



3 Líneas de Piñones Locos

3.1 Introducción

Al tratarse los piñones locos de piezas muy similares, las líneas integradas en el Centro de Gasto 548 presentan un proceso de fabricación muy similar entre sí, que se refleja en la gran cantidad de características en común de las líneas de fabricación: Máquinas y automatismos similares, medios de control idénticos, etc.

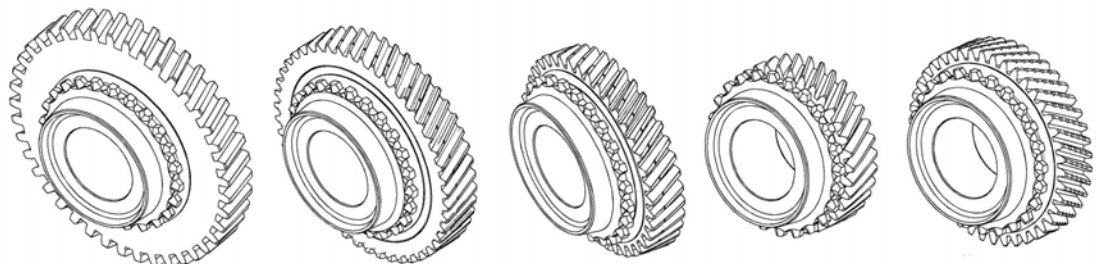


Figura 3.1 De izquierda a derecha, piñones locos de 1^a, 2^a, 3^a, 4^a y 5^a velocidad.



Es posible dividir la fabricación de estas piezas en tres fases bien diferenciadas:

- a) **Mecanizado en blando:** Partiendo de una preforma básica o *pieza en bruto*, se realizan las operaciones de torneado, tallado, fresado, achaflanado y afeitado en las líneas correspondientes (16, 17, 18 y 19 en la figura 3.2). Las líneas se encuentran automatizadas entre operaciones y se descargan automáticamente o a mano y separadas e identificadas según las diferentes referencias sobre el utillaje especial para el taller de tratamiento térmico (*platos de TTh*) en el que pasan a

- b) **Tratamientos térmicos y procesos especiales:** Las piezas son introducidas en los hornos correspondientes en el taller TTh. Dado que en este paso no es posible usar etiquetas identificativas, se mantiene la trazabilidad de las piezas a la salida del horno volviendo a identificarlas en el mismo orden de entrada.

En los hornos, y dependiendo de las piezas tratadas, se realizan dos procesos de endurecimiento: Carburización y Carbonitruración. De manera continua, se alimentan a la entrada de los hornos platos cargados con las piezas a tratar. Una vez en su interior, y debido a la temperatura y presión de los gases de la atmósfera contenida en ellos, la pieza sufre un enriquecimiento superficial en elementos de aleación, realizándose además a la salida un baño de las piezas en aceite, alcanzándose una gran dureza por temple del material.

Tras el lavado de los restos de aceite de temple y descargados manualmente de los platos, se realiza el granallado. Este es un proceso de tratamiento superficial en el que se bombardea la superficie de la pieza a tratar con pequeñas esferas metálicas a gran velocidad. En este caso, el objetivo puede ser doble: de limpieza, eliminando los restos de carbonilla adheridos tras el paso por los hornos a las piezas y de *precontrainte* (pre-



compresión o pre-tensión), con el que se consigue crear en la superficie de la pieza unas tensiones de compresión que previenen la aparición de grietas ante cargas cíclicas. Como veremos más tarde, el primero (granallado de limpieza) se aplica a todas las referencias de piñones locos, mientras que el segundo (granallado precontrainte) sólo a ciertas referencias.

El siguiente tratamiento recibido (y éste de nuevo sólo aplicado a ciertas referencias) es el *fosfatado*. Éste consiste en una serie de baños en los que se forma sobre la superficie una capa de fosfatos férricos que favorecen el contacto sin rozamiento entre superficies.

La descarga se realiza a contenedores metálicos con los piñones ensartados en velillas de manera manual.

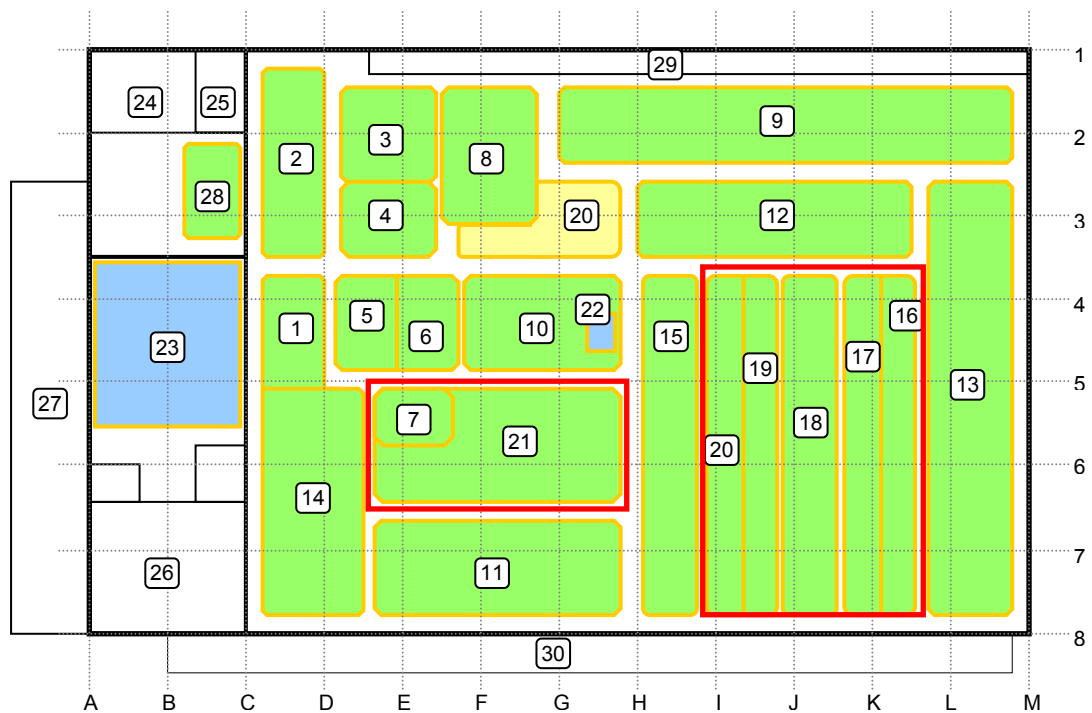


Figura 3.2. Líneas de producción asociadas a la fabricación de los piñones locos.



- c) **Mecanizado en duro:** en esta línea (identificada en la figura 3.2 con el número 21) se realizan el lapeado del diámetro interior y el rectificado del *cono de sincronización*, clave para facilitar el cambio de velocidades. A la salida de esta línea se encuentran los bancos de rodaje, donde se comprueba el buen engrane de cada pieza con su *master* correspondiente.

Finalmente, el operario coloca estas piezas en contenedores con separadores de plástico para su transporte a las líneas de montaje o para la exportación.

3.2 Líneas de mecanizado en blando

Como se observa en la figura 3.3, las líneas de mecanizado en blando están agrupadas por parejas de la siguiente manera: PL1+PL2 y PL3+PL5, quedando entre ellas la línea de PL4, que es además la única que no tiene una descarga automatizada por robot, realizándola por tanto un operario de forma manual.

Este último dato condiciona el reparto del trabajo (maquetas de operario) en esta zona, así como las posibles evoluciones a proponer para el incremento de la productividad.

La agrupación de dos líneas de mecanizado en una sola zona de trabajo, aún manteniéndolas completamente independientes (es decir, sin cruce de piezas), proporciona ventajas claras a la hora de optimizar el trabajo del operario, como veremos más adelante.

Otro condicionante en la disposición de las líneas es la *gestión de la diversidad*, es decir, el control de la fabricación de cada una de las referencias a fabricar de cada pieza.

