



4 Línea de Árbol Secundario Blando

En esta línea se realizan las operaciones de mecanizado sobre la pieza en bruto para la fabricación del árbol secundario. Esta es la pieza sobre la que se monta el conjunto de piñones y desplazables y encargada de transmitir el movimiento de giro al diferencial del vehículo.

Junto al árbol primario, se trata de una de las piezas más compleja en cuanto a número de operaciones en las que se divide su fabricación como por el número de características a controlar.

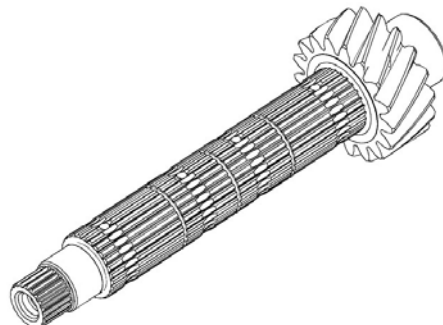


Figura 4.1. Árbol Secundario en su estado a la salida de la línea de mecanizado en blando. Escala aproximada 1:4



La línea de Árbol Secundario Blando tiene la particularidad de ser una línea doble, en la que se producen simultáneamente dos referencias de pieza distintas. Ambas referencias se mantienen separadas hasta el final de línea, donde la última operación, el lavado previo a la descarga, se realiza en una sola máquina, mezclándose por tanto las piezas en un único carril de salida. Ambas líneas reciben la denominación de Línea '1' y Línea '2' y son prácticamente idénticas y simétricas.

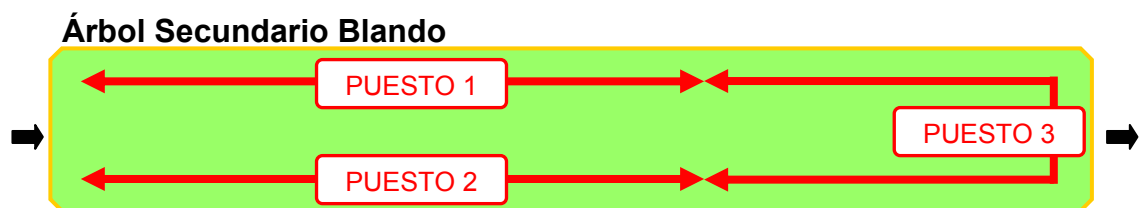


Figura 4.2. Distribución de la Línea de Árbol Secundario

Desde el punto de vista de la organización, la línea cuenta con tres puestos de operario. Los puestos 1 y 2 son atendidos por dos operarios, y son fundamentalmente idénticos. El puesto 3 comprende operaciones de ambas líneas y la descarga manual de la lavadora de piezas final, común para ambas líneas.

La distribución descrita queda documentada en el Resumen de Línea LIF correspondiente, que se puede encontrar en la página siguiente.

