 101. Escala graduada para los sensores para lijar puntas.

Mesa

La mesa de la máquina para puntas lijadas dispone de dos guías de ajuste (una para el mecanismo de desplazamiento del rodillo y otra para la posición de las lijadoras y las barras de soporte) y una serie de orificios roscados donde se fijan los encauzadores y algunos anclajes funcionales (Ver Figura 102).

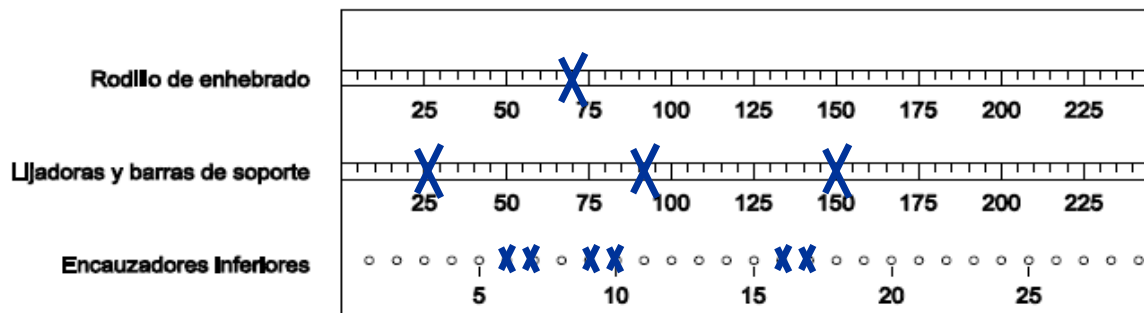


Figura 102. Escala graduada para la mesa de las máquinas para puntas lijadas.

Rodillo de enhebrado

Este elemento puede ajustarse de forma sencilla pero requiere una mayor precisión, por lo que los montajes numéricos resultan de gran ayuda (Ver Figura 103).

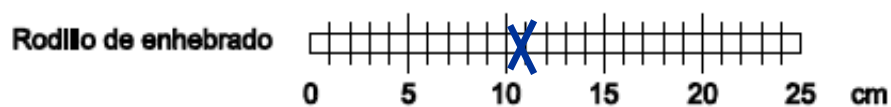


Figura 103. Escala graduada para el rodillo de enhebrado.

Máquinas para puntas redondas y pico loro

<p>ACCESORIO:</p> <p>LONGITUD:</p> <p>PASO:</p> <p>DIÁMETRO:</p>	
Encauzadores superiores	
Encauzadores Intermedios	
Soportes para puntas redondas	
Encauzadores Inferiores	

Figura 104. Ficha de eliminación de ajustes. Máquinas para puntas redondas.

La parte referente a los encauzadores superiores y el sensor de corte se realiza igual que en el otro tipo de máquinas (Figura 100). Los ajustes del rodillo de enhebrado y de los sistemas de lijado no son necesarios.

Al poseer un mecanismo de acabado de puntas diferente, las guías y los encauzadores también cambian. El esquema para este tipo de máquinas se muestra en la Figura 105. La regla central sirve para indicar la posición de los soportes del apoyo de varillas para hacer las puntas redondas. Las otras dos se utilizan para fijar los encauzadores intermedios e inferiores. Estos parten desde el centro hacia los extremos, por lo que se ha decidido graduar colocando el inicio en la parte más próxima al centro.

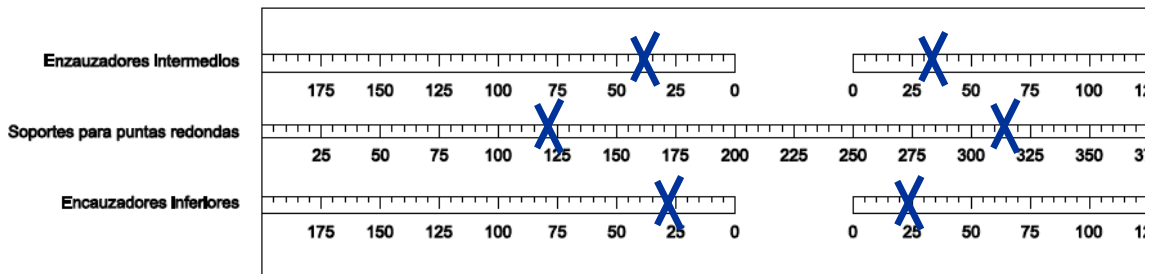
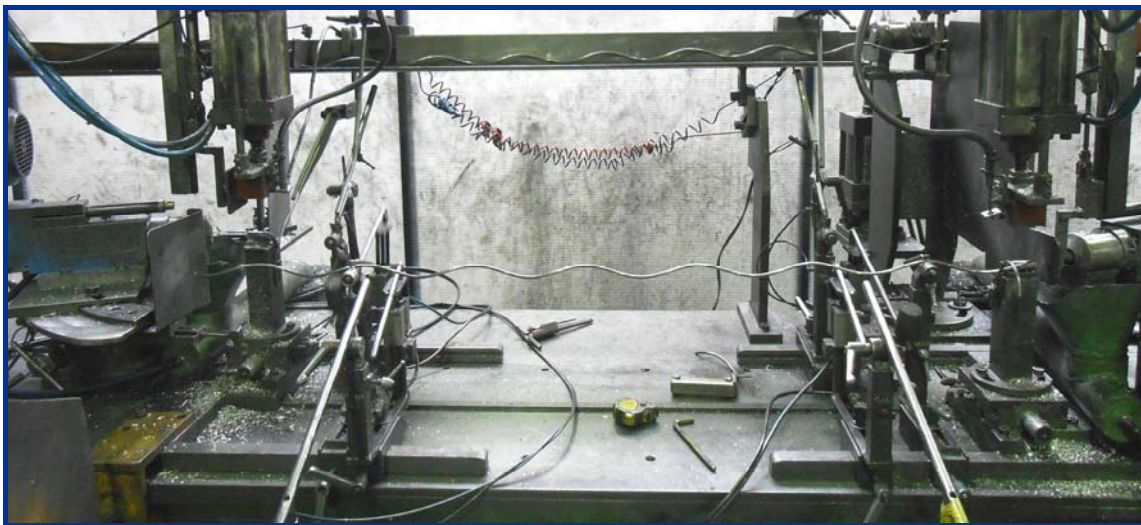


Figura 105. Escala graduada para la mesa de las máquinas para puntas redondas.

Por otro lado, la posición del útil de deformación y de los útiles de apoyo para realizar las puntas redondas y pico loro requieren un ajuste horizontal y en altura mediante un husillo. De la misma forma que en el caso anterior, la posición final no se memoriza y debe buscarse intuitivamente la próxima vez que se fabriquen las mismas piezas.

Adicionalmente se ha propuesto, por tanto, plasmar también numéricamente la posición de estos elementos (Ver Figura 106)

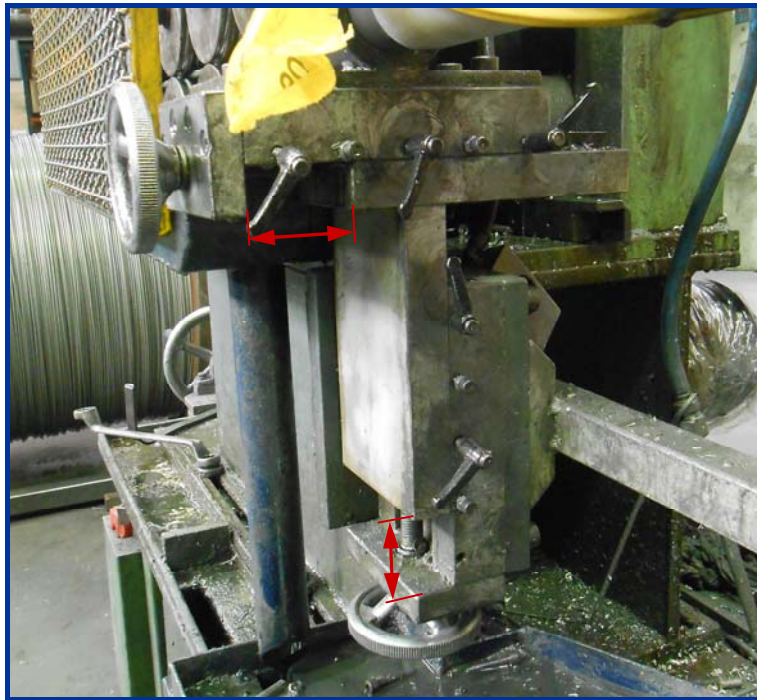


Figura 106. Distancias a medir en el sistema de deformación.

Situación tras la tercera fase

Con las medidas propuestas en esta tercera fase la reducción de tiempo de preparación ha sido importante. En la Tabla 8 puede verse la situación final de los tiempos de preparación de ambas máquinas.

	Máquina para puntas lijadas	Máquina para puntas redondas y pico loro
Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas	0 min	0 min
Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas	15 min	10 min
Mediciones, montajes y calibraciones	6 min	10 min
Ensayos y ajustes	3 min	11 min
Búsqueda de elementos	0 min	0 min
Desplazamientos	0 min	0 min
Incidencias	0 min	0 min
TOTAL	24 min	32 min

Tabla 8. Tiempos de las tareas de preparación tras la tercera fase del SMED.

En la Figura 107 y la Figura 108 puede verse la evolución de las tareas de cambio de lote desde la situación inicial:

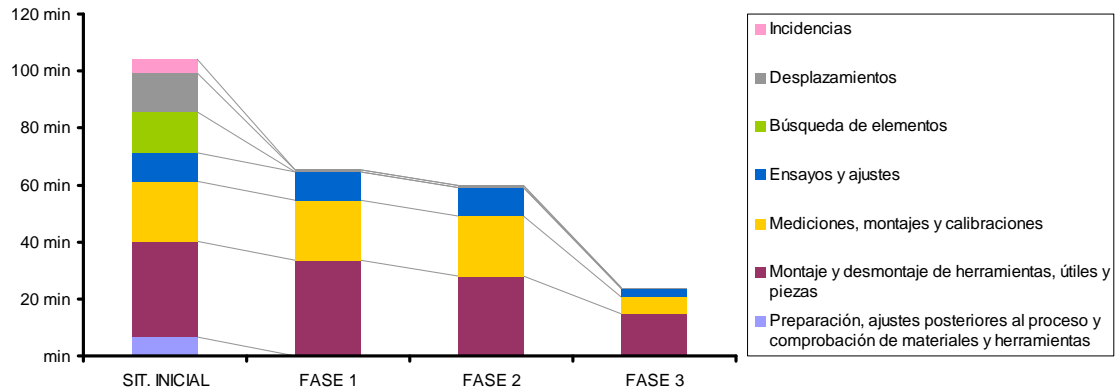


Figura 107. Máquinas para puntas lijadas. Evolución tras la tercera fase del SMED.