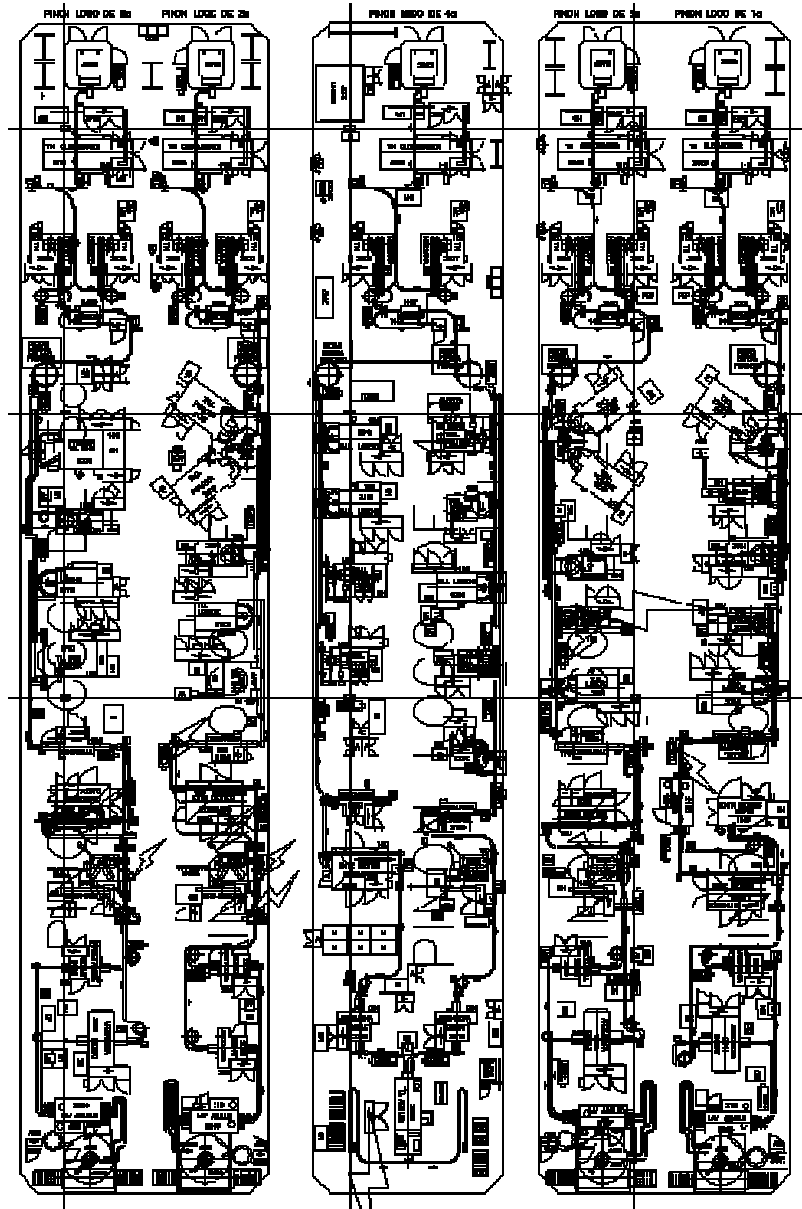


Figura 3.3. Distribución en planta de las líneas de mecanizado en blando de piñones locos.

Esta diversidad de referencias se explica por la necesidad de disponer de diferentes combinaciones de relaciones de cambio para diferentes modelos de cajas de velocidades. Dentro de un mismo tipo de pieza, PL1 por ejemplo, las diferentes referencias se distinguen sólo por el diámetro exterior a la salida de las operaciones de torneado y por las sucesivas operaciones de dentado (diferente número de dientes).



Para facilitar la identificación rápida y segura de la pieza, se realizan unas marcas identificativas en el diámetro exterior de la pieza en la operación de torneado, quedando luego como pequeñas muescas en la cabeza de diente.

El paso de fabricar una referencia a otra se conoce como *cambio de ráfaga* o *cambio de referencia* y es una de las causas de pérdidas de producción, debido a su relativa laboriosidad y a la necesidad de asegurar que no existe mezcla de referencias.

En el caso de las líneas de PL1, PL2, PL3 y PL5 y dado el menor número de referencias es rentable trabajar con una sola referencia al mismo tiempo en cada línea, en lugar de aprovechar la existencia de máquinas dobles, lo cual:

- reduce la carga de trabajo del operario,
- permite descargar todas las piezas juntas dentro de la misma ráfaga de fabricación,
- asegura que no hay mezcla de piezas de distinta referencia en la misma línea,
- sin embargo, aumenta el número de cambios de ráfaga necesarios.

En el caso de la línea de PL4 esto no es rentable. Debido a que esta pieza es la que mayor diversidad de piezas exige, esta línea esta estructurada como una línea doble. Es decir, presenta duplicidad de máquinas (como las otras cuatro líneas) para poder obtener la producción necesaria, pero agrupadas en dos líneas independientes, que llamaremos PL4A y PL4B.

Esta línea, por tanto, siempre está produciendo dos tipos de piñones locos de 4ª diferentes al mismo tiempo, cada uno por un transportador diferente. Esto explica que:



- la línea de PL4 sea independiente,
- ocupe una mayor superficie (la superficie de la línea de PL4 es mayor que la mitad de la superficie ocupada por el grupo de las líneas PL1+PL2 o PL3+PL5),
- no tenga un robot de descarga al final de la línea (se deben descargar manualmente desde cada carril a platos de TTh diferentes. Los robots de las otras líneas descargan piezas de dos carriles a un mismo plato de TTh),
- a pesar de la mayor diversidad de piezas, el número de cambios de referencia en esta línea se mantenga en el mismo nivel que en el resto de líneas (2,12 frente a 2,43 cambios/semana respectivamente).

Por último, los pasillos que separan las distintas líneas suponen otra barrera para la reorganización de las líneas, ya que el operario debe mantenerse en todo momento trabajando dentro del perímetro de la misma.

Pero este obstáculo puede ser fácilmente superado si se considera que estos pasillos longitudinales entre las líneas de piñones no se consideran *pasillos logísticos*, es decir, sólo sirven para el paso de personas, y nunca para el paso de carretillas transportadoras.

Es decir, en caso de que se considerara necesario, se podría extender la zona de trabajo del operario a la zona entre líneas. Lógicamente, debido a la concepción original de las líneas y los pasos de persona existentes, se deberían tener en cuenta los desplazamientos mayores del operario entre sus zonas de trabajo.

El último condicionante que afecta a la reorganización de las líneas de piñones locos es el más importante de ellos, ya que al mismo tiempo que se debía reducir el número de operarios global, se iba a proceder a la industrialización de una nueva pieza en las líneas de PL1 y PL2.



Debido al aumento de la demanda de la caja de cambios JH, se había decidido reducir paulatinamente la fabricación de la caja JB y transvasarla a la producción de aquélla. El problema se presenta al tener en cuenta que ciertas referencias de dichas cajas montan unos piñones locos de 1ª y 2ª que no se fabricaban en la factoría, y que habían sido importados hasta entonces. Al aumentar la producción de la nueva caja de cambios se hacía cada vez más necesario el autoabastecimiento de estas piezas.

Para ello se había proyectado la remodelación completa de las líneas de PL1 y PL2 para poder producir las nuevas piezas, modernizando el parque de máquinas y convirtiendo las líneas en dobles para poder seguir produciendo ambas clases de piezas: PL1 y PL2 JB ('simple cono') y PL1 y PL2 JH ('doble cono') al mismo tiempo.

En resumen, se deseaba reducir la utilización de mano de obra en las líneas de piñones a pesar de la carga añadida al pasar de 2 a 4 piezas diferentes fabricadas en un momento dado en la línea de PL1+PL2.

3.3 Descarga automática del piñón loco de 4ª

Como solución técnica al problema de la automatización de la descarga al final de la línea de PL4, se decidió optar por una isla robotizada basada en las ya existentes para los otros piñones locos, concibiendo un modo de funcionamiento que permitiera la descarga simultánea de dos referencias.

La instalación, o 'isla robotizada' contaba como elemento principal con un robot de la marca sueca ABB, modelo IRB 2400 de 6 ejes, de características similares a los ya existentes, lo cual aseguraba la capacidad del robot y la facilidad de mantenimiento. Se trata además del modelo de

robot más extendido en el ámbito industrial, con unas 14.000 unidades instaladas en el mundo, según su fabricante.