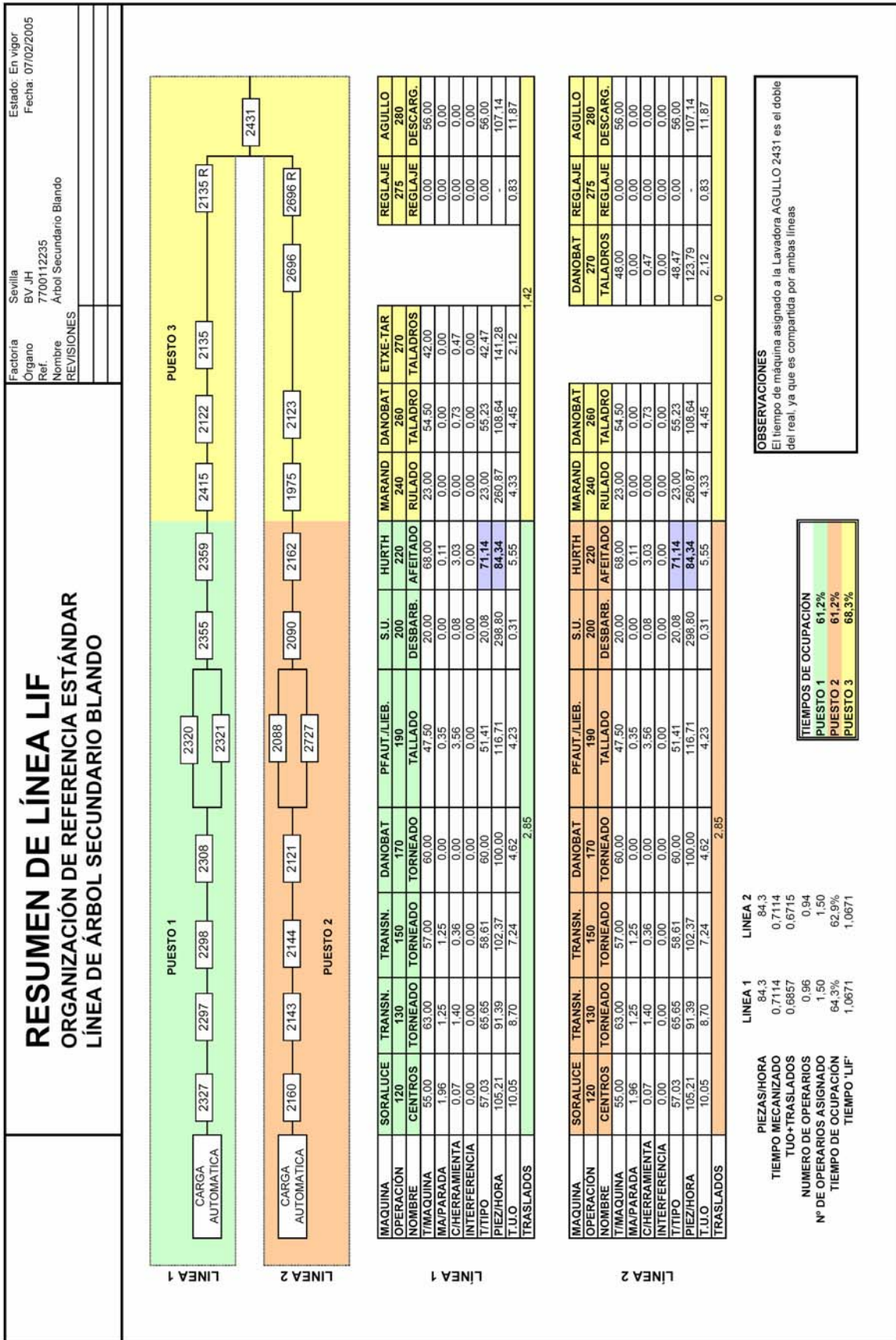


Figura 4.3. Documento Resumen de Línea LIF de la línea de árbol secundario.



De este documento se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Los operarios de los puestos 1 y 2 tienen bajo su responsabilidad 8 máquinas cada uno. Todos los tiempos de utilización obrera (T.U.O.) son similares y del orden esperable para máquinas de mecanizado de este tipo, al tratarse de máquinas completamente automatizadas y con vidas de herramienta altas. En el caso de la desbarbadora (OP200), por ejemplo, con una vida de herramienta de hasta 5000 piezas, el T.U.O. asociado es de sólo 0,31 cmin/pieza.
2. Por la configuración de las líneas, la zona de trabajo en los puestos 1 y 2 es fundamentalmente por el exterior de la línea, ya que el transportador de piezas está ubicado entre las líneas 1 y 2.
3. El operario del puesto 3 se ocupa de los finales de línea, con un total de 6 máquinas, 2 reglajes y una descarga manual bajo su responsabilidad. Los T.U.O. correspondientes a las máquinas y los reglajes son bajos, mientras que el correspondiente a la descarga manual es alto. Evidentemente, y a pesar de que la lavadora cuenta con un pequeño pulmón de piezas para permitir la acumulación de piezas y aumentar así la autonomía de este operario, la ocupación por la descarga de ambas líneas es comparativamente alta (11,87 cmin/pieza para descarga frente a ocupaciones de 2 a 4 cmin/pieza para las máquinas del puesto 3).

La descarga manual se realiza a carros de tratamientos térmicos (similares a los empleados en piñones locos) en los cuales se transportan tres platos de acero refractario con 36 taladros (en 4 filas de 9 taladros cada uno) para insertar en ellos el árbol secundario descargado. Además, el operario debe comprobar la referencia de cada árbol debido a la ya mencionada mezcla de piezas a la entrada de la operación de lavado.



La identificación se realiza visualmente mediante las marcas identificativas en el árbol (ver figura 4.4), con la carga añadida que esto supone por esfuerzo visual.