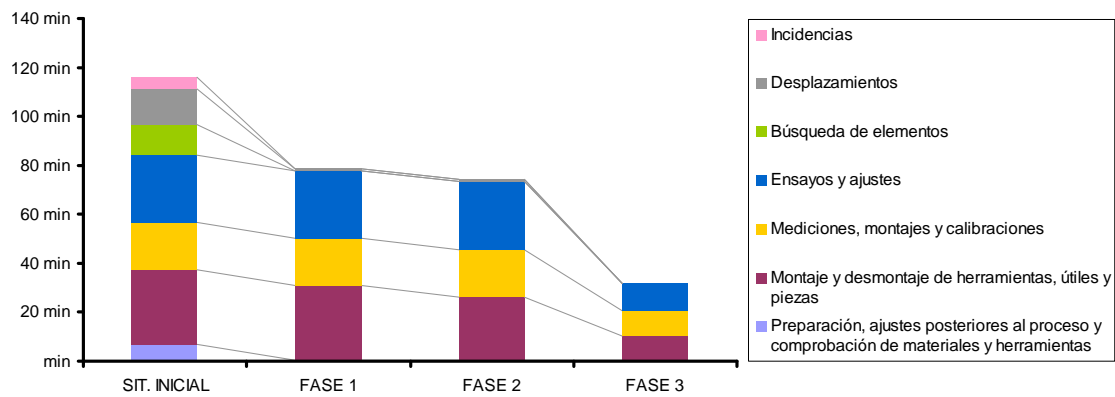


Figura 108. Máquinas para puntas redondas. Evolución tras la tercera fase del SMED.

Como puede apreciarse, con la última fase se ha logrado reducir enormemente los tiempos de ensayos, ajustes, mediciones y calibraciones.

4.6.6. Análisis final

Mejora de los tiempos de cambio de lote

Como se ha podido ver, con las medidas propuestas existe una previsión de que los tiempos de preparación se reduzcan notablemente. En la Figura 109 y la Figura 110 puede verse esta disminución de tiempo de forma esquematizada, para cada una de las máquinas.

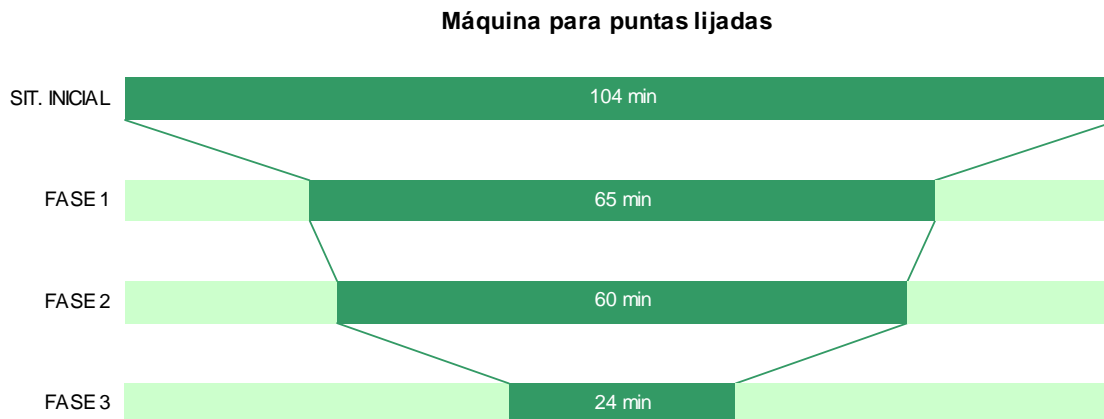


Figura 109. Máquinas para puntas lijadas. Diagrama de reducción de tiempo tras el SMED.

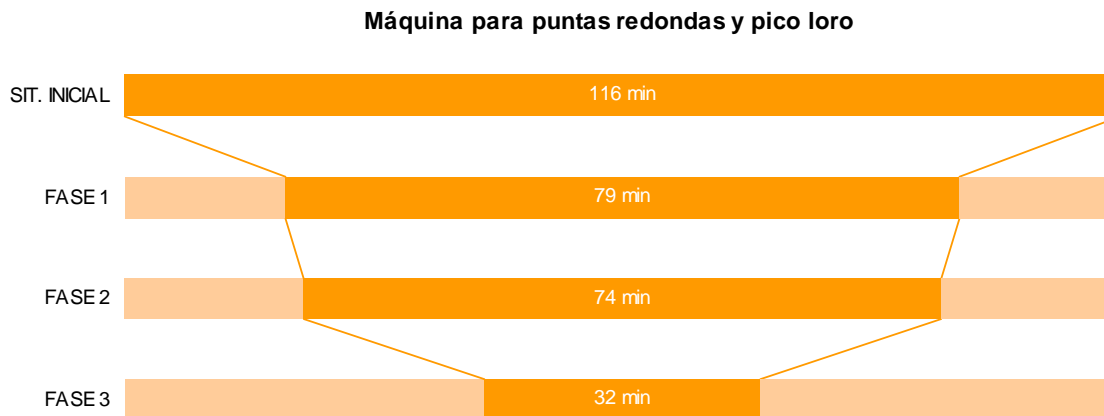


Figura 110. Máquinas para puntas redondas. Diagrama de reducción de tiempo tras el SMED.

No ha sido posible alcanzar tiempos inferiores a diez minutos con las medidas propuestas, pero han servido para reducir los tiempos de las máquinas para puntas lijadas y para puntas redondas y pico loro en un 77% y un 72%, respectivamente.

Las acciones planteadas no implican grandes inversiones ni cambios estructurales significativos sobre las máquinas y la mayoría podrían empezar a aplicarse en el corto plazo.

Eliminación de desperdicios

Con la implementación del SMED, se conseguiría también eliminar gran parte de los desperdicios o mudas que están presentes en el proceso actual de preformado. Como ha podido observar en la descripción de su funcionamiento y de las operaciones realizadas durante los cambios de utillaje (Anexo II) a menudo aparecen transportes y movimientos innecesarios; tiempos de espera; y defectos, rechazos y reprocesos.

4.6.7. Medidas complementarias

Las mejoras introducidas con el SMED podrían completarse con otras medidas adicionales que facilitasen el trabajo de los operarios y permitiese incrementar la producción.

Uno de los pilares de la fabricación lean es la autonomación (jidoka), como se explicó en la Sección 2.3.2. SAPREM tiene instalados en las máquinas preformadoras dispositivos de detección que detienen la máquina en caso de fallo (Ver Figura 111).

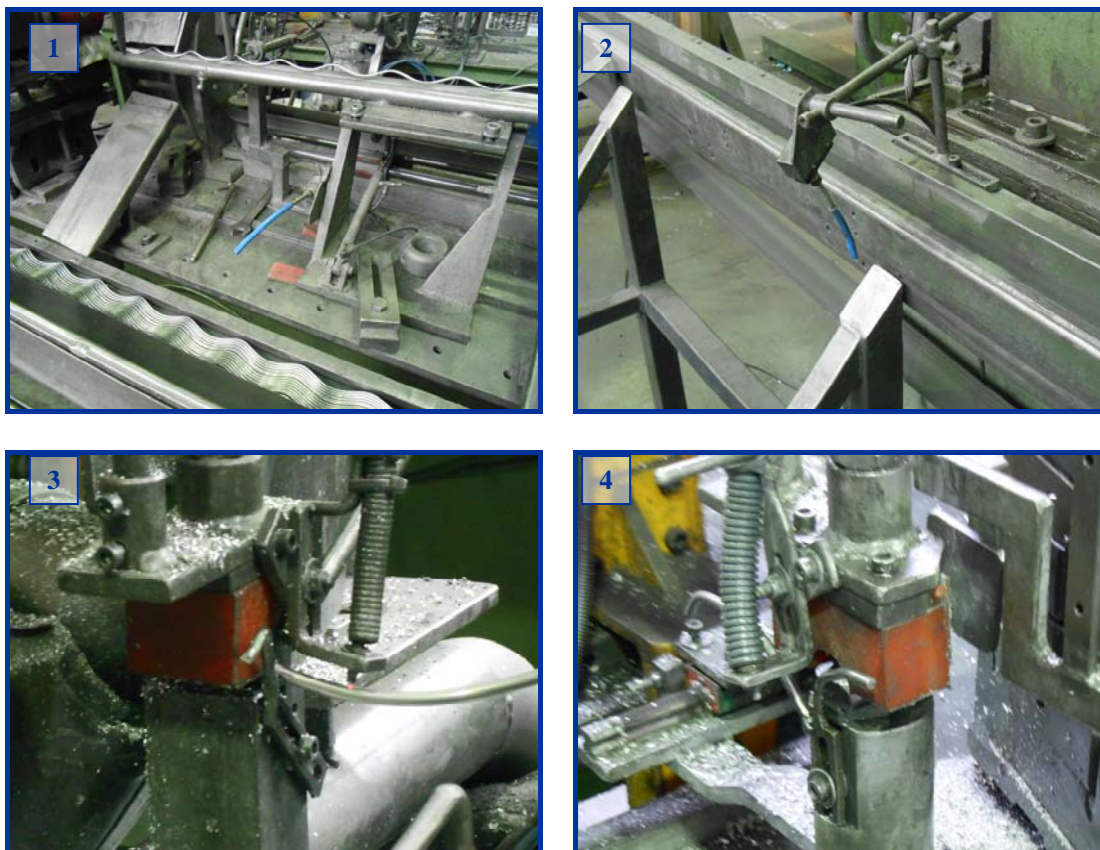


Figura 111. Sensores para detección de fallos instalados en las máquinas preformadoras.

Si alguno de estos sensores detecta que alguna pieza se ha atascado o no se ha posicionado correctamente para acabar las puntas, la máquina se para. Como el sistema de tracción del hilo se detiene, la bobina deja de girar, por lo que es bastante sencillo para el operario comprobar visualmente si una máquina ha fallado.

No obstante, si el operario se encuentra trabajando en una máquina, debe acercarse al extremo de la misma para tener visibilidad de todas las bobinas, como se ve en la Figura 112. Para facilitar sus tareas, podría plantearse la introducción de señales Andon, que le alertasen de forma más clara.



Figura 112. Vista de las bobinas de las máquinas preformadoras.

Una posibilidad consistiría en instalar un tablero Andon en la zona de las preformadoras de forma que sea visible desde cualquier punto de la nave. Este tablero indicaría el estado de cada una de las preformadoras, con una luz verde si funciona correctamente y una luz roja (y con una señal acústica si se desea) si ha fallado (Ver Figura 113).

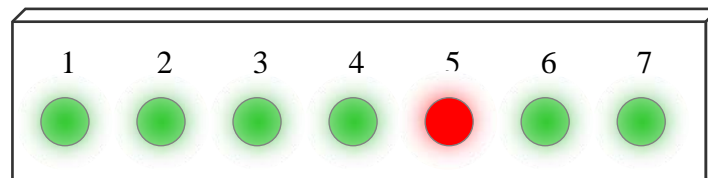


Figura 113. Ejemplo de tablero Andon indicando el fallo de la preformadora N°5.