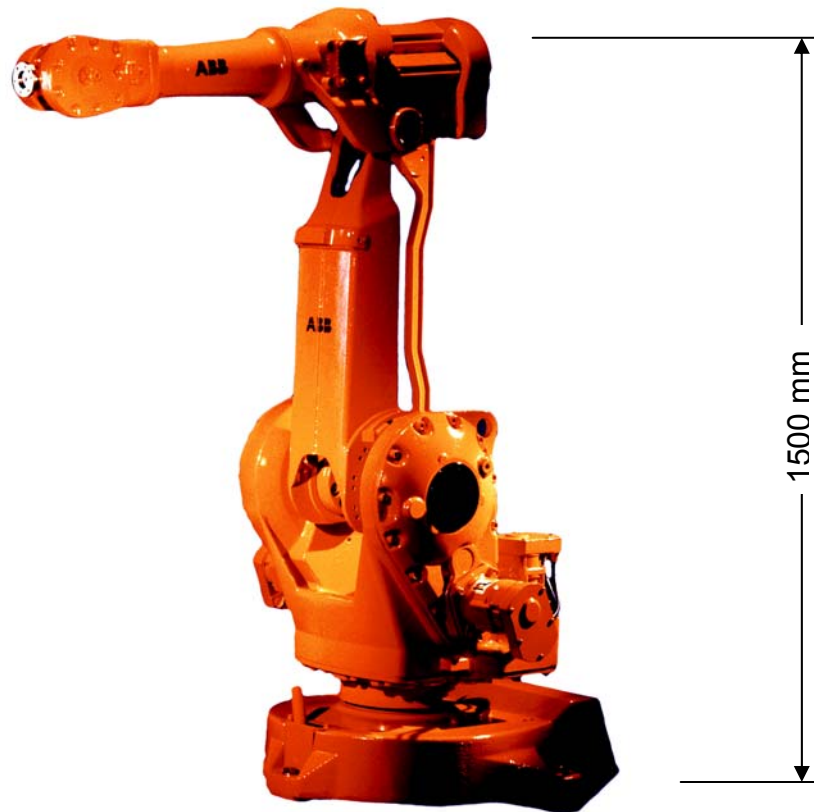


Figura 3.4. Robot ABB modelo IRB 2400.

Los elementos auxiliares debían encargarse del suministro automático del utillaje de TTh sobre el que se descargan las piezas.

Este utillaje consiste en **carros de mesa rodante** sobre los que se transportan los **platos con velillas**, donde van insertados 5 piñones separados entre si con **arandelas**.

Los platos con velillas son cargados tanto a las islas robotizadas como a los hornos a través de transportadores de rodillos situados al mismo nivel que los rodillos del carro. Para ello, los carros entran longitudinalmente en unos enclavamientos que aseguran su fijación y evitan la caída accidental de platos.



Durante el transporte, se fija un arco de seguridad en el extremo abierto del carro para mantenerlos inmóviles. Cada carro tiene una capacidad de 3 platos, cada uno de los cuales tiene 18 velillas (6 filas de 3 velillas cada una). Esto da un total de 270 piñones de capacidad por carro.

Los platos y las velillas modulares montados sobre ellos están fabricados en acero refractario, ya que este utillaje debe resistir los pasos continuos por lo hornos de TTh.

Las arandelas separadoras aseguran la separación entre piñones para que todas las superficies del piñón sean tratadas uniformemente. Cada pareja de piñones tratada sin arandela intermedia debe ser rechazada en la descarga a la salida de los hornos.

Para resolver el problema de la descarga de dos referencias simultáneas, se propuso un sistema basado en una mesa transportadora (similar a las ya existentes en los demás robots de descarga de piñones locos) con dos puestos laterales de carga del robot, de manera que pudiera asegurarse la entrada y salida de platos independientemente de la cadencia de llenado de cada plato, ya que con una mesa transportadora simple el flujo de platos de la entrada a la salida debía ser en el orden de entrada (FIFO).

Estos puestos de carga y descarga aseguran además la fijación de los platos de TTh para facilitar la descarga de piñones por el robot.

De esta manera, el robot sería capaz de descargar de cualquiera de los dos carriles de salida de pieza a cualquiera de los dos puestos de descarga de piñones. Ambos métodos (1 referencia y 2 referencias) se muestran en las figuras 3.5 y 3.6), respectivamente.

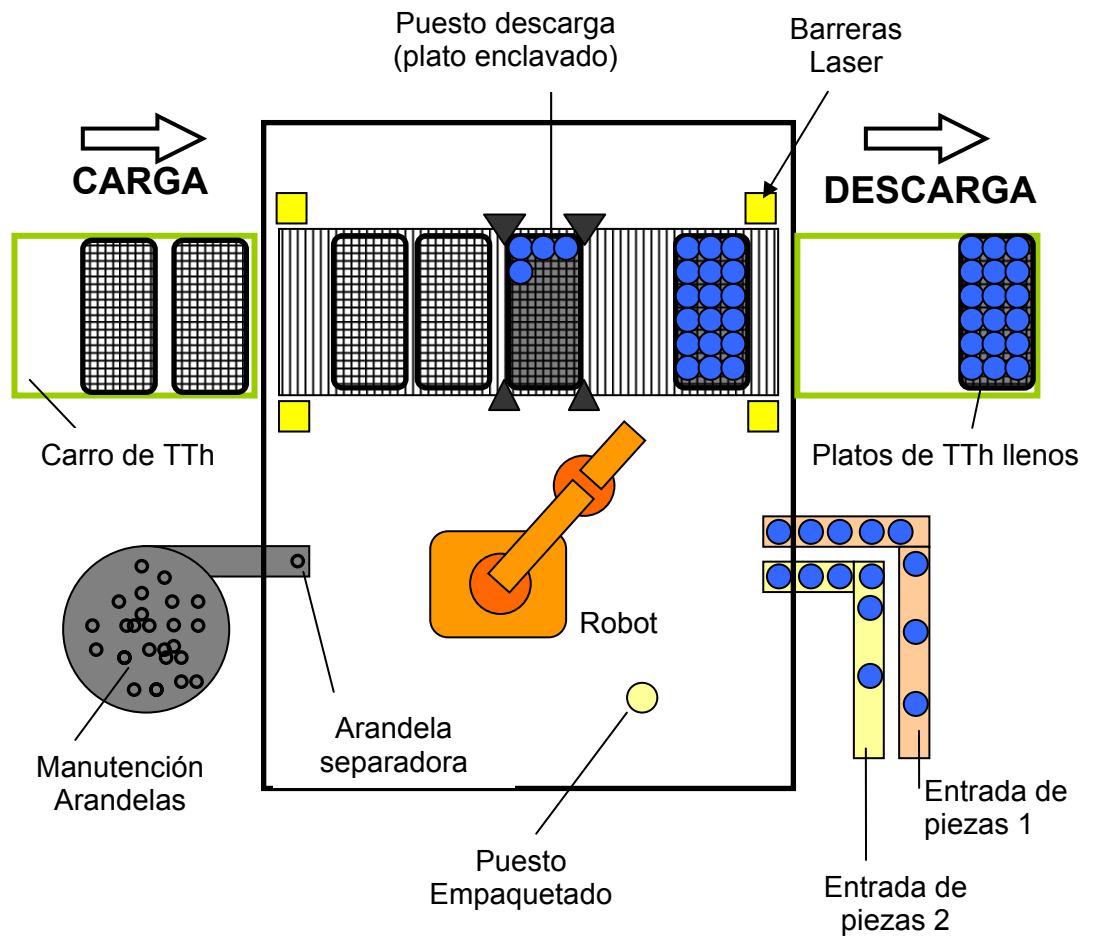


Figura 3.5. Modo de descarga para un solo tipo de pieza (método previo en PL1, PL2, PL3 y PL5).