4. Las ocupaciones totales de los tres operarios son relativamente bajas:

TIEMPOS DE OCUPACIÓN	
PUESTO 1	61,2%
PUESTO 2	61,2%
PUESTO 3	68,3%

Tabla 4.1. Tiempos de ocupación previos en la línea ASB

Para una ocupación total de 96% y 94% para cada línea.

A la vista de estos resultados, la opción de rebajar un MOD por turno parecía claro, puesto que una pequeña reducción de la carga del tercer operario permitiría redistribuir sus tareas sobre los otros dos, manteniendo las ocupaciones de estos por debajo del 85%.

Efectivamente, si se elimina la descarga manual de la lavadora de salida, la reducción de la carga de operario, conllevaría los siguientes porcentajes de ocupación:

TIEMPOS DE OCUPACIÓN	
PUESTO 1	61,2%
PUESTO 2	61,2%
PUESTO 3	37,8%

Tabla 4.2. Tiempos de ocupación en la línea ASB sin descarga manual



Estos porcentajes de ocupación se obtienen de sustituir el T.U.O. de la lavadora por un valor habitual de este tipo de máquinas cuando se encuentran en una posición intermedia de la línea, es decir, no son las máquinas de final de línea. En esos casos, el tiempo de operario necesario para su funcionamiento es muy bajo.

Referencia	Par	Marcas Identificativas
7700112232	15x58	
7700112233	16x57	
7700112234	17x56	
7700112235	15x61	
7700112236	14x63	
7700112237	15x56	
7700112238	16x55	
7700112239	14x59	
8200329045	14x61	

Figura 4.4. Identificación visual de las referencias de Árbol Secundario.



Como se observa, la descarga manual suponía más del 30% de la carga de trabajo del operario 3. Si se elimina ésta y se redistribuyen el resto de tareas del puesto 3 entre los otros dos puestos, la carga de los dos operarios restantes podría acotarse inferiormente:

TIEMPOS DE OCUPACIÓN	
PUESTO 1	80,1%
PUESTO 2	80,1%

Tabla 4.3. Tiempos de ocupación con redistribución de tareas

Esta es una aproximación previa, ya que sería necesario recalcular los tiempos de desplazamiento con una distribución de dos operarios, de ahí que se considere una acotación inferior de los tiempos reales. En caso de duda, se solicitaría al técnico de métodos de trabajo un estudio de los nuevos tiempos de desplazamiento o incluso la realización de un cronometraje simulado.

Tomada la decisión de automatizar la descarga se plantean los siguientes requerimientos para la instalación:

1. A la salida de la lavadora, identificará la referencia de la pieza a descargar de entre las dos que se encuentran en fabricación en ese momento.
2. Cogerá la pieza y la colocará en un puesto libre en un plato de tratamientos térmicos, que será suministrado y colocado de nuevo en un carro de tratamientos térmicos una vez que esté lleno. Para ello debe localizar la posición del taladro, dada la pequeña tolerancia entre el agujero y el árbol.
3. Deberá ocupar la zona disponible al final de línea de Árbol Secundario, sin modificar la posición de la lavadora pero pudiendo disponer de todo



el espacio disponible restante (pulmón de salida, zona de almacenamiento de carros, etc.).

Para ello, se decidió implementar una descarga robotizada, ya que se contaba con el espacio necesario para ello. A diferencia de la isla robotizada de PL1+PL2 o de PL4 se optó por una implantación que permitiera una mayor acumulación de platos de TTh, debido a la menor capacidad de éstos, para mantener el nivel de autonomía de operario alto.

De esta manera, la instalación tendría a cada lado, una zona de carga/descarga de platos para una u otra referencia. Los platos de TTh se deslizarían por rodillos, sobre una mesa con capacidad para 3 platos vacíos, 1 plato llenándose y 3 platos llenos, a los que habría que sumar la capacidad de los carros enclavados a la salida. Se instalarían por tanto dos de estas mesas en forma de U. Ver figura 4.5.

Para el sistema robótico, se optó de nuevo por un robot ABB IRB 2400. En este caso la manipulación se realizaría por una pinza neumática de diseño propio con dedos de teflón para proteger adecuadamente la pieza.

Para los requerimientos de identificación de pieza y localización del punto de descarga en el plato de TTh se eligió una solución común: integrar un sistema de visión artificial que realizara ambas tareas.

