



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE MECANIZADO
EN EL SECTOR DE AUTOMOCIÓN**

Autor:

Burgos Domínguez, Mario

Tutor:

**Santos Martin, Francisco Javier
Área de Ingeniería de los Procesos de
Fabricación**

Valladolid, junio de 2019.

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente trabajo desarrolla el proceso de optimización de una línea de mecanizado de una fábrica destinada al mecanizado de piezas de automoción, que produce en su mayoría discos de freno, debido a la necesidad de implantar una operación de pintura en el proceso productivo de dos líneas de mecanizado ya existentes. Se busca reorganizar los puestos de trabajo para incluir las tareas de pintura sin contratar nuevo personal.

Para ello, en una línea ajena a las que se quiere modificar, se busca optimizarla para liberar trabajo a sus operadores y que éstos realicen las tareas de pintura. Se realizan tomas de tiempos y estudios de saturación con el objetivo de conocer el estado inicial de la línea para posteriormente y en consecuencia de los resultados, aportar las mejoras convenientes. Una vez optimizada la línea se distribuyen las tareas entre los trabajadores en busca de la mejor organización. Se crean las fichas de trabajo finales y se da formación a los trabajadores.

Palabras clave: Optimización, Línea de mecanizado, Toma de tiempos, Estudio de saturación, Ficha de tareas.

The present project develops the process of optimizing a machining line of a factory that manufactures automotive parts, which produces mostly brake discs, due to the need of implementing a paint operation in the productive process of two already existing lines. The main goal is to reorganize job posts to add the painting assignments without hiring new staff.

In order to achieve this, another machining line, separate from the two lines we want to modify, is being optimized to reduce the workload of its operators so they can execute the new painting tasks. Timing and saturation studies take place so the initial state of the line is known, and based on these results, the appropriate improvement proposals are made. Made that optimization, the assignments are distributed among the workers to find the best organization. The final work cards are created and the workers are given proper training.

Keywords: Optimization, Machining line, Timing studies, Saturation studies, Work cards.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	2
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	8
3.	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO.....	11
3.1	INTRODUCCIÓN.....	12
3.2	PLANO DE LA FÁBRICA.....	13
3.3	FASES DEL PROCESO DE MECANIZADO	14
4.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	17
5.	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	21
6.	INICIO DEL PROYECTO	27
6.1	<i>INFORMACIÓN DE PARTIDA: ESTUDIO DEL PROCESO ACTUAL</i>	28
6.1.1	<i>DOCUMENTACIÓN FICHAS DE TRABAJO</i>	28
6.1.1.1	TAREAS OPERADOR.....	28
6.1.1.2	TAREAS AYUDANTE	30
6.1.1.3	SISTEMÁTICA DE CONTROL DE DEFECTOS Y EMBALAJE DE DISCOS (OP80).....	31
6.1.1.4	INSTRUCCIÓN DE EMBALAJE	33
6.1.1.5	HOJA DE HERRAMIENTAS.....	34
6.1.1.6	CONTROL DE TOLERANCIAS	36
6.1.2	<i>MEDICIÓN: CRONOMETRAJE</i>	37
6.1.2.1	TOMA DE TIEMPOS.....	37
6.1.2.2	ANÁLISIS DE SATURACIÓN.....	38
6.1.2.3	ANÁLISIS: RESULTADOS PRIMERA MEDICIÓN.....	41
6.1.2.4	EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA REALIZAR LA SATURACIÓN DE UN OPERADOR.	44
6.2	ANÁLISIS Y COMPARATIVA CON OTRAS LÍNEAS.....	50
6.3	PUNTOS A MEJORAR Y PROPUESTA DE MEJORAS	52
6.3.1	<i>PROPUESTAS POR OPERACIONES</i>	52
6.3.2	<i>DISTRIBUCIÓN DE TAREAS</i>	54
6.3.3	<i>RESULTADOS TRAS LA TOMA