Por otro lado, la aplicación de la metodología de las 5S podría facilitar la labor de los operarios en la localización de elementos y detección de anomalías. En la Figura 115 pueden verse ejemplos de los aspectos susceptibles de mejora:

- Algunos útiles, como los portaenvolventes, no se encuentran bien clasificados en su punto de almacenaje (Figura 114 y Figura 115-2).
- Otros, como las barras de enhebrado o las placas de expulsión, no tienen un lugar fijo ni están claramente identificados (Figura 115-3).
- Las etiquetas identificadoras de útiles se encuentran sucias y difícilmente legibles (Figura 115-9).
- Hay herramientas, útiles y repuestos que no se guardan en su sitio y se dejan directamente sobre la máquina (Figura 115-5, 6, 10, 12).
- Hay mucha suciedad en algunos partes de la máquina (Figura 115-13).



Figura 114. Armario de almacenaje de útiles de deformación, envolventes y portaenvolventes.



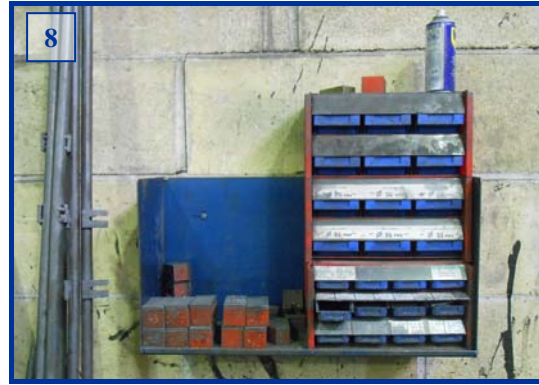


Figura 115. Detalles de la situación de orden y limpieza en la zona de máquinas preformadoras.

5. CONCLUSIONES

5.1. Cumplimiento de los objetivos

En objetivo principal de analizar la planta de producción de SAPREM se ha alcanzado con éxito. La herramienta utilizada para el diagnóstico (el mapa de la cadena de valor) ha mostrado resultados que concuerdan con las observaciones realizadas y con muchas de las percepciones del personal de la empresa.

Por otro lado, las técnicas de cambios rápidos de utillaje presentadas en la teoría se han mostrado válidas para mejorar los cambios de lote de las máquinas preformadoras. Además, se ha visto que algunas de las proposiciones del SMED ya estaban implementadas en las máquinas por SAPREM.

En las dos máquinas estudiadas (las preformadoras para puntas lijadas y para puntas redondas) no se ha logrado alcanzar tiempos de cambio inferiores a los diez minutos. Sin embargo, la reducción esperada es muy elevada con respecto a los tiempos iniciales: se ha pasado de 104 a 24 minutos y de 116 a 32 minutos, respectivamente.

5.2. Dificultades encontradas

La mayor dificultad que se ha encontrado se ha debido a la gran cantidad de referencias que fabrica SAPREM. La variabilidad de los datos recogidos fue inmensa, y resultó especialmente complicado determinar cuáles eran más representativos y cuáles podían despreciarse.

5.3. Validez de los resultados

Los valores tomados finalmente, ponderados y ajustados a partir de la información recibida del personal de SAPREM, parecen haber reflejado bien la situación observada en la fábrica, a pesar de no poder ofrecer una imagen del todo exacta.

En cuanto a los tiempos de cambio de utillaje, se debe tener en cuenta que las reducciones de tiempo logradas son estimaciones basadas en los tiempos tomados con el cronómetro, y puede que no coincidan con la realidad una vez implementados los cambios.

En cualquier caso, el análisis de los tiempos de cambio y las ideas planteadas han servido sin duda para identificar en qué aspectos se debe incidir a la hora de mejorar los cambios de lote.

Finalmente, será la dirección de SAPREM quien posteriormente evaluará la aplicabilidad de las medidas planteadas y llevará a cabo las que considere más rentables.

5.4. Líneas de futuro

Con este trabajo se ha planteado el comienzo de un largo recorrido hacia una fabricación lean en la fábrica de SAPREM. Se ha pretendido facilitar el inicio de este proceso, pero existen aspectos donde aún se puede mejorar.

Es previsible, a la vista de los resultados del mapa de la cadena de valor, que si se logra eliminar el cuello de botella de las máquinas preformadoras, éste se desplace al proceso de atado y embalaje, que es el segundo que se encuentra con más carga de trabajo.

En cualquier caso, las soluciones planteadas no permiten por sí solas una transformación en la producción. Los esfuerzos deben continuar a lo largo del tiempo e involucrar a todos los miembros del personal que toman parte en la fabricación.

5.5. Aportación personal

En primer lugar, el trabajo realizado me ha servido para entender las dificultades de trasladar los conceptos teóricos a la realidad. Se dan circunstancias que no pueden reflejarse en la teoría, y frecuentemente los recursos disponibles no son suficientes o no están disponibles cuando se desea.

También he podido apreciar la dificultad que conlleva la adquisición de datos reales y la obtención de la información necesaria.

Por último, al margen del contenido del trabajo, el hecho de haber podido desarrollarlo dentro de SAPREM me ha permitido conocer cómo es el funcionamiento de una empresa, los retos a los que se enfrenta y los problemas cotidianos que surgen en su marcha habitual.

6. REFERENCIAS

Lean Thinking, Jim Womack y Dan Jones, 1996.

Lean Manufacturing: Concepto, técnicas e implantación. Escuela de Organización Industrial. Hernández, J.C., Vizán, A. (2013).

Disponible en: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/leanmanufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

Consultado: 29/03/2016

<http://www.euskalit.net/nueva/index.php/intercambio-de-conocimiento/clubs/club-5s/metodo-5s>

Consultado: 05/04/2016

Getting Started with Value Stream Mapping. Anders Nielsen Gardiner Nielsen Associates Inc.

Disponible en: www.gardinernielsen.com/getting%20Started%20with%20Value%20Stream%20Mapping.pdf

Consultado: 12/06/2016

Value Stream Mapping. Process Industry Operations. Peter L. King. Lean Dynamics, LLC.

Disponible en: iinet2.org/uploadedFiles/Webcasts/VSM%20PID%20webinar.pdf

Consultado: 12/04/2016

Apuntes de la asignatura Ingeniería de Fabricación: *Cambios rápidos de utillaje en sistemas de fabricación (SMED)*. Iñaki Puertas Arbizu. Universidad Pública de Navarra.

Catálogo de SAPREM S.A. de Preformados Metálicos

Manual de Calidad de SAPREM S.A. de Preformados Metálicos

ANEXO I: NÚMERO DE MÁQUINAS FUNCIONANDO CADA HORA

		Preformadoras	Con PR y PL	Con lijadora	Cuba limpieza	Pegadora	Encoladora	Cableadora	Anilladora + Embalaje	Atadora + Embalaje	
		Nº MÁQ.	7	2	5	1	2	2	2	3	
		MEDIA	50%	67%	43%	23%	33%	41%	21%	40%	55%
L	18/04/16	9,00	1	1	0	0	2	2	0	1	0
		10,00	2	1	1	0	0	2	1	1	1
		11,00	1	0	1	0	0	2	1	1	1
		12,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		13,00	6	2	4	0	0	1	1	1	1
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	3	1	2	1	2	1	1	1	1
		16,00	5	2	3	0	2	1	1	0	1
		17,00	5	2	3	0	2	1	0	1	0
		18,00	6	2	4	0	2	1	0	1	2
M	19/04/16	9,00	3	1	2	1	2	1	0	0	2
		10,00	6	2	4	0	0	1	0	1	3
		11,00	2	1	1	1	0	1	0	1	3
		12,00	5	2	3	0	0	0	1	0	2
		13,00	3	2	1	1	0	1	1	0	2
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	6	2	4	0	2	1	0	1	2
		16,00	4	1	3	0	2	1	0	0	3
		17,00	4	1	3	0	2	1	0	0	2
		18,00	2	1	1	1	2	1	0	0	1
X	20/04/16	9,00	2	1	1	0	0	1	0	0	2
		10,00	2	1	1	0	0	1	0	1	2
		11,00	2	1	1	0	0	1	0	1	3
		12,00	2	1	1	0	0	1	0	0	2
		13,00	2	1	1	0	0	0	0	0	3
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	3	1	2	0	0	1	0	1	2
		16,00	0	0	0	1	2	1	0	1	2
		17,00	2	1	1	0	2	1	1	1	1
		18,00	4	1	3	0	0	1	1	2	3
J	21/04/16	9,00	5	2	3	0	0	2	0	1	3
		10,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		11,00	2	1	1	1	0	1	0	1	1
		12,00	3	2	1	0	0	1	0	1	2
		13,00	5	2	3	0	0	1	1	0	1
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	5	2	3	0	0	1	1	0	1
		16,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		17,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*

		Preformadoras	Con PR y PL	Con lijadora	Cuba limpieza	Pegadora	Encoladora	Cableadora	Anilladora + Embalaje	Atadora + Embalaje
Nº MÁQ.		7	2	5	1	2	2	2	2	3
MEDIA		50%	67%	43%	23%	33%	41%	21%	40%	55%
V	22/04/16	18,00	4	2	2	0	0	0	1	2
		9,00	6	2	4	1	0	1	2	2
		10,00	4	2	2	0	0	1	0	2
		11,00	5	2	3	0	2	0	1	2
		12,00	6	2	4	0	2	0	1	1
		13,00	2	0	2	1	2	0	0	1
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	3	1	2	1	2	1	1	0
		16,00	2	1	1	0	0	1	1	1
		17,00	3	1	2	1	2	1	1	0
L	25/04/16	18,00	1	1	0	0	0	1	1	0
		9,00	5	2	3	0	0	1	1	2
		10,00	4	2	2	1	0	1	1	3
		11,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		12,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		13,00	2	1	1	1	2	1	0	2
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	2	1	1	0	0	1	0	2
		16,00	4	1	3	0	0	1	0	2
		17,00	4	1	3	1	0	1	0	2
M	26/04/16	18,00	4	1	3	0	0	1	0	2
		9,00	4	1	3	0	0	1	1	2
		10,00	3	0	3	0	0	1	1	2
		11,00	3	1	2	0	0	1	1	2
		12,00	4	1	3	0	0	1	0	1
		13,00	4	1	3	1	0	1	0	2
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	1	0	1	0	0	0	0	2
		16,00	4	1	3	0	0	0	0	2
		17,00	3	0	3	0	0	0	0	2
X	27/04/16	18,00	2	0	2	0	0	0	0	2
		9,00	4	2	2	0	0	0	1	1
		10,00	3	2	1	0	1	0	1	1
		11,00	4	2	2	0	1	0	0	1
		12,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		13,00	2	1	1	0	0	0	1	1
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	2	1	1	0	1	0	1	0
		16,00	3	2	1	0	1	0	0	1
		17,00	3	1	2	0	1	0	0	1
J	28/04/16	18,00	2	0	2	0	1	0	0	1
		9,00	2	1	1	0	2	1	0	0
		10,00	3	2	1	0	2	1	0	0
	11,00	3	2	1	0	2	1	0	0	