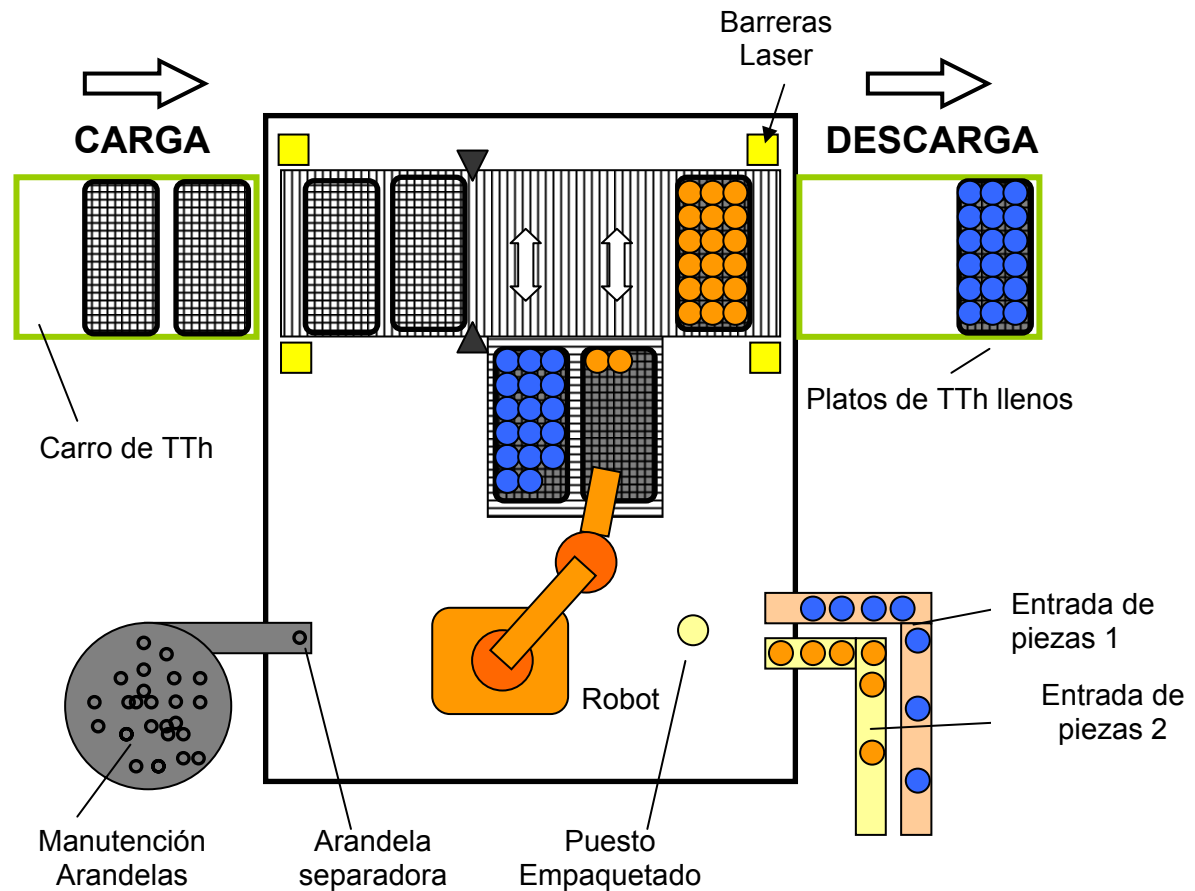


Figura 3.6. Modo de descarga para dos tipos de pieza (método definitivo).

El flujo de suministro de arandelas se asegura mediante un tambor vibratorio, alimentado por el operario con las arandelas transportadas en cada carro en un cajón destinado a tal uso.

Cada carro transporta al menos las arandelas necesarias para una carga completa (216 arandelas), luego el operario debía volcar el contenido del cajón con cada nuevo carro cargado. El tambor vibrador hace subir las arandelas por un carril espiral hasta una rampa donde son dosificadas una a una hasta el puesto de cogida por el robot.



Las piezas llegan hasta la isla robotizada mediante dos transportadores de cadena plástica (para evitar dañar la pieza) donde son igualmente dosificados hasta un puesto de cogida para el robot.

Optimización del método de descarga robotizada

Una vez asegurado el suministro de piezas, arandelas y platos con velillas y asegurado el modo de funcionamiento que permite descargar dos referencias distintas en la misma isla, se planteó la necesidad de optimizar el método de trabajo para el robot.

El robot, tal como se entrega por su fabricante, viene predispuesto para acoplar en su extremo ('eje 6') el sistema necesario para la aplicación, en este caso un manipulador o 'pinza' para realizar la cogida y descarga de piñones y arandelas.

Desde el comienzo del proyecto se consideró indispensable realizar una mejora del método de cogida usado con los demás piñones. Este consistía en una pinza neumática de gran longitud con dedos de bronce en sus extremos que agarraba los piñones por el dentado exterior (de gran variación entre distintos piñones, desde los 10 centímetros de diámetro del PL1 hasta los 7 centímetros del PL4).

Adicionalmente, el sistema de cogida contaba con una segunda pinza para las arandelas, también exterior. La llamada 'muñeca' de robot realizaba un giro de 90° para seleccionar una u otra pinza.

La tercera posición de la muñeca del robot estaba ocupada por un sistema de detección que realizaba la localización de las velillas para la inserción de los piñones. Esto se hacía necesario debido a las grandes tolerancias



de fabricación y la deformación sufrida por las velillas en sus continuos pasos por los hornos.

Finalmente, la isla contaba en su interior con un puesto intermedio de descarga, con la forma teórica de una velilla, en el que el robot realizaba primero el agrupamiento de piñón y arandela para después coger el paquete formado por cinco piñones y cuatro arandelas e insertarlo en la velilla.

El método inicial (método '5+4') de carga de piñones consistía en:

1. Una vez asegurado neumáticamente el plato en su posición de descarga, el robot procedía a la localización de la velilla. Partiendo de la posición teórica de la velilla, almacenada en memoria, realizaba una triangulación con tres trayectorias a 120° para localizar el extremo de la velilla. Para ello, con la horquilla de medición seleccionada, realizaba una trayectoria rectilínea haciendo pasar ambos brazos de la horquilla a cada lado de la posición teórica de la velilla. Entre los brazos se emitía un haz láser, que al ser interrumpido por la velilla, hacía que se enviara una señal al robot para que almacenara la posición donde se encontraba como inicio del contorno de la velilla. Se repetía otras dos veces y se calculaban las coordenadas del extremo.
2. A continuación se repetía la medición a otra altura más baja, para obtener así el valor de la inclinación de la velilla, ya fuera por inclinación en la base o por deformación.
3. La muñeca del robot cambia de herramienta y selecciona la pinza de cogida de pinza. En caso de recibir confirmación de que hay una pieza en el puesto de llegada, el robot la coge y la deposita en el puesto intermedio de descarga.



4. El robot selecciona la herramienta de cogida de arandela. En caso de que reciba la confirmación de que hay arandela en el puesto de cogida, solicita que ésta sea elevada mediante un cilindro neumático para poder cogerla por el exterior. Una vez cogida, la deposita en el puesto intermedio para formar un conjunto piñón abajo – arandela arriba.
5. A continuación, el robot repite los pasos 2 y 3 otras 4 y 3 veces respectivamente, de manera que se tengan en el puesto intermedio 5 piñones apilados con 4 arandelas separadoras.
6. Una vez lleno el puesto intermedio, el robot coge el conjunto 5 piezas + 4 arandelas y lo transporta lentamente hasta la velilla que ha de ser cargada. Los movimientos deben ser lentos ya que los 5 piñones están apilados, pero sólo el piñón inferior está agarrado por la pinza, estando los otros simplemente encerrados por los dedos del robot. Una vez sobre la velilla, el robot gira la pinza hasta que el eje del paquete de piñones se alinea con la dirección calculada a partir de la medición de la velilla.
7. Se repite el proceso hasta que las 18 velillas están ocupadas. En ese momento se libera el plato y se pone en marcha la cadena transportadora que lo hará salir de la isla y que situará un nuevo plato en la posición de carga.

El tiempo de ciclo correspondiente a este método es de 32 centésimas de minuto por pieza (19 segundos por pieza). Mediante un análisis de tiempos, similar al realizado por un técnico de tiempos sobre el trabajo de un operario humano, se realizó el siguiente desglose:



Elemento	T (cmin)	f (piezas)
Medición doble de posición de velilla (2x3x120°)	11,70	5
Desplazamiento mesa – carril piñón	6,30	5
Coger piñón y depositar en puesto intermedio	9,00	1
Desplazamiento puesto intermedio – carril arandela	6,50	1,25
Coger arandela y depositar en puesto intermedio	8,50	1,25
Desplazamiento puesto intermedio – carril piñón	4,20	1,25
Coger grupo 5 piezas + 4 arandelas y colocar en velilla	19,17	5
Tiempos de entrada y salida de platos	20,00	90
		tcth=32,06

A pesar de que con este método se conseguía la cadencia teórica, en el funcionamiento real se había comprobado que era origen de microparadas, pérdida de arandelas y piezas en trayectorias e incluso pérdida de paquetes completos de 5 piezas al no entrar adecuadamente en la velilla.