En un sistema de visión artificial, 3 factores son fundamentales: La iluminación, la cámara de visión y el *software* de reconocimiento. Para poder sustituir y mejorar al operario humano, estos 3 elementos debían ser seleccionados cuidadosamente.

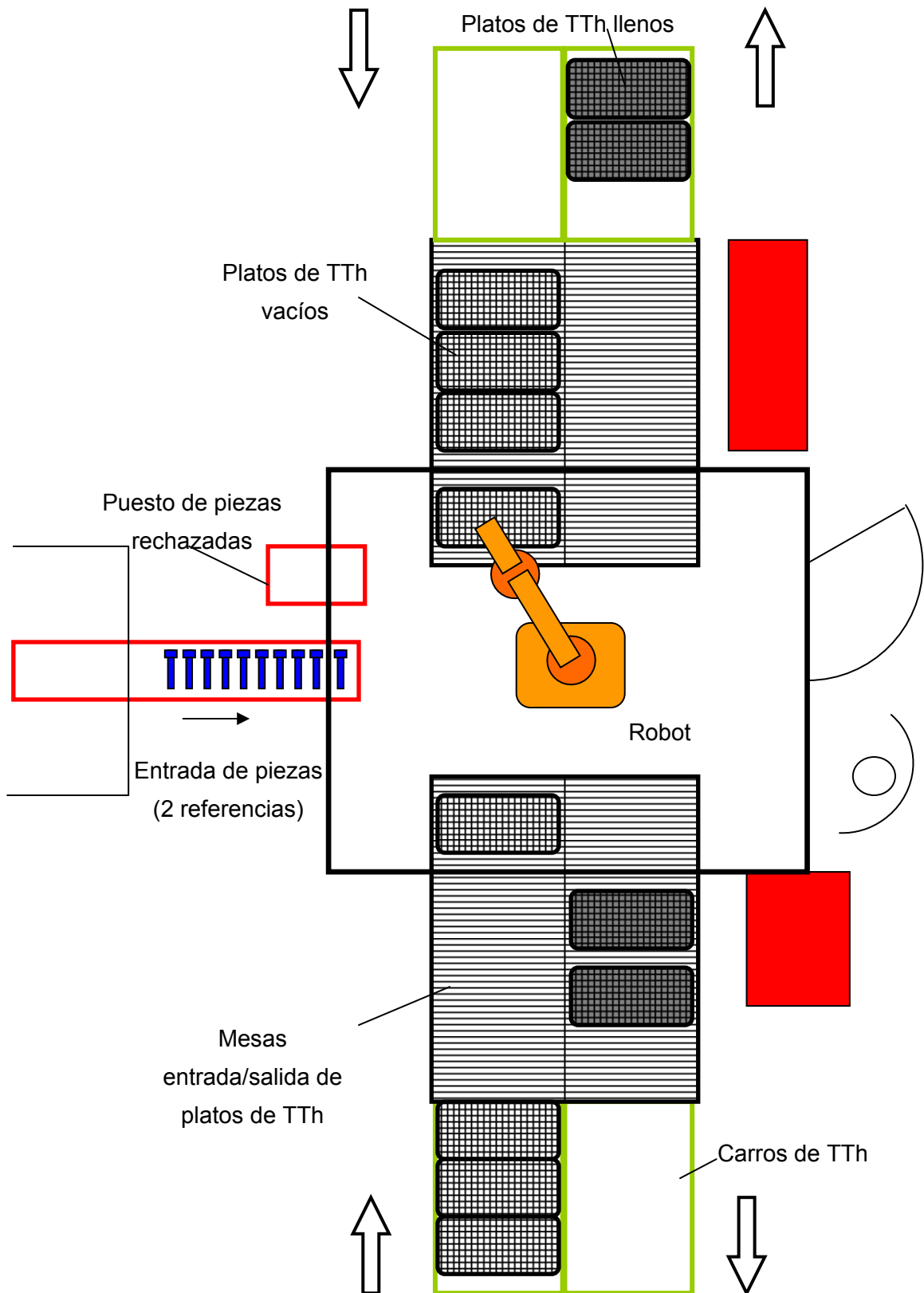


Figura 4.5. Esquema de funcionamiento de la isla robotizada



El sistema de visión irá montado sobre la muñeca del robot, luego la robustez y tamaño de sistema son los otros factores a tener en cuenta.