		Preformadoras	Con PR y PL	Con lijadora	Cuba limpieza	Pegadora	Encoladora	Cableadora	Anilladora + Embalaje	Atadora + Embalaje	
Nº MÁQ.		7	2	5	1	2	2	2	2	3	
MEDIA		50%	67%	43%	23%	33%	41%	21%	40%	55%	
V	29/04/16	12,00	3	1	2	0	2	1	0	0	1
		13,00	4	2	2	0	0	1	0	0	1
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	4	2	2	0	2	0	1	0	1
		16,00	1	0	1	0	2	0	1	0	1
		17,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		18,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
			9,00	4	1	3	0	2	2	0	1
		10,00	3	1	2	0	2	2	0	1	1
		11,00	3	2	1	0	2	2	0	1	1
		12,00	4	2	2	0	0	1	0	0	1
		13,00	5	2	3	0	0	0	1	1	2
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	2	1	1	1	0	0	1	1	1
		16,00	3	2	1	0	0	0	1	1	1
		17,00	4	2	2	0	0	0	1	1	1
		18,00	4	2	2	1	0	0	1	1	1
L	2/5/2016	9,00	3	2	1	1	2	1	0	1	1
		10,00	4	2	2	0	2	1	0	0	1
		11,00	3	1	2	0	2	1	0	0	1
		12,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		13,00	4	1	3	0	0	1	0	1	2
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	1	0	1	0	0	1	1	0	2
		16,00	4	2	2	0	0	1	1	0	1
		17,00	3	0	3	0	0	1	1	0	1
		18,00	3	1	2	0	0	1	1	1	1
M	3/5/2016	9,00	4	2	2	0	0	1	1	1	2
		10,00	4	2	2	1	0	1	1	1	1
		11,00	5	2	3	0	0	1	0	1	1
		12,00	4	2	2	0	0	0	0	1	1
		13,00	5	2	3	0	0	0	1	0	0
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	7	2	5	1	0	0	1	1	0
		16,00	6	2	4	0	0	0	1	1	0
		17,00	7	2	5	1	0	0	1	1	0
		18,00	*	*	*	*	*	*	*	*	
X	4/5/2016	9,00	1	0	1	0	2	1	2	0	0
		10,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		11,00	2	0	2	0	0	1	0	1	1
		12,00	1	0	1	1	0	1	1	1	1
		13,00	2	1	1	0	0	1	1	0	0
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*

		Preformadoras	Con PR y PL	Con lijadora	Cuba limpieza	Pegadora	Encoladora	Cableadora	Anilladora + Embalaje	Atadora + Embalaje
Nº MÁQ.		7	2	5	1	2	2	2	2	3
MEDIA		50%	67%	43%	23%	33%	41%	21%	40%	55%
J	5/5/2016	16,00	5	2	3	0	2	1	0	0
		17,00	5	2	3	0	0	1	0	1
		18,00	5	2	3	0	0	1	0	1
		9,00	1	1	0	0	2	1	1	0
		10,00	1	0	1	0	0	0	0	1
		11,00	1	0	1	0	0	1	0	1
		12,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		13,00	4	0	4	0	0	2	0	1
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	3	2	1	0	0	2	0	1
V	6/5/2016	16,00	5	2	3	0	0	1	0	1
		17,00	5	2	3	1	0	2	0	1
		18,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		9,00	4	2	2	0	2	1	0	1
		10,00	1	0	1	0	2	1	0	2
		11,00	3	1	2	1	0	1	0	1
		12,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		13,00	4	2	2	0	0	1	0	0
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	*	*	*	*	*	*	*	*
L	9/5/2016	16,00	5	2	3	0	2	1	0	1
		17,00	4	2	2	0	0	1	0	1
		18,00	5	2	3	1	0	1	0	1
		9,00	3	1	2	1	2	1	0	1
		10,00	5	1	4	0	0	0	0	1
		11,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		12,00	1	1	1	1	2	1	0	0
		13,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	3	1	2	0	0	1	0	1
M	10/5/2016	16,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		17,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		18,00	4	2	2	0	1	1	0	1
		9,00	4	2	2	1	0	1	0	1
		10,00	5	2	3	0	0	2	0	2
		11,00	4	1	3	0	0	1	0	1
		12,00	3	1	2	0	0	1	0	1
		13,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		14,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		15,00	4	2	2	0	0	0	1	1
X	11/5/2016	16,00	5	2	3	0	0	0	1	1
		17,00	*	*	*	*	*	*	*	*
		18,00	4	1	3	0	0	0	1	1

		Preformadoras	Con PR y PL	Con lijadora	Cuba limpieza	Pegadora	Encoladora	Cableadora	Anilladora + Embalaje	Atadora + Embalaje
	Nº MÁQ.	7	2	5	1	2	2	2	2	3
	MEDIA	50%	67%	43%	23%	33%	41%	21%	40%	55%
J 12/5/2016	10,00	5	2	3	0	2	1	1	0	3
	11,00	4	2	2	0	0	1	1	0	3
	12,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	13,00	5	2	3	0	0	1	1	1	3
	14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	15,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	16,00	6	2	4	0	0	1	1	0	3
	17,00	5	1	4	0	0	1	0	0	3
	18,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	9,00	2	1	1	1	2	2	0	0	3
	10,00	3	1	2	0	2	1	0	0	1
	11,00	2	1	1	0	2	1	0	0	3
	12,00	4	1	3	0	2	1	1	0	3
	13,00	4	1	3	1	2	1	0	0	3
	14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	15,00	4	2	2	0	0	1	0	0	2
	16,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	17,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
V 13/5/2016	9,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	10,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	11,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	12,00	5	1	4	1	0	1	1	1	2
	13,00	4	1	3	1	2	0	1	0	2
	14,00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	15,00	4	2	2	1	0	0	1	0	1
	16,00	5	2	3	0	0	0	1	0	1
	17,00	2	1	1	0	0	0	1	0	1
	18,00	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* No se pudo tomar datos durante esa hora

ANEXO II: OPERACIONES DE CAMBIO ANTES DEL SMED

Prep: Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas.

Mon: Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas.

Med: Mediciones, montajes y calibraciones.

Ens: Ensayos y ajustes.

Búsq: Búsqueda de materiales.

Desp: Desplazamientos.

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	TIEMPO (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		LIJ	PR-PL						
1	Consultar la orden de fabricación para determinar las características de las piezas a fabricar.	12	12					X	
2	Retirar el carro con las piezas terminadas de la orden de fabricación anterior.	7	7		X				
3	Llevar el carro al almacén de producto en curso o a la cuba de limpieza.	130	130						X
4	Retirar la cinta de desengrase.	6	6		X				
5	Levantar la rejilla de seguridad.	3	3	X					
6	Desenhebrar hilo.	22	22		X				
7	Buscar la carretilla elevadora y traerla a la máquina.	40	40					X	
8	Retirar la bobina del soporte.	30	30		X				
9	Extraer el eje de la bobina y dejarlo sobre el soporte.	12	20		X				
10	Devolver la bobina al almacén de MP con la carretilla elevadora.	200	200						X
11	Traer la nueva bobina desde el almacén de MP con la carretilla elevadora.	130	130						X
12	Montar el eje en la nueva bobina.	60	70		X				
13	Colocar la bobina sobre el soporte.	40	50		X				
14	Dejar la carretilla elevadora y volver a la máquina.	20	20						X
15	Separar los rodillos.	10	10		X				
16	Extraer los rodillos desenroscando las tuercas y retirando los chaveteros.	80	80		X				
17	Devolver los rodillos a la estantería o al carro de las piezas para desengrasar.	16	16						X
18	Buscar los nuevos rodillos en la estantería y traerlos a la máquina.	155	155					X	
19	Buscar los elementos accesorios necesarios para fijar los rodillos (arandelas, tuercas...).	25	25					X	
20	Montar el sistema de tracción (rodillos, arandelas y tuercas).	180	220		X				
21	Desmontar los canutillos.	115	-		X				
22	Extraer los cilindros interiores de los canutillos.	45	-		X				
23	Devolver los cilindros a la estantería.	15	-						X
24	Buscar los nuevos cilindros en la estantería y traerlos a la máquina.	50	-					X	
25	Colocar los cilindros en los canutillos.	35	-		X				
26	Volver a montar los canutillos.	130	-		X				
27	Enhebrar el hilo.	100	100		X				
28	Aflojar los tornillos y extraer el útil de deformación.	20	20		X				
29	Devolver el útil de deformación a la estantería.	15	15						X