Antes de reutilizar este concepto en la nueva isla robotizada, se decidió probar un nuevo método de descarga haciendo uso del equipo existente. Para ello, se preparó un programa especial en el robot de descarga de PL3 a modo de prueba. El método de carga '1+1' era el siguiente:

1. Una vez asegurado neumáticamente el plato, el robot procedía a la localización de la velilla mediante el método de triangulación. Esta vez sólo se realizaba una medición, y no a dos alturas como en el método '5+4'.
2. La muñeca del robot cambia de herramienta y selecciona la pinza de cogida de pinza. En caso de recibir confirmación de que hay una pieza en el puesto de llegada, el robot la coge y la deposita directamente en la velilla, dejándola caer desde el extremo superior de la velilla, ya que se demostró que no se ocasionaban daños en la pieza.



3. El robot selecciona la herramienta de cogida de arandela. En caso de que reciba la confirmación de que hay arandela en el puesto de cogida, solicita que ésta sea elevada mediante un cilindro neumático para poder cogerla por el exterior. Una vez cogida, la deposita en la velilla.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que haya 5 piñones y 4 arandelas en la velilla.
5. Se vuelve al punto 1 hasta que las 18 velillas están ocupadas. En ese momento se libera el plato y se pone en marcha la cadena transportadora, que lo hará salir de la isla y que situará un nuevo plato en la posición de carga.

El tiempo de ciclo correspondiente a este método es de 30 centésimas de minuto por pieza (18 segundos por pieza), desglosadas de la siguiente manera:

Elemento	T (cmin)	f (piezas)
Medición de posición de velilla (3x120°)	7,83	5
Desplazamiento mesa – carril piñón	6,00	1
Coger piñón y depositar en velilla	9,17	1
Desplazamiento mesa – carril arandela	6,83	1,25
Coger arandela y depositar en velilla	9,67	1,25
Tiempos de entrada y salida de platos	20,00	90
		tcth=30

Con este nuevo método se había mejorado ligeramente el tiempo de ciclo y se había eliminado el riesgo de caída de paquetes de 5 piezas, pero los fallos por caída de arandela persistían. Al tener poca masa, si la arandela rozaba con la pinza o con la velilla al caer en ésta, normalmente se desviaba hasta no poder entrar en la velilla. El piñón, al tener mayor masa, no tenía este problema.



Ante esto y, como se verá más adelante, ante la necesidad de adaptar la descarga de los robots de PL1 y PL2 al nuevo piñón 'Doble Cono', se decidió el desarrollo de un método completamente nuevo, más seguro, más rápido y más sencillo.

Se partió para ello de un cambio de filosofía de cogida. En vez de utilizar para el nuevo robot una copia de elementos ya existentes en los otros robots de descarga, se optó por desarrollar un nuevo sistema basado además en elementos comerciales.

El nuevo método utilizaría una sola pinza para piñón y arandela, apoyándose para ello en la similitud de diámetros interiores de ambos elementos (32 mm para el piñón, 36 para la arandela, una diferencia que podía ser absorbida con la pinza adecuada). El método propuesto fue el siguiente:

1. Una vez asegurado neumáticamente el plato, el robot procede a la localización de la velilla mediante un nuevo método de únicamente 2 trayectorias ortogonales, de nuevo a una sola altura. Se demostró que el error cometido frente al de tres mediciones era menor que la incertidumbre propia asociada a la fabricación de las velillas.
2. El robot selecciona la pinza. En caso de que reciba la confirmación de que hay arandela en el puesto de cogida, solicita que ésta sea elevada mediante un cilindro neumático para poder cogerla por el interior. La pinza penetra en estado retraído en el diámetro interior de la arandela, donde abre los dedos, agarrando firmemente la arandela. Una vez cogida, se traslada hasta el puesto de cogida de pieza y lo más importante, a velocidad máxima, al tener la arandela asegurada por el interior.



3. Sin necesidad de girar la muñeca del robot y si se recibe confirmación de la presencia de pieza, la pinza avanza hasta situarse sobre la pieza. Al tener un rebaje en la punta, esta pinza puede penetrar ligeramente en el diámetro interior de la pieza. Una vez en esa posición, se retraen los dedos dejando caer la arandela sobre el piñón. Inmediatamente, la pinza se introduce en el diámetro interior y vuelve a expandirse. Al ser el diámetro interior del piñón menor que el de la arandela, el conjunto que cogido por la pieza y la arandela atrapada entre la pinza y la pieza.
4. Se lleva, de nuevo a velocidad máxima, el conjunto hasta la velilla y se suelta sobre el extremo superior de ésta.
5. Se repiten los pasos 2, 3 y 4 hasta el quinto piñón, en cuyo caso no se coge arandela.
6. Se vuelve al punto 1 hasta que las 18 velillas están ocupadas. En ese momento se libera el plato y se pone en marcha la cadena transportadora que lo hará salir de la isla y que situará un nuevo plato en la posición de carga.

El tiempo de ciclo previsto para este método fue de 23,5 centésimas de minuto por pieza (14 segundos por pieza), desglosadas de la siguiente manera:

Elemento	T (cmin)	f (piezas)
Medición de posición de velilla (2x90°)	6,83	5
Desplazamiento mesa – carril arandela	7,00	1,25
Coger arandela y desplazarse hasta carril piñón	6,33	1,25
Coger pieza y descarga en velilla	9,83	1
Desplazamiento mesa - carril piñón	6,67	5
Tiempos de entrada y salida de platos	23,33	90
		tcth=23,5



Para la implementación de este nuevo método se eligió una pinza RÖHM, modelo RIP 113, con los dedos de la pinza diseñados específicamente para el diámetro interior del piñón.

En la figura 3.7 se representan las distintas fases de cogida de arandela y conjunto arandela + piñón utilizadas en este método.