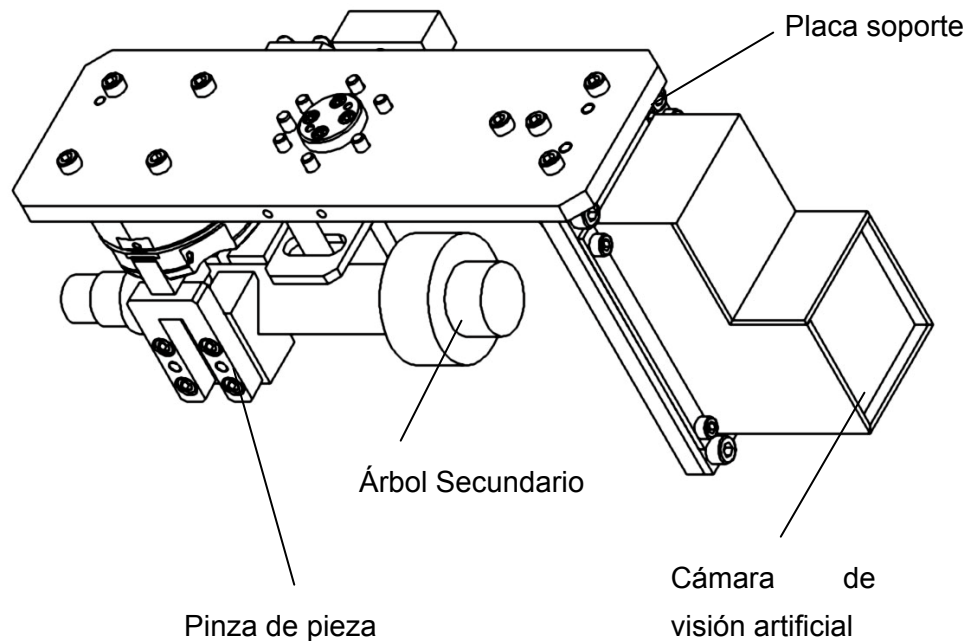


Figura 4.6. Diseño final del sistema de cogida de pieza

El modo de funcionamiento será el siguiente:

1. Un plato en cada una de las mesas de carga/descarga estará anclado en su posición.
2. El robot se dirigirá hacia la pieza disponible en la salida de la lavadora. Girando la muñeca, dejará la cámara enfocando a la pieza, realizando la identificación de la referencia mediante las marcas correspondientes (ver figura 4.4). Si la referencia de la pieza no corresponde con ninguna de las dos que se están descargando el robot detendrá la descarga y realizará una llamada al operario mediante la baliza luminosa, de manera que éste confirme que se ha realizado un cambio de referencia de fabricación. En ese caso, el operario indicará a cual de las



referencias anteriores sustituye, y la isla expulsará el plato a medio llenar de la referencia anterior. Si no se ha efectuado un cambio de referencia, el operario indicará si se trata de un error de identificación o de una pieza equivocada y la pieza será expulsada por una trampilla habilitada en el vallado perimetral.

3. Una vez decidido a qué mesa se debe llevar la pieza, el robot realizará mediante la cámara de visión artificial el cálculo de las coordenadas del agujero donde insertar la pieza. Se deja la pieza y en el camino de salida se comprueba que la pieza está correctamente colocada.
4. Si la pieza era la número 36 del plato, se expulsa éste y se introduce uno nuevo.
5. El robot vuelve a repetir los pasos 1 a 4.

El tiempo de ciclo previsto con este método es de 25 centésimas de minuto (15 segundos), desglosados como sigue:

Elemento	T (cmin)	f (piezas)
Identificación de pieza	4,83	1
Coger pieza y desplazar hasta mesa correspondiente	5,50	1
Calcular posición de agujero	6,33	1
Dejar pieza y desplazamiento hasta carril de pieza	7,67	1
Tiempos de entrada y salida de platos	0,65	36
tcth=25		

A modo de comparación, se ofrece en la página siguiente, la hoja de distribución de operarios para la situación final (2 puestos + robot), la cual es posible comparar con la de la figura 4.3 (3 puestos).