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	TIEMPO (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		LIJ	PR-PL						
30	Buscar y traer el nuevo útil de deformación de la estantería.	40	40					X	
31	Buscar y traer una envolvente que se ajuste al diámetro del útil.	200	200					X	
32	Desmontar el portaenvolventes.	20	20		X				
33	Buscar y traer un nuevo portaenvolventes de las dimensiones adecuadas.	10	10					X	
34	Atornillar el nuevo portaenvolventes en la máquina.	40	40		X				
35	Colocar y atornillar la envolvente y el útil en el soporte de la máquina.	160	160		X				
36	Atar el tubo de engrasado con una brida.	5	5		X				
37	Soltar la hilera.	3	3		X				
38	Devolver la hilera a la estantería o al carro con las piezas para desengrasar.	12	12						X
39	Buscar la nueva hilera y traerla a la máquina.	20	20					X	
40	Colocar y atornillar la hilera.	28	28		X				
41	Accionar el sistema de tracción para hacer pasar el hilo enhebrado por la hilera.	4	4		X				
42	Ajustar la posición del sistema de deformación.	37	37		X				
43	Hacer pasar el hilo por el útil de deformación.	45	45		X				
44	Colocar la cinta de desengrase.	50	50		X				
45	Accionar manualmente la máquina hasta tener un tramo de varilla preformado.	30	30			X			
46	Cortar el tramo de varilla.	4	4			X			
47	Llevar el tramo de varilla a la mesa de medición.	6	6						X
48	Medir el diámetro de la varilla.	9	9			X			
49	Medir el paso de la varilla.	6	6			X			
50	Volver a la máquina.	4	4						X
51	Si no se han logrado las dimensiones nominales indicadas en la hoja de la orden de fabricación de paso y diámetro, reajustar la posición del útil de deformación y repetir los pasos anteriores (45-50) hasta lograr las dimensiones nominales.	320	320			X			
52	Ajustar la distancia del sistema de tracción para hacer pasar el hilo preformado por el orificio de corte con la orientación adecuada.	80	80			X			
53	Bajar la rejilla de seguridad.	2	2	X					
54	Buscar un flexómetro.	50	50					X	
55	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	5						X
56	Ajustar la distancia del sensor de corte.	45	45			X			
57	Retirar la placa de expulsión.	50	50		X				
58	Devolver la placa de expulsión a la estantería.	8	8						X
59	Buscar y traer una placa de expulsión de la longitud adecuada.	20	20					X	
60	Colocar la placa y cambiar la posición de los cilindros de aire que accionan la placa de expulsión.	25	25		X				
61	Recolocar la rampa para elevar las varillas en el tramo final y evitar que toquen al sensor por debajo de la zona de contacto.	6	6		X				
62	Accionar la máquina manualmente y extraer una varilla.	15	15				X		
63	Cortar la varilla y llevarla a la mesa de la regla para comprobar su longitud.	45	45				X		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	TIEMPO (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		LIJ	PR-PL						
64	Si la longitud no es correcta, reajustar la distancia del sensor y repetir los pasos anteriores (62-63) hasta lograr la longitud deseada.	220	220				X		
65	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas superiores.	190	190			X			
66	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	5						X
67	Desmontar las barras de soporte para lijar puntas.	82	-		X				
68	Dejar las barras de soporte para lijar puntas en la estantería.	4	-						X
69	Buscar unas barras de soporte para lijar de la longitud adecuada y traerlas a la máquina.	15	-					X	
70	Colocar y atornillar las barras en la máquina.	125	-		X				
71	Ajustar la distancia entre las lijadoras.	130	-			X			
72	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	-						X
73	Desmontar el cilindro de sujeción que desplaza las varillas hacia las lijadoras.	13	-		X				
74	Dejar el cilindro de sujeción en la estantería.	12	-						X
75	Buscar y traer un cilindro de sujeción de dimensiones adecuadas.	22	-					X	
76	Colocar el nuevo cilindro de sujeción en la máquina.	55	-		X				
77	Ajustar la posición del mecanismo de desplazamiento del cilindro de sujeción.	210	-			X			
78	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	-						X
79	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien repasadas.	10	-				X		
80	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas inferiores.	45	-				X		
81	Accionar la máquina manualmente para comprobar que la bajada de las varillas es correcta.	15	-				X		
82	Si las varillas no bajan correctamente, repetir los pasos anteriores (80-81) hasta lograr que bajen sin atascarse.	150	-				X		
83	Desmontar la barra de enhebrado.	100	-		X				
84	Dejar la barra en la estantería.	10	-						X
85	Buscar y traer una barra de enhebrado de la longitud adecuada.	35	-					X	
86	Colocar la barra de enhebrado sobre la cinta transportadora y conectar los cilindros de aire.	105	-		X				
87	Buscar una barra de tope de la longitud adecuada.	110	-					X	
88	Desatornillar la barra anterior y atornillar la nueva.	35	-		X				
89	Ajustar la posición del rodillo de enhebrado.	120	-			X			
90	Cambiar el diámetro del rodillo de enhebrado.	70	-		X				
91	Desplazar la posición de la cinta transportadora para hacer coincidir las guías de enhebrado con la salida de las varillas.	10	-			X			
92	Accionar la máquina y comprobar que enhebra y expulsa las piezas correctamente.	10	-				X		
93	Si no se logra un enhebrado correcto, realizar los ajustes necesarios hasta que se enhebre correctamente.	90	-				X		
94	Desmontar las cuchillas de corte para punta redonda.	-	110		X				

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	TIEMPO (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		LIJ	PR-PL						
95	Devolver las cuchillas de punta redonda a la estantería.	-	20						X
96	Buscar las nuevas cuchillas y traerlas a la máquina.	-	45					X	
97	Montar las nuevas cuchillas en la máquina de punta redonda.	-	100		X				
98	Desmontar los útiles de apoyo de varillas.	-	90		X				
99	Devolver los útiles de apoyo a la estantería.	-	20						X
100	Buscar y traer unos útiles de apoyo de dimensiones adecuadas.	-	30					X	
101	Montar los nuevos útiles de apoyo en la máquina.	-	70		X				
102	Desmontar los tacos de presión.	-	80		X				
103	Devolver los tacos de presión a la estantería.	-	50						X
104	Buscar y traer unos tacos de presión de las dimensiones adecuadas.	-	25					X	
105	Montar los tacos de presión en la máquina.	-	100		X				
106	Ajustar la posición de los útiles de apoyo y de los tacos de presión.	-	120				X		
107	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las varillas se posicionan correctamente sobre el útil.	-	15				X		
108	Si las varillas no se posicionan correctamente, repetir los pasos anteriores (106-107) hasta lograr que se posicionen de forma adecuada.	-	290				X		
109	Bordear la máquina para acceder a la parte trasera.	-	5						X
110	Coger un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		X				
111	Bordear la máquina para acceder a la parte delantera.	-	5						X
112	Colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	70		X				
113	Ajustar la posición de los encauzadores intermedios.	-	15			X			
114	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la bajada de las varillas hasta las cuchillas de punta redonda es correcta.	-	30				X		
115	Si la bajada de las varillas no es correcta, repetir los pasos anteriores (113-114) hasta que el posicionamiento sea adecuado.	-	160				X		
116	Ajustar la posición de la placa de retención de varillas.	-	40			X			
117	Centrar la posición del útil de apoyo de varillas con respecto a la cuchilla de punta redonda.	-	130			X			
118	Ajustar la profundidad de penetración de la cuchilla.	-	80			X			
119	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien terminadas.	-	15				X		
120	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (116-119) hasta lograr que las puntas queden bien terminadas.	-	190				X		
121	Ajustar la posición de la mesa del sistema de punta redonda.	-	15			X			
122	Accionar la máquina y comprobar que se terminan bien las puntas.	-	20				X		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	TIEMPO (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		LIJ	PR-PL						
123	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (121-122) hasta lograr que queden bien terminadas.	-	160				X		
124	Hacer rodar la mesa de la prensa de pico loro hasta una posición adecuada.	-	7			X			
125	Probar el funcionamiento de las prensas de pico loro.	-	10	X					
126	Coger y colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		X				
127	Ajustar la posición de los encauzadores de inferiores de varillas.	-	20		X				
128	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la varilla queda bien posicionada.	-	30				X		
129	Si la varilla no queda bien posicionada, repetir los pasos anteriores (127-128) hasta lograr que se alinee correctamente.	-	105				X		
130	Ajustar la posición de las prensas de pico loro.	-	60			X			
131	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las puntas quedan bien prensadas.	-	15				X		
132	Si las varillas no quedan bien prensadas, repetir los pasos anteriores (130-131) hasta que las varillas queden bien prensadas en las puntas.	-	230				X		
133	Fijar las mesas de las prensas una vez listas.	-	22			X			
134	Accionar la máquina y revisar que todo el proceso funciona correctamente hasta este punto.	100	100			X			
135	Buscar y traer el carro y los topes, para que la máquina deposite las varillas una vez procesadas.	60	60					X	
136	Colocar el carro y los topes a la salida de la máquina.	70	70		X				
137	Ir a la mesa de control a rellenar la hoja de control y la hoja de identificación de bobinas.	95	95						X
138	Programar la máquina con el número de varillas a realizar, la velocidad de avance, etc.	12	12	X					
139	Rellenar y traer la hoja de control al carro y colocarla.	120	120						X
140	Observar el funcionamiento de la máquina y realizar pequeños ajustes para afinar su funcionamiento.	240	240	X					
141	Tomar una varilla para realizar el control de calidad: paso, diámetro, longitud y acabado de las puntas.	145	145	X					
142	Tiempo perdido por interrupción de las actividades de preparación: averías de otras máquinas, reparación de elementos, actividades en otros puestos de trabajo, etc.	300	300						

ANEXO III. OPERACIONES DE CAMBIO. FASE 1

Prep: Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas.

Mon: Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas.

Med: Mediciones, montajes y calibraciones.

Ens: Ensayos y ajustes.

Búsq: Búsqueda de materiales.

Desp: Desplazamientos.

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
1	Consultar la orden de fabricación para determinar las características de las piezas a fabricar.	12	12					X	
2	Retirar el carro con las piezas terminadas de la orden de fabricación anterior.	7	7		X				
3	Llevar el carro al almacén de producto en curso o a la cuba de limpieza.	130	130						X
4	Retirar la cinta de desengrase.	6	6		X				
5	Levantar la rejilla de seguridad.	3	3	X					
6	Desenhebrar hilo.	22	22		X				
7	Buscar la carretilla elevadora y traerla a la máquina.	40	40					X	
8	Retirar la bobina del soporte.	30	30		X				
9	Extraer el eje de la bobina y dejarlo sobre el soporte.	12	20		X				
10	Devolver la bobina al almacén de MP con la carretilla elevadora.	200	200						X
11	Traer la nueva bobina desde el almacén de MP con la carretilla elevadora.	130	130						X
12	Montar el eje en la nueva bobina.	60	70		X				
13	Colocar la bobina sobre el soporte.	40	50		X				
14	Dejar la carretilla elevadora y volver a la máquina.	20	20						X
15	Separar los rodillos.	10	10		X				
16	Extraer los rodillos desenroscando las tuercas y retirando los chaveteros.	80	80		X				
17	Devolver los rodillos a la estantería o al carro de las piezas para desengrasar.	16	16						X
18	Buscar los nuevos rodillos en la estantería y traerlos a la máquina.	155	155					X	
19	Buscar los elementos accesorios necesarios para fijar los rodillos (arandelas, tuercas...).	25	25					X	
20	Montar el sistema de tracción (rodillos, arandelas y tuercas).	180	220		X				
21	Desmontar los canutillos.	115	-		X				
22	Extraer los cilindros interiores de los canutillos.	45	-		X				
23	Devolver los cilindros a la estantería.	15	-						X
24	Buscar los nuevos cilindros en la estantería y traerlos a la máquina.	50	-					X	
25	Colocar los cilindros en los canutillos.	35	-		X				
26	Volver a montar los canutillos.	130	-		X				
27	Enhebrar el hilo.	100	100		X				
28	Aflojar los tornillos y extraer el útil de deformación.	20	20		X				
29	Devolver el útil de deformación a la estantería.	15	15						X