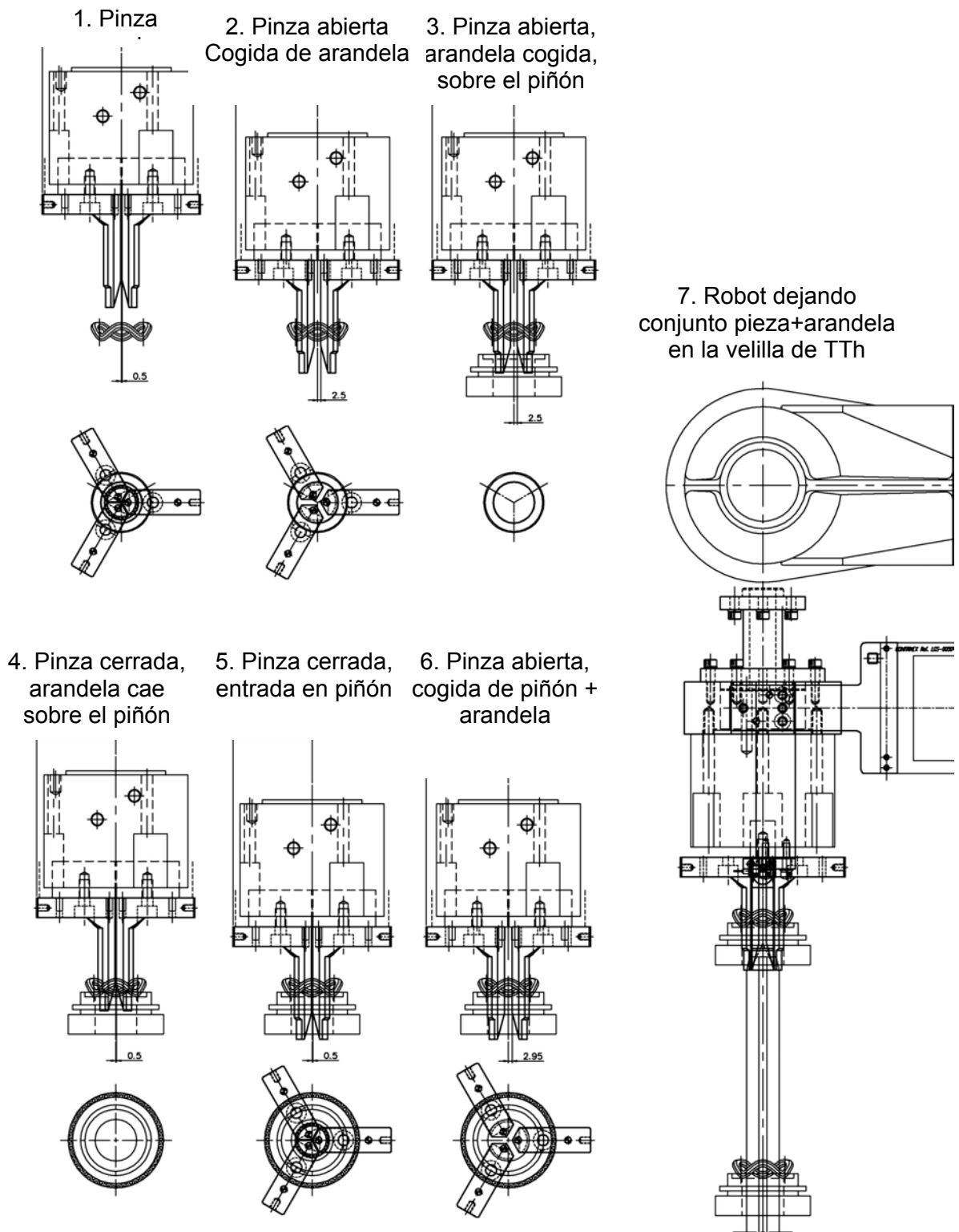


Figura 3.7. Estados de la pinza de cogida.



En las siguientes páginas se presentan las maquetas de operario previas a la redistribución para las líneas de PL4 y PL3+PL5.

Estos documentos se encuentran también en el capítulo 7, *Anexo*.

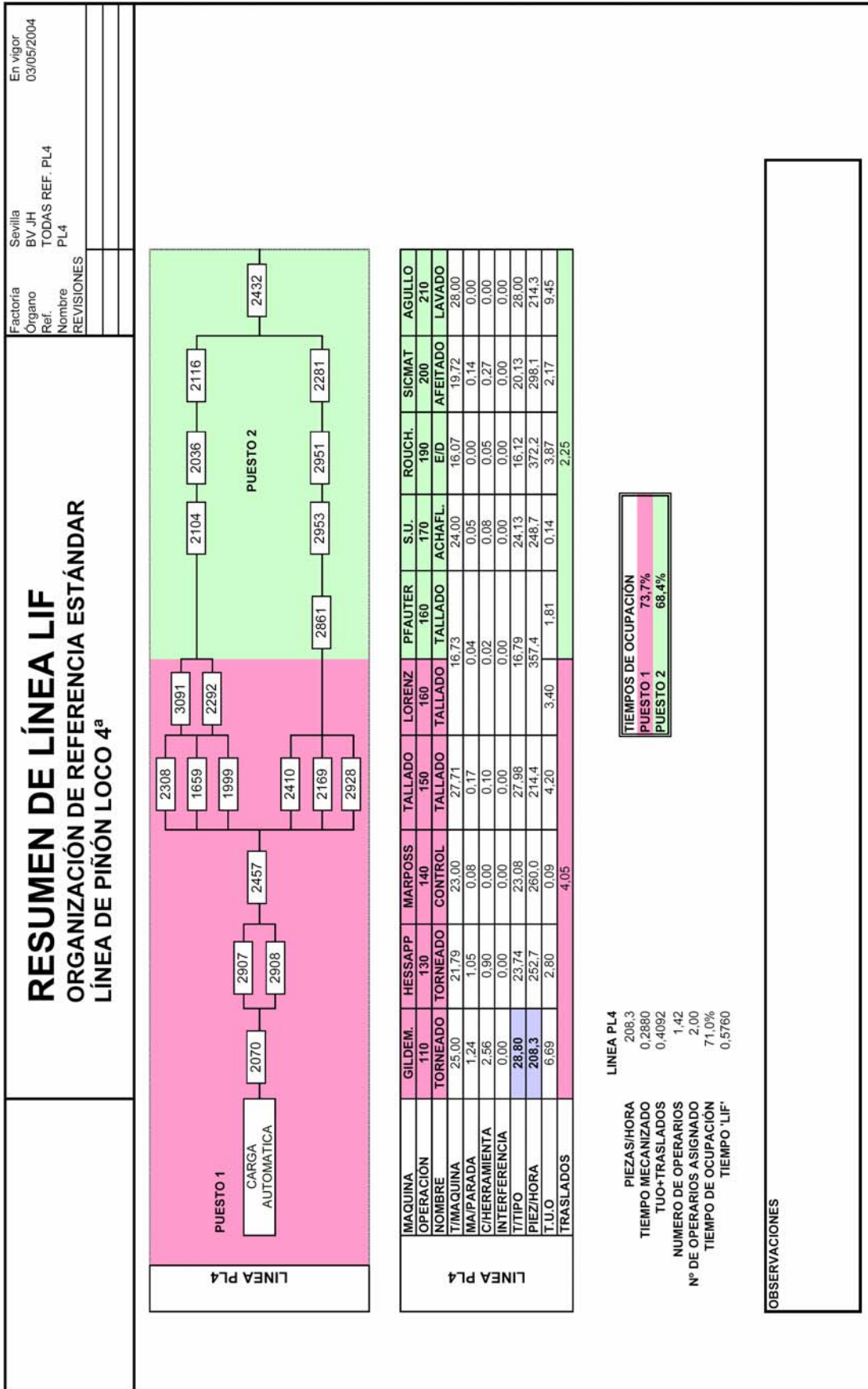
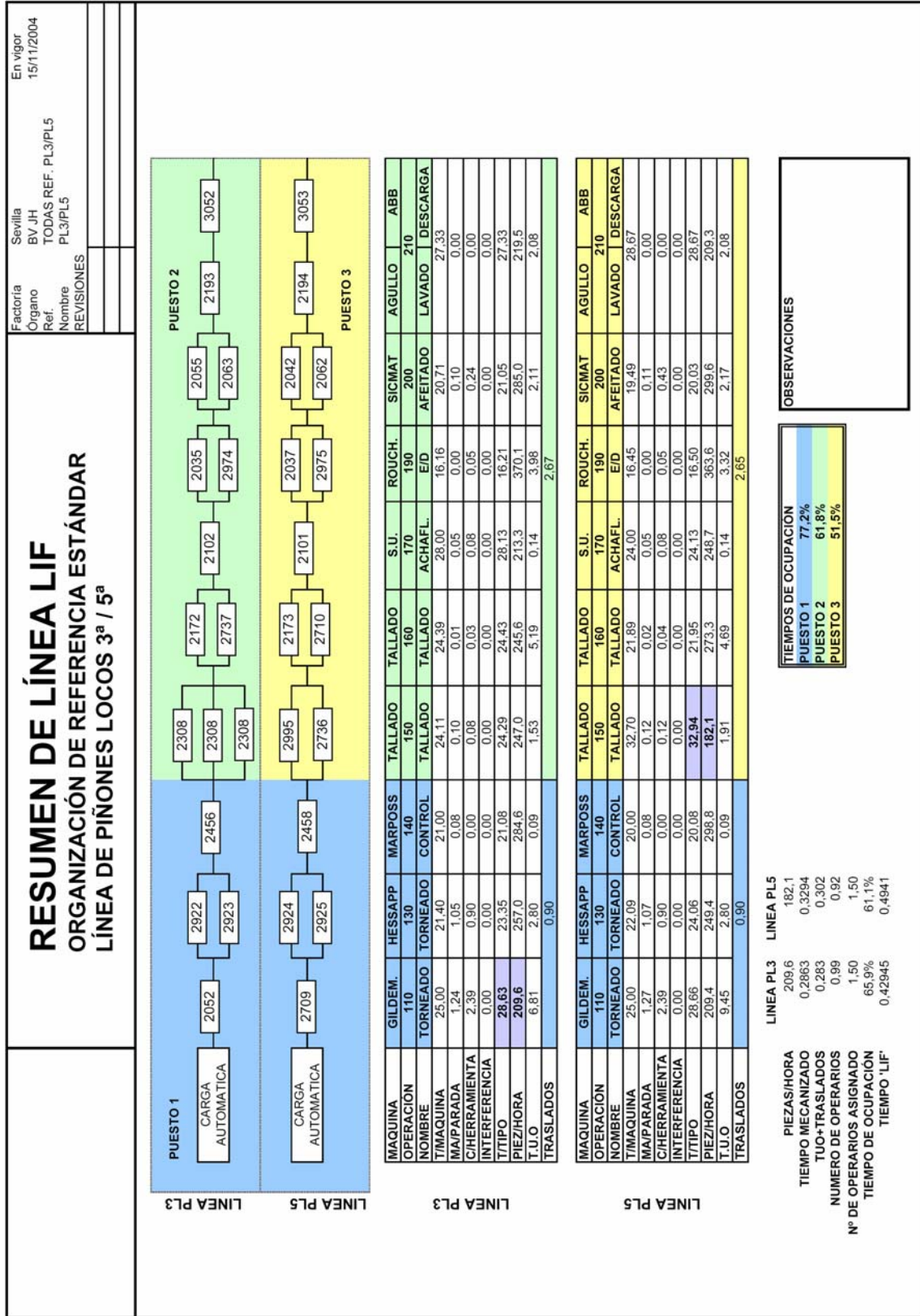