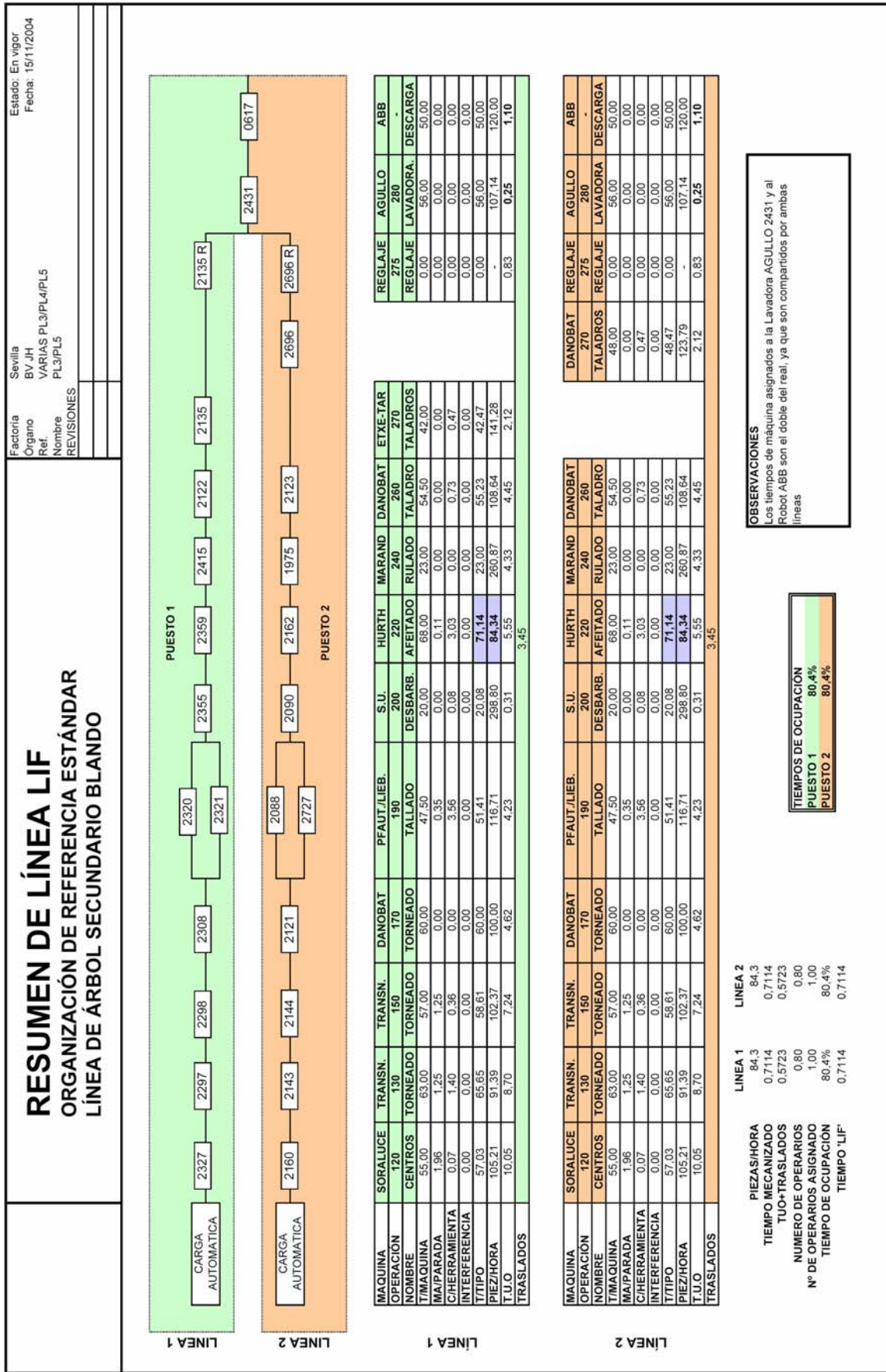


Figura 4.7. Documento Resumen de Línea LIF de la línea de árbol secundario tras la modificación.



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
Cámara de visión artificial	4.500
Integración robótica	8.000
Automatismos	17.700
Nuevo transportador de piezas	6.200
Transportador de platos (2x)	34.000
Sistema de cogida de piezas	2.400
Acometidas	2.000
Seguridades	3.600
Costes asociados	21.300
TOTAL	123.700

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%, el periodo de retorno de la inversión es de 1,23 años.