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
30	Buscar y traer el nuevo útil de deformación de la estantería.	40	40					X	
31	Buscar y traer una envolvente que se ajuste al diámetro del útil.	200	200					X	
32	Desmontar el portaenvolventes.	20	20		X				
33	Buscar y traer un nuevo portaenvolventes de las dimensiones adecuadas.	10	10					X	
34	Atornillar el nuevo portaenvolventes en la máquina.	40	40		X				
35	Colocar y atornillar la envolvente y el útil en el soporte de la máquina.	160	160		X				
36	Atar el tubo de engrasado con una brida.	5	5		X				
37	Soltar la hilera.	3	3		X				
38	Devolver la hilera a la estantería o al carro con las piezas para desengrasar.	12	12						X
39	Buscar la nueva hilera y traerla a la máquina.	20	20					X	
40	Colocar y atornillar la hilera.	28	28		X				
41	Accionar el sistema de tracción para hacer pasar el hilo enhebrado por la hilera.	4	4		X				
42	Ajustar la posición del sistema de deformación.	37	37		X				
43	Hacer pasar el hilo por el útil de deformación.	45	45		X				
44	Colocar la cinta de desengrase.	50	50		X				
45	Accionar manualmente la máquina hasta tener un tramo de varilla preformado.	30	30			X			
46	Cortar el tramo de varilla.	4	4			X			
47	Llevar el tramo de varilla a la mesa de medición.	6	6						X
48	Medir el diámetro de la varilla.	9	9			X			
49	Medir el paso de la varilla.	6	6			X			
50	Volver a la máquina.	4	4						X
51	Si no se han logrado las dimensiones nominales indicadas en la hoja de la orden de fabricación de paso y diámetro, reajustar la posición del útil de deformación y repetir los pasos anteriores (45-50) hasta lograr las dimensiones nominales.	320	320			X			
52	Ajustar la distancia del sistema de tracción para hacer pasar el hilo preformado por el orificio de corte con la orientación adecuada.	80	80			X			
53	Bajar la rejilla de seguridad.	2	2	X					
54	Buscar un flexómetro.	50	50					X	
55	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	5						X
56	Ajustar la distancia del sensor de corte.	45	45			X			
57	Retirar la placa de expulsión.	50	50		X				
58	Devolver la placa de expulsión a la estantería.	8	8						X
59	Buscar y traer una placa de expulsión de la longitud adecuada.	20	20					X	
60	Colocar la placa y cambiar la posición de los cilindros de aire que accionan la placa de expulsión.	25	25		X				
61	Recolocar la rampa para elevar las varillas en el tramo final y evitar que toquen al sensor por debajo de la zona de contacto.	6	6		X				
62	Accionar la máquina manualmente y extraer una varilla.	15	15				X		
63	Cortar la varilla y llevarla a la mesa de la regla para comprobar su longitud.	45	45				X		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
64	Si la longitud no es correcta, reajustar la distancia del sensor y repetir los pasos anteriores (62-63) hasta lograr la longitud deseada.	220	220				X		
65	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas superiores.	190	190			X			
66	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	5						X
67	Desmontar las barras de soporte para lijar puntas.	82	-		X				
68	Dejar las barras de soporte para lijar puntas en la estantería.	4	-						X
69	Buscar unas barras de soporte para lijar de la longitud adecuada y traerlas a la máquina.	15	-					X	
70	Colocar y atornillar las barras en la máquina.	125	-		X				
71	Ajustar la distancia entre las lijadoras.	130	-			X			
72	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	-						X
73	Desmontar el cilindro de sujeción que desplaza las varillas hacia las lijadoras.	13	-		X				
74	Dejar el cilindro de sujeción en la estantería.	12	-						X
75	Buscar y traer un cilindro de sujeción de dimensiones adecuadas.	22	-					X	
76	Colocar el nuevo cilindro de sujeción en la máquina.	55	-		X				
77	Ajustar la posición del mecanismo de desplazamiento del cilindro de sujeción.	210	-			X			
78	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	-						X
79	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien repasadas.	10	-				X		
80	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas inferiores.	45	-				X		
81	Accionar la máquina manualmente para comprobar que la bajada de las varillas es correcta.	15	-				X		
82	Si las varillas no bajan correctamente, repetir los pasos anteriores (80-81) hasta lograr que bajen sin atascarse.	150	-				X		
83	Desmontar la barra de enhebrado.	100	-		X				
84	Dejar la barra en la estantería.	10	-						X
85	Buscar y traer una barra de enhebrado de la longitud adecuada.	35	-					X	
86	Colocar la barra de enhebrado sobre la cinta transportadora y conectar los cilindros de aire.	105	-		X				
87	Buscar una barra de tope de la longitud adecuada.	110	-					X	
88	Desatornillar la barra anterior y atornillar la nueva.	35	-		X				
89	Ajustar la posición del rodillo de enhebrado.	120	-			X			
90	Cambiar el diámetro del rodillo de enhebrado.	70	-		X				
91	Desplazar la posición de la cinta transportadora para hacer coincidir las guías de enhebrado con la salida de las varillas.	10	-			X			
92	Accionar la máquina y comprobar que enhebra y expulsa las piezas correctamente.	10	-				X		
93	Si no se logra un enhebrado correcto, realizar los ajustes necesarios hasta que se enhebre correctamente.	90	-				X		
94	Desmontar las cuchillas de corte para punta	-	110		X				

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
	redonda.								
95	Devolver las cuchillas de punta redonda a la estantería.	-	20						X
96	Buscar las nuevas cuchillas y traerlas a la máquina.	-	45					X	
97	Montar las nuevas cuchillas en la máquina de punta redonda.	-	100		X				
98	Desmontar los útiles de apoyo de varillas.	-	90		X				
99	Devolver los útiles de apoyo a la estantería.	-	20						X
100	Buscar y traer unos útiles de apoyo de dimensiones adecuadas.	-	30					X	
101	Montar los nuevos útiles de apoyo en la máquina.	-	70		X				
102	Desmontar los tacos de presión.	-	80		X				
103	Devolver los tacos de presión a la estantería.	-	50						X
104	Buscar y traer unos tacos de presión de las dimensiones adecuadas.	-	25					X	
105	Montar los tacos de presión en la máquina.	-	100		X				
106	Ajustar la posición de los útiles de apoyo y de los tacos de presión.	-	120				X		
107	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las varillas se posicionan correctamente sobre el útil.	-	15				X		
108	Si las varillas no se posicionan correctamente, repetir los pasos anteriores (106-107) hasta lograr que se posicionen de forma adecuada.	-	290				X		
109	Bordear la máquina para acceder a la parte trasera.	-	5						X
110	Coger un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		X				
111	Bordear la máquina para acceder a la parte delantera.	-	5						X
112	Colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	70		X				
113	Ajustar la posición de los encauzadores intermedios.	-	15			X			
114	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la bajada de las varillas hasta las cuchillas de punta redonda es correcta.	-	30				X		
115	Si la bajada de las varillas no es correcta, repetir los pasos anteriores (113-114) hasta que el posicionamiento sea adecuado.	-	160				X		
116	Ajustar la posición de la placa de retención de varillas.	-	40			X			
117	Centrar la posición del útil de apoyo de varillas con respecto a la cuchilla de punta redonda.	-	130			X			
118	Ajustar la profundidad de penetración de la cuchilla.	-	80			X			
119	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien terminadas.	-	15				X		
120	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (116-119) hasta lograr que las puntas queden bien terminadas.	-	190				X		
121	Ajustar la posición de la mesa del sistema de punta redonda.	-	15			X			

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
122	Accionar la máquina y comprobar que se terminan bien las puntas.	-	20				X		
123	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (121-122) hasta lograr que queden bien terminadas.	-	160				X		
124	Hacer rodar la mesa de la prensa de pico loro hasta una posición adecuada.	-	7			X			
125	Probar el funcionamiento de las prensas de pico loro.	-	10	X					
126	Coger y colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		X				
127	Ajustar la posición de los encauzadores de inferiores de varillas.	-	20		X				
128	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la varilla queda bien posicionada.	-	30				X		
129	Si la varilla no queda bien posicionada, repetir los pasos anteriores (127-128) hasta lograr que se alinee correctamente.	-	105				X		
130	Ajustar la posición de las prensas de pico loro.	-	60			X			
131	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las puntas quedan bien prensadas.	-	15				X		
132	Si las varillas no quedan bien prensadas, repetir los pasos anteriores (130-131) hasta que las varillas queden bien prensadas en las puntas.	-	230				X		
133	Fijar las mesas de las prensas una vez listas.	-	22			X			
134	Accionar la máquina y revisar que todo el proceso funciona correctamente hasta este punto.	100	100			X			
135	Buscar y traer el carro y los topes, para que la máquina deposite las varillas una vez procesadas.	60	60					X	
136	Colocar el carro y los topes a la salida de la máquina.	70	70		X				
137	Ir a la mesa de control a rellenar la hoja de control y la hoja de identificación de bobinas.	95	95						X
138	Programar la máquina con el número de varillas a realizar, la velocidad de avance, etc.	12	12	X					
139	Rellenar y traer la hoja de control al carro y colocarla.	120	120						X
140	Observar el funcionamiento de la máquina y realizar pequeños ajustes para afinar su funcionamiento.	240	240	X					
141	Tomar una varilla para realizar el control de calidad: paso, diámetro, longitud y acabado de las puntas.	145	145	X					
142	Tiempo perdido por interrupción de las actividades de preparación: averías de otras máquinas, reparación de elementos, actividades en otros puestos de trabajo, etc.	300	300						

ANEXO IV: OPERACIONES DE CAMBIO. FASE 2

Prep: Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas.

Mon: Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas.

Med: Mediciones, montajes y calibraciones.

Ens: Ensayos y ajustes.

Búsq: Búsqueda de materiales.

Desp: Desplazamientos.

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
1	Consultar la orden de fabricación para determinar las características de las piezas a fabricar.	12	12					X	
2	Retirar el carro con las piezas terminadas de la orden de fabricación anterior.	7	7		X				
3	Llevar el carro al almacén de producto en curso o a la cuba de limpieza.	130	130						X
4	Retirar la cinta de desengrase.	6	6		X				
5	Levantar la rejilla de seguridad.	3	3	X					
6	Desenhebrar hilo.	22	22		X				
7	Buscar la carretilla elevadora y traerla a la máquina.	40	40					X	
8	Retirar la bobina del soporte.	30	30		X				
9	Extraer el eje de la bobina y dejarlo sobre el soporte.	12	20		X				
10	Devolver la bobina al almacén de MP con la carretilla elevadora.	200	200						X
11	Traer la nueva bobina desde el almacén de MP con la carretilla elevadora.	130	130						X
12	Montar el eje en la nueva bobina.	60	70		X				
13	Colocar la bobina sobre el soporte.	40	50		X				
14	Dejar la carretilla elevadora y volver a la máquina.	20	20						X
15	Separar los rodillos.	10	10		X				
16	Extraer los rodillos desenroscando las tuercas y retirando los chaveteros.	80	80		X				
17	Devolver los rodillos a la estantería o al carro de las piezas para desengrasar.	16	16						X
18	Buscar los nuevos rodillos en la estantería y traerlos a la máquina.	155	155					X	
19	Buscar los elementos accesorios necesarios para fijar los rodillos (arandelas, tuercas...).	25	25					X	
20	Montar el sistema de tracción (rodillos, arandelas y tuercas).	180	220		X				
21	Desmontar los canutillos.	115	-		X				
22	Extraer los cilindros interiores de los canutillos.	45	-		X				
23	Devolver los cilindros a la estantería.	15	-						X
24	Buscar los nuevos cilindros en la estantería y traerlos a la máquina.	50	-					X	
25	Colocar los cilindros en los canutillos.	35	-		X				
26	Volver a montar los canutillos.	130	-		X				
27	Enhebrar el hilo.	100	100		X				
28	Aflojar los tornillos y extraer el útil de deformación.	20	20		X				
29	Devolver el útil de deformación a la estantería.	15	15						X
30	Buscar y traer el nuevo útil de deformación de la	40	40					X	