Figura 3.8. Resumen de Línea LIF de la línea PL4 previo a la modificación.



LINEA PL3	209,6	LINEA PL5	182,1
PIEZAS/HORA	0,2863	PIEZAS/HORA	0,3294
TIEMPO MECANIZADO	0,283	TIEMPO MECANIZADO	0,302
TUO+TRASLADOS	0,99	TUO+TRASLADOS	0,92
NUMERO DE OPERARIOS	1,50	NUMERO DE OPERARIOS	1,50
Nº DE OPERARIOS ASIGNADO	65,9%	Nº DE OPERARIOS ASIGNADO	61,1%
TIEMPO DE OCUPACION	0,42945	TIEMPO DE OCUPACION	0,4941
TIEMPO 'LIF'		TIEMPO 'LIF'	

Figura 3.9. Documento Resumen de Línea LIF de las líneas PL3 y PL5 previo a la modificación.

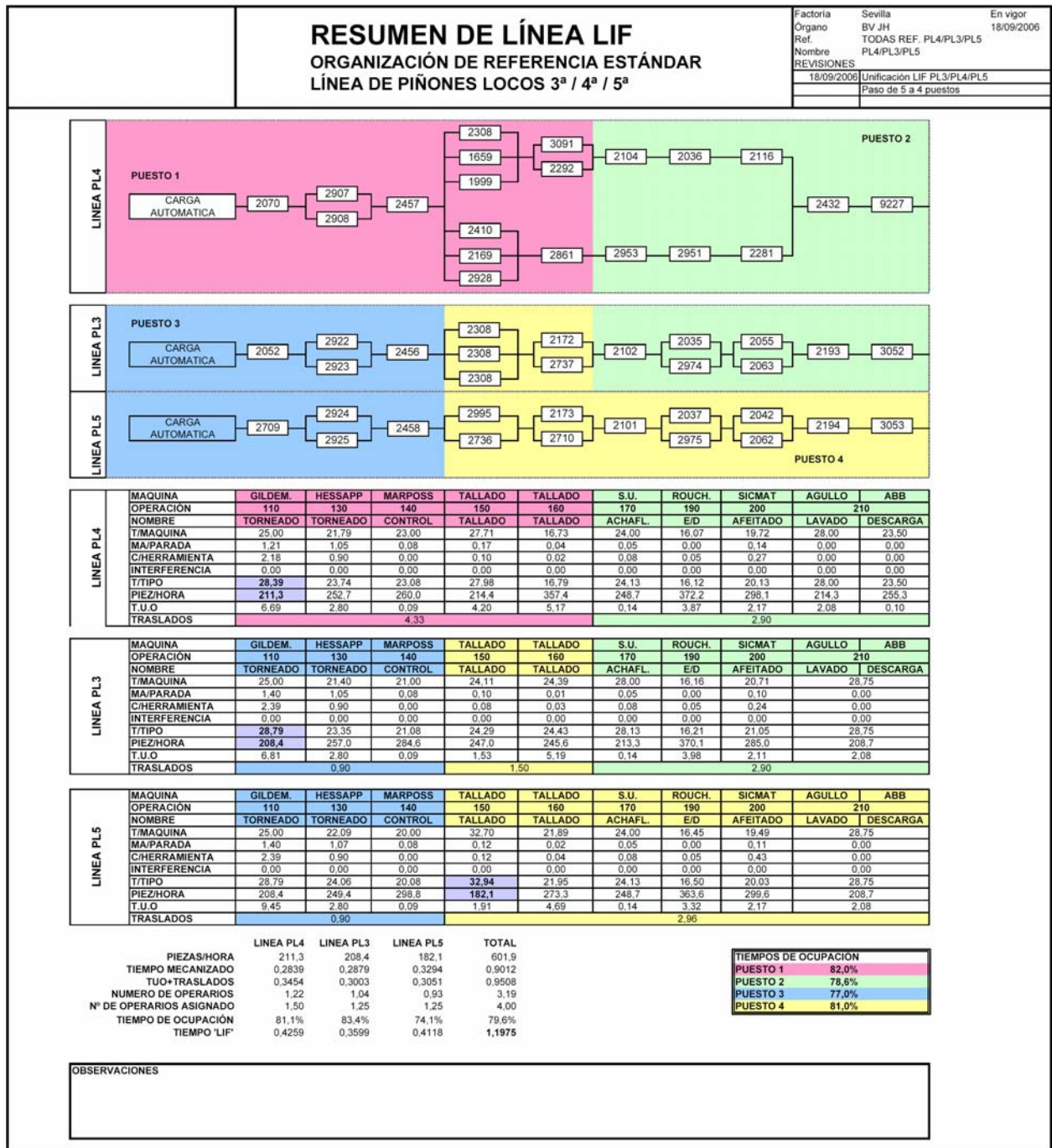


Figura 3.10. Documento Resumen de Línea LIF correspondiente a la configuración final de las líneas PL4, PL3 y PL5.



Justificación económica

Por un lado, se debe tener en cuenta la inversión en nuevos medios (isla robotizada) realizada. Por el otro, la mejora de la productividad, es decir, la reducción en el coste de producción.

La inversión en la isla robotizada se puede desglosar de la siguiente manera:

Concepto	Precio (€)
Robot ABB IRB2400	24.000
Integración robótica	8.000
Automatismos	16.000
Nuevo transportador de piezas	12.000
Transportador de platos (2x)	38.000
Sistema de cogida de piezas	3.150
Acometidas	2.000
Seguridades	3.600
Costes asociados	21.300
TOTAL	128.050

El ahorro conseguido tras el proyecto puede evaluarse como el del coste asociado a 1 operario/turno, es decir el coste de 3 operarios durante un año. A efectos de cálculo, se toma éste como 30.000 €/operario y año.

Para una tasa de rentabilidad del 11% (tasa con la que se evalúa la rentabilidad de los proyectos dentro de RENAULT), el periodo de retorno de la inversión es de 1,28 años.



3.4 Reorganización de las líneas de piñones locos de 1ª y 2ª

Ante la industrialización de un nuevo tipo de piñón loco, tanto para la primera como para la segunda velocidad, se realizó una importante inversión en nuevos medios productivos, mientras se mantenía la misma estructura general para la línea.

El estudio y diseño de los nuevos medios queda fuera del objeto de este proyecto, salvo en el caso de la descarga automatizada en el final de línea, en la que se pasó del método previo (ver apartado anterior) al nuevo método desarrollado para la línea de piñón loco de 4ª.

Sin embargo, se decidió estudiar la maqueta de operario de la línea resultante, como se había realizado sobre las líneas de PL3, PL4 y PL5. Por un lado, la introducción de nuevas piezas a mecanizar aumentaría la carga de trabajo del operario, mientras que la compra de nuevas máquinas herramientas mejoraría la disponibilidad de máquina, el tiempo de ciclo y la ergonomía de operario.

En la página 75 se presentan los cálculos de ocupación de operario en la situación previa, que pueden ser comparados con los de la página siguiente, correspondientes a la propuesta final, con un cambio de 3 a 2 puestos en ambas líneas.

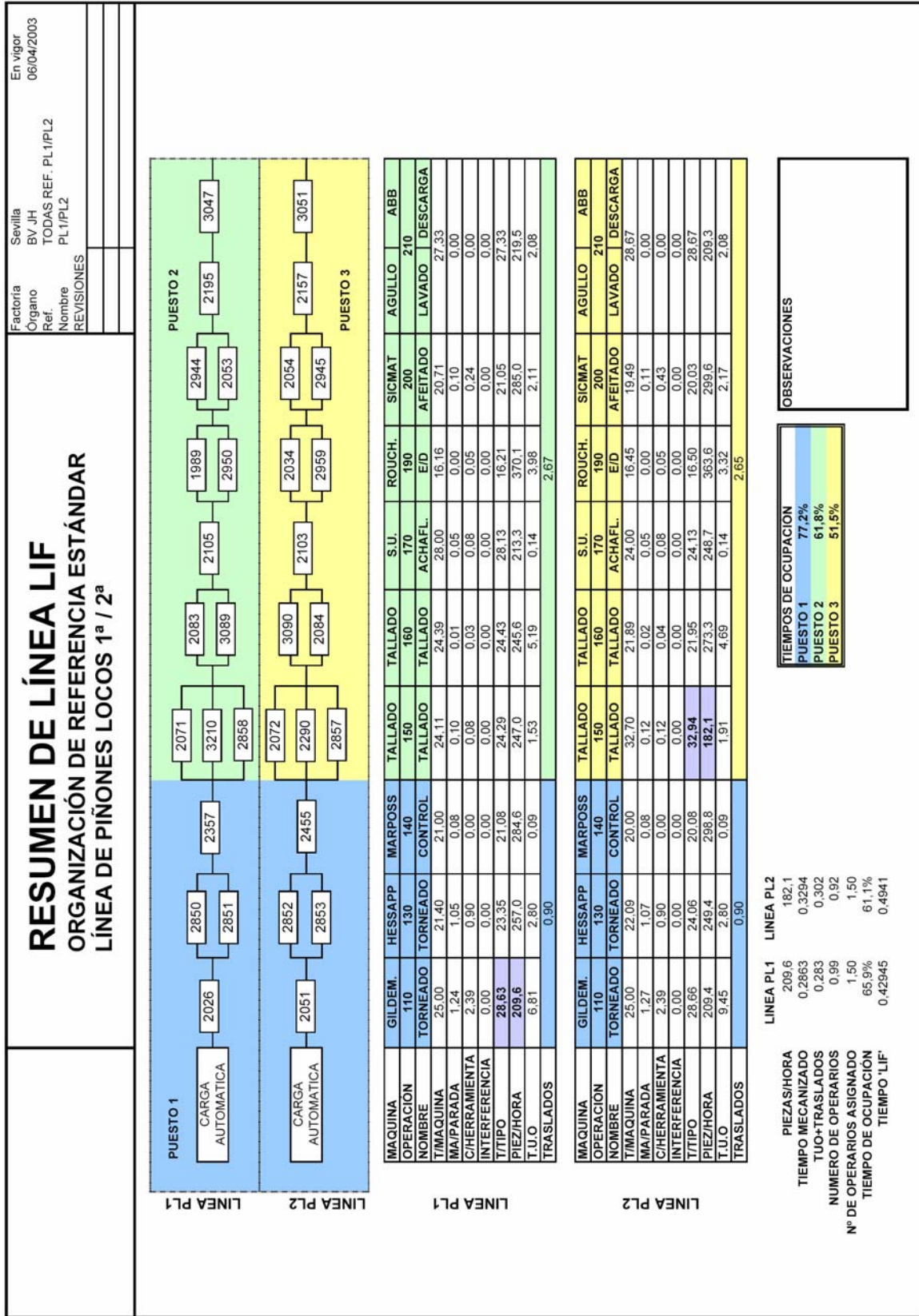


Figura 3.11. Documento Resumen de Línea LIF de las líneas PL1 y PL2 previos a la modificación.

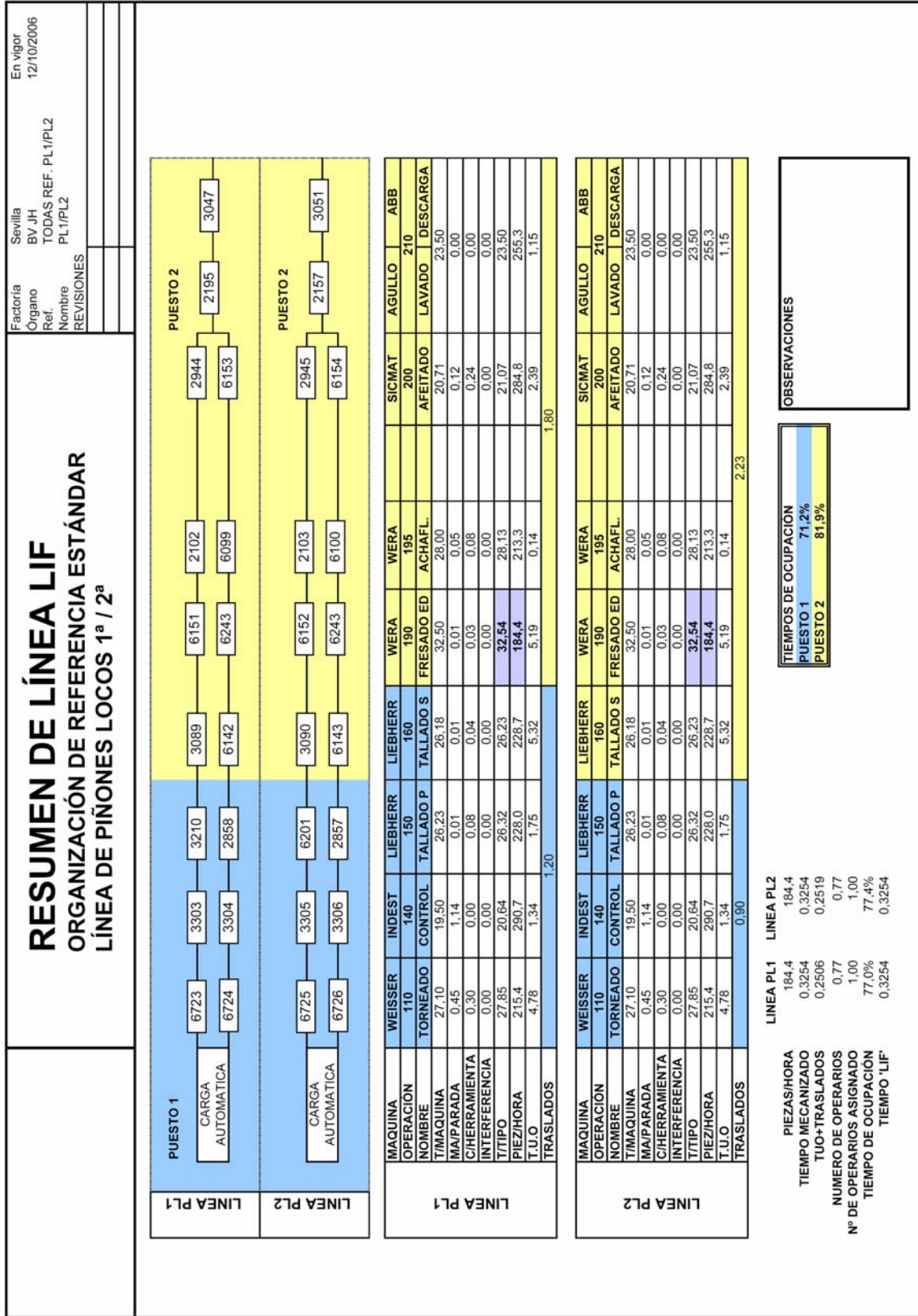


Figura 3.11. Documento Resumen de Línea LIF de las líneas PL1 y PL2 definitivo.