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
	estantería.								
31	Buscar y traer una envolvente que se ajuste al diámetro del útil.	200	200					X	
32	Desmontar el portaenvolventes.	20	20		X				
33	Buscar y traer un nuevo portaenvolventes de las dimensiones adecuadas.	10	10					X	
34	Atornillar el nuevo portaenvolventes en la máquina.	40	40		X				
35	Colocar y atornillar la envolvente y el útil en el soporte de la máquina.	160	160		X				
36	Atar el tubo de engrasado con una brida.	5	5		X				
37	Soltar la hilera.	3	3		X				
38	Devolver la hilera a la estantería o al carro con las piezas para desengrasar.	12	12						X
39	Buscar la nueva hilera y traerla a la máquina.	20	20					X	
40	Colocar y atornillar la hilera.	28	28		X				
41	Accionar el sistema de tracción para hacer pasar el hilo enhebrado por la hilera.	4	4		X				
42	Ajustar la posición del sistema de deformación.	37	37		X				
43	Hacer pasar el hilo por el útil de deformación.	45	45		X				
44	Colocar la cinta de desengrase.	50	50		X				
45	Accionar manualmente la máquina hasta tener un tramo de varilla preformado.	30	30			X			
46	Cortar el tramo de varilla.	4	4			X			
47	Llevar el tramo de varilla a la mesa de medición.	6	6						X
48	Medir el diámetro de la varilla.	9	9			X			
49	Medir el paso de la varilla.	6	6			X			
50	Volver a la máquina.	4	4						X
51	Si no se han logrado las dimensiones nominales indicadas en la hoja de la orden de fabricación de paso y diámetro, reajustar la posición del útil de deformación y repetir los pasos anteriores (45-50) hasta lograr las dimensiones nominales.	320	320			X			
52	Ajustar la distancia del sistema de tracción para hacer pasar el hilo preformado por el orificio de corte con la orientación adecuada.	80	80			X			
53	Bajar la rejilla de seguridad.	2	2	X					
54	Buscar un flexómetro.	50	50					X	
55	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	5						X
56	Ajustar la distancia del sensor de corte.	45	45			X			
57	Retirar la placa de expulsión.	50	50		X				
58	Devolver la placa de expulsión a la estantería.	8	8						X
59	Buscar y traer una placa de expulsión de la longitud adecuada.	20	20					X	
60	Colocar la placa y cambiar la posición de los cilindros de aire que accionan la placa de expulsión.	25	25		X				
61	Recolocar la rampa para elevar las varillas en el tramo final y evitar que toquen al sensor por debajo de la zona de contacto.	6	6		X				
62	Accionar la máquina manualmente y extraer una varilla.	15	15				X		
63	Cortar la varilla y llevarla a la mesa de la regla para comprobar su longitud.	45	45				X		
64	Si la longitud no es correcta, reajustar la distancia del sensor y repetir los pasos anteriores (62-63) hasta lograr la longitud deseada.	220	220				X		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
65	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas superiores.	190	190			X			
66	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	5						X
67	Desmontar las barras de soporte para lijar puntas.	82	-		X				
68	Dejar las barras de soporte para lijar puntas en la estantería.	4	-						X
69	Buscar unas barras de soporte para lijar de la longitud adecuada y traerlas a la máquina.	15	-					X	
70	Colocar y atornillar las barras en la máquina.	125	-		X				
71	Ajustar la distancia entre las lijadoras.	130	-			X			
72	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	-						X
73	Desmontar el cilindro de sujeción que desplaza las varillas hacia las lijadoras.	13	-		X				
74	Dejar el cilindro de sujeción en la estantería.	12	-						X
75	Buscar y traer un cilindro de sujeción de dimensiones adecuadas.	22	-					X	
76	Colocar el nuevo cilindro de sujeción en la máquina.	55	-		X				
77	Ajustar la posición del mecanismo de desplazamiento del cilindro de sujeción.	210	-			X			
78	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	-						X
79	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien repasadas.	10	-				X		
80	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas inferiores.	45	-				X		
81	Accionar la máquina manualmente para comprobar que la bajada de las varillas es correcta.	15	-				X		
82	Si las varillas no bajan correctamente, repetir los pasos anteriores (80-81) hasta lograr que bajen sin atascarse.	150	-				X		
83	Desmontar la barra de enhebrado.	100	-		X				
84	Dejar la barra en la estantería.	10	-						X
85	Buscar y traer una barra de enhebrado de la longitud adecuada.	35	-					X	
86	Colocar la barra de enhebrado sobre la cinta transportadora y conectar los cilindros de aire.	105	-		X				
87	Buscar una barra de tope de la longitud adecuada.	110	-					X	
88	Desatornillar la barra anterior y atornillar la nueva.	35	-		X				
89	Ajustar la posición del rodillo de enhebrado.	120	-			X			
90	Cambiar el diámetro del rodillo de enhebrado.	70	-		X				
91	Desplazar la posición de la cinta transportadora para hacer coincidir las guías de enhebrado con la salida de las varillas.	10	-			X			
92	Accionar la máquina y comprobar que enhebra y expulsa las piezas correctamente.	10	-				X		
93	Si no se logra un enhebrado correcto, realizar los ajustes necesarios hasta que se enhebre correctamente.	90	-				X		
94	Desmontar las cuchillas de corte para punta redonda.	-	110		X				
95	Devolver las cuchillas de punta redonda a la estantería.	-	20						X
96	Buscar las nuevas cuchillas y traerlas a la	-	45					X	

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
	máquina.								
97	Montar las nuevas cuchillas en la máquina de punta redonda.	-	100		X				
98	Desmontar los útiles de apoyo de varillas.	-	90		X				
99	Devolver los útiles de apoyo a la estantería.	-	20						X
100	Buscar y traer unos útiles de apoyo de dimensiones adecuadas.	-	30					X	
101	Montar los nuevos útiles de apoyo en la máquina.	-	70		X				
102	Desmontar los tacos de presión.	-	80		X				
103	Devolver los tacos de presión a la estantería.	-	50						X
104	Buscar y traer unos tacos de presión de las dimensiones adecuadas.	-	25					X	
105	Montar los tacos de presión en la máquina.	-	100		X				
106	Ajustar la posición de los útiles de apoyo y de los tacos de presión.	-	120				X		
107	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las varillas se posicionan correctamente sobre el útil.	-	15				X		
108	Si las varillas no se posicionan correctamente, repetir los pasos anteriores (106-107) hasta lograr que se posicionen de forma adecuada.	-	290				X		
109	Bordear la máquina para acceder a la parte trasera.	-	5						X
110	Coger un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		X				
111	Bordear la máquina para acceder a la parte delantera.	-	5						X
112	Colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	70		X				
113	Ajustar la posición de los encauzadores intermedios.	-	15			X			
114	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la bajada de las varillas hasta las cuchillas de punta redonda es correcta.	-	30				X		
115	Si la bajada de las varillas no es correcta, repetir los pasos anteriores (113-114) hasta que el posicionamiento sea adecuado.	-	160				X		
116	Ajustar la posición de la placa de retención de varillas.	-	40			X			
117	Centrar la posición del útil de apoyo de varillas con respecto a la cuchilla de punta redonda.	-	130			X			
118	Ajustar la profundidad de penetración de la cuchilla.	-	80			X			
119	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien terminadas.	-	15				X		
120	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (116-119) hasta lograr que las puntas queden bien terminadas.	-	190				X		
121	Ajustar la posición de la mesa del sistema de punta redonda.	-	15			X			
122	Accionar la máquina y comprobar que se terminan bien las puntas.	-	20				X		
123	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (121-122) hasta lograr que queden bien terminadas.	-	160				X		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
124	Hacer rodar la mesa de la prensa de pico loro hasta una posición adecuada.	-	7			X			
125	Probar el funcionamiento de las prensas de pico loro.	-	10	X					
126	Coger y colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		X				
127	Ajustar la posición de los encauzadores de inferiores de varillas.	-	20		X				
128	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la varilla queda bien posicionada.	-	30				X		
129	Si la varilla no queda bien posicionada, repetir los pasos anteriores (127-128) hasta lograr que se alinee correctamente.	-	105				X		
130	Ajustar la posición de las prensas de pico loro.	-	60			X			
131	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las puntas quedan bien prensadas.	-	15				X		
132	Si las varillas no quedan bien prensadas, repetir los pasos anteriores (130-131) hasta que las varillas queden bien prensadas en las puntas.	-	230				X		
133	Fijar las mesas de las prensas una vez listas.	-	22			X			
134	Accionar la máquina y revisar que todo el proceso funciona correctamente hasta este punto.	100	100			X			
135	Buscar y traer el carro y los topes, para que la máquina deposite las varillas una vez procesadas.	60	60					X	
136	Colocar el carro y los topes a la salida de la máquina.	70	70		X				
137	Ir a la mesa de control a rellenar la hoja de control y la hoja de identificación de bobinas.	95	95						X
138	Programar la máquina con el número de varillas a realizar, la velocidad de avance, etc.	12	12	X					
139	Rellenar y traer la hoja de control al carro y colocarla.	120	120						X
140	Observar el funcionamiento de la máquina y realizar pequeños ajustes para afinar su funcionamiento.	240	240	X					
141	Tomar una varilla para realizar el control de calidad: paso, diámetro, longitud y acabado de las puntas.	145	145	X					
142	Tiempo perdido por interrupción de las actividades de preparación: averías de otras máquinas, reparación de elementos, actividades en otros puestos de trabajo, etc.	300	300						

ANEXO V: OPERACIONES DE CAMBIO FASE 3

Prep: Preparación, ajustes posteriores al proceso y comprobación de materiales y herramientas.

Mon: Montaje y desmontaje de herramientas, útiles y piezas.

Med: Mediciones, montajes y calibraciones.

Ens: Ensayos y ajustes.

Búsq: Búsqueda de materiales.

Desp: Desplazamientos.

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P. RED						
1	Consultar la orden de fabricación para determinar las características de las piezas a fabricar.	12	12					X	
2	Retirar el carro con las piezas terminadas de la orden de fabricación anterior.	7	7		1				
3	Llevar el carro al almacén de producto en curso o a la cuba de limpieza.	130	130						X
4	Cortar hilo y retirar la cinta de desengrase.	10	10		1				
5	Levantar la rejilla de seguridad.	3	3	1					
6	Desenhebrar hilo.	22	22		1				
7	Buscar la carretilla elevadora y traerla a la máquina.	40	40					X	
8	Retirar la bobina del soporte.	30	30		2				
9	Extraer el eje de la bobina y dejarlo sobre el soporte.	12	20		X				
10	Devolver la bobina al almacén de MP con la carretilla elevadora.	200	200						X
11	Traer la nueva bobina desde el almacén de MP con la carretilla elevadora.	130	130						X
12	Montar el eje en la nueva bobina.	60	70		X				
13	Colocar la bobina sobre el soporte.	40	50		2				
14	Dejar la carretilla elevadora y volver a la máquina.	20	20						2
15	Separar los rodillos.	10	10		1				
16	Extraer los rodillos desenroscando las tuercas y retirando los chaveteros.	80	80		1				
17	Devolver los rodillos a la estantería o al carro de las piezas para desengrasar.	16	16						X
18	Buscar los nuevos rodillos en la estantería y traerlos a la máquina.	155	155					X	
19	Buscar los elementos accesorios necesarios para fijar los rodillos (arandelas, tuercas...).	25	25					X	
20	Montar el sistema de tracción (rodillos, arandelas y tuercas).	30	40		1				
21	Desmontar los canutillos.	115	-		1				
22	Extraer los cilindros interiores de los canutillos.	45	-		X				
23	Devolver los cilindros a la estantería.	15	-						X
24	Buscar los nuevos cilindros en la estantería y traerlos a la máquina.	50	-					X	
25	Colocar los cilindros en los canutillos.	35	-		X				
26	Volver a montar los canutillos.	130	-		1				
27	Enhebrar el hilo.	100	100		1				
28	Aflojar los tornillos y extraer el útil de deformación.	20	20		X				
29	Devolver el útil de deformación a la estantería.	15	15						X
30	Buscar y traer el nuevo útil de deformación de la	40	40					X	

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P.LIJ	P.RED						
	estantería.								
31	Buscar y traer una envolvente que se ajuste al diámetro del útil.	200	200					X	
32	Desmontar el portaenvolventes.	20	20		1				
33	Buscar y traer un nuevo portaenvolventes de las dimensiones adecuadas.	10	10					X	
34	Atornillar el nuevo portaenvolventes en la máquina.	40	40		1				
35	Colocar y atornillar la envolvente y el útil en el soporte de la máquina.	160	160		X				
36	Atar el tubo de engrasado con una brida.	5	5		1				
37	Soltar la hilera.	3	3		1				
38	Devolver la hilera a la estantería o al carro con las piezas para desengrasar.	12	12						X
39	Buscar la nueva hilera y traerla a la máquina.	20	20					X	
40	Colocar y atornillar la hilera.	28	28		1				
41	Accionar el sistema de tracción para hacer pasar el hilo enhebrado por la hilera.	4	4		1				
42	Ajustar la posición del sistema de deformación.	37	37		1				
43	Hacer pasar el hilo por el útil de deformación.	45	45		1				
44	Colocar la cinta de desengrase.	50	50		1				
45	Accionar manualmente la máquina hasta tener un tramo de varilla preformado.	30	30			1			
46	Cortar el tramo de varilla.	4	4			1			
47	Llevar el tramo de varilla a la mesa de medición.	6	6						1
48	Medir el diámetro de la varilla.	9	9			1			
49	Medir el paso de la varilla.	6	6			1			
50	Volver a la máquina.	4	4						1
51	Si no se han logrado las dimensiones nominales indicadas en la hoja de la orden de fabricación de paso y diámetro, reajustar la posición del útil de deformación y repetir los pasos anteriores (45-50) hasta lograr las dimensiones nominales.	120	120			1			
52	Ajustar la distancia del sistema de tracción para hacer pasar el hilo preformado por el orificio de corte con la orientación adecuada.	80	80			1			
53	Bajar la rejilla de seguridad.	2	2	1					
54	Buscar un flexómetro.	50	50					X	
55	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	5						X
56	Ajustar la distancia del sensor de corte.	45	45			2			
57	Retirar la placa de expulsión.	50	50		2				
58	Devolver la placa de expulsión a la estantería.	8	8						X
59	Buscar y traer una placa de expulsión de la longitud adecuada.	20	20					X	
60	Colocar la placa y cambiar la posición de los cilindros de aire que accionan la placa de expulsión.	25	25		2				
61	Recolocar la rampa para elevar las varillas en el tramo final y evitar que toquen al sensor por debajo de la zona de contacto.	6	6		1				
62	Accionar la máquina manualmente y extraer una varilla.	15	15				1		
63	Cortar la varilla y llevarla a la mesa de la regla para comprobar su longitud.	45	45				1		
64	Si la longitud no es correcta, reajustar la distancia del sensor y repetir los pasos anteriores (62-63) hasta lograr la longitud deseada.	15	15				1		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P.LIJ	P.REDA						
65	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas superiores.	25	25			1			
66	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	5						2
67	Desmontar las barras de soporte para lijar puntas.	82	-		2				
68	Dejar las barras de soporte para lijar puntas en la estantería.	4	-						X
69	Buscar unas barras de soporte para lijar de la longitud adecuada y traerlas a la máquina.	15	-					X	
70	Colocar y atornillar las barras en la máquina.	125	-		2				
71	Ajustar la distancia entre las lijadoras.	20	-			2			
72	Bordear la máquina hasta la parte trasera.	5	-						X
73	Desmontar el cilindro de sujeción que desplaza las varillas hacia las lijadoras.	13	-		2				
74	Dejar el cilindro de sujeción en la estantería.	12	-						X
75	Buscar y traer un cilindro de sujeción de dimensiones adecuadas.	22	-					X	
76	Colocar el nuevo cilindro de sujeción en la máquina.	55	-		2				
77	Ajustar la posición del mecanismo de desplazamiento del cilindro de sujeción.	25	-			2			
78	Bordear la máquina hasta la parte delantera.	5	-						2
79	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien repasadas.	10	-				1		
80	Ajustar la posición de los encauzadores de varillas inferiores.	20	-				1		
81	Accionar la máquina manualmente para comprobar que la bajada de las varillas es correcta.	15	-				1		
82	Si las varillas no bajan correctamente, repetir los pasos anteriores (80-81) hasta lograr que bajen sin atascarse.	35	-				1		
83	Desmontar la barra de enhebrado.	100	-		2				
84	Dejar la barra en la estantería.	10	-						X
85	Buscar y traer una barra de enhebrado de la longitud adecuada.	35	-					X	
86	Colocar la barra de enhebrado sobre la cinta transportadora y conectar los cilindros de aire.	105	-		2				
87	Buscar una barra de tope de la longitud adecuada.	110	-					X	
88	Desatornillar la barra anterior y atornillar la nueva.	35	-		2				
89	Ajustar la posición del rodillo de enhebrado.	20	-			1			
90	Cambiar el diámetro del rodillo de enhebrado.	70	-		1				
91	Desplazar la posición de la cinta transportadora para hacer coincidir las guías de enhebrado con la salida de las varillas.	10	-			1			
92	Accionar la máquina y comprobar que enhebra y expulsa las piezas correctamente.	10	-				1		
93	Si no se logra un enhebrado correcto, realizar los ajustes necesarios hasta que se enhebre correctamente.	25	-				1		
94	Desmontar las cuchillas de corte para punta redonda.	-	110		2				
95	Devolver las cuchillas de punta redonda a la estantería.	-	20						X
96	Buscar las nuevas cuchillas y traerlas a la	-	45					X	

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P. LIJ	P.RED						
	máquina.								
97	Montar las nuevas cuchillas en la máquina de punta redonda.	-	100		2				
98	Desmontar los útiles de apoyo de varillas.	-	90		2				
99	Devolver los útiles de apoyo a la estantería.	-	20						X
100	Buscar y traer unos útiles de apoyo de dimensiones adecuadas.	-	30					X	
101	Montar los nuevos útiles de apoyo en la máquina.	-	70		2				
102	Desmontar los tacos de presión.	-	80		2				
103	Devolver los tacos de presión a la estantería.	-	50						X
104	Buscar y traer unos tacos de presión de las dimensiones adecuadas.	-	25					X	
105	Montar los tacos de presión en la máquina.	-	100		2				
106	Ajustar la posición de los útiles de apoyo y de los tacos de presión.	-	120				1		
107	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las varillas se posicionan correctamente sobre el útil.	-	15				1		
108	Si las varillas no se posicionan correctamente, repetir los pasos anteriores (106-107) hasta lograr que se posicionen de forma adecuada.	-	140				1		
109	Bordear la máquina para acceder a la parte trasera.	-	5						X
110	Coger un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		2				
111	Bordear la máquina para acceder a la parte delantera.	-	5						X
112	Colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	70		2				
113	Ajustar la posición de los encauzadores intermedios.	-	15			1			
114	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la bajada de las varillas hasta las cuchillas de punta redonda es correcta.	-	30				1		
115	Si la bajada de las varillas no es correcta, repetir los pasos anteriores (113-114) hasta que el posicionamiento sea adecuado.	-	25				1		
116	Ajustar la posición de la placa de retención de varillas.	-	40			1			
117	Centrar la posición del útil de apoyo de varillas con respecto a la cuchilla de punta redonda.	-	60			1			
118	Ajustar la profundidad de penetración de la cuchilla.	-	80			1			
119	Accionar la máquina manualmente y comprobar si las puntas quedan bien terminadas.	-	15				1		
120	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (116-119) hasta lograr que las puntas queden bien terminadas.	-	63				1		
121	Ajustar la posición de la mesa del sistema de punta redonda.	-	15			1			
122	Accionar la máquina y comprobar que se terminan bien las puntas.	-	20				1		
123	Si las puntas no quedan bien terminadas, repetir los pasos anteriores (121-122) hasta lograr que queden bien terminadas.	-	30				1		

Nº	DESCRIPCIÓN OPERACIÓN	Tiempo (s)		Prep	Mon	Med	Ens	Búsq	Desp
		P.LIJ	P.RED						
124	Hacer rodar la mesa de la prensa de pico loro hasta una posición adecuada.	-	7			1			
125	Probar el funcionamiento de las prensas de pico loro.	-	10	1					
126	Coger y colocar un nuevo soporte para colocar un encauzador adicional (o por el contrario, retirar un encauzador que no sea necesario).	-	10		1				
127	Ajustar la posición de los encauzadores de inferiores de varillas.	-	20		1				
128	Accionar la máquina manualmente para comprobar si la varilla queda bien posicionada.	-	30				1		
129	Si la varilla no queda bien posicionada, repetir los pasos anteriores (127-128) hasta lograr que se alinee correctamente.	-	20				1		
130	Ajustar la posición de las prensas de pico loro.	-	60			1			
131	Accionar manualmente la máquina para comprobar que las puntas quedan bien prensadas.	-	15				1		
132	Si las varillas no quedan bien prensadas, repetir los pasos anteriores (130-131) hasta que las varillas queden bien prensadas en las puntas.	-	76				1		
133	Fijar las mesas de las prensas una vez listas.	-	22			1			
134	Accionar la máquina y revisar que todo el proceso funciona correctamente hasta este punto.	40	40			1			
135	Buscar y traer el carro y los topes, para que la máquina deposite las varillas una vez procesadas.	60	60					X	
136	Colocar el carro y los topes a la salida de la máquina.	70	70		1				
137	Ir a la mesa de control a rellenar la hoja de control y la hoja de identificación de bobinas.	95	95						X
138	Programar la máquina con el número de varillas a realizar, la velocidad de avance, etc.	12	12	X					
139	Rellenar y traer la hoja de control al carro y colocarla.	120	120						X
140	Observar el funcionamiento de la máquina y realizar pequeños ajustes para afinar su funcionamiento.	240	240	X					
141	Tomar una varilla para realizar el control de calidad: paso, diámetro, longitud y acabado de las puntas.	145	145	X					
142	Tiempo perdido por interrupción de las actividades de preparación: averías de otras máquinas, reparación de elementos, actividades en otros puestos de trabajo, etc.	300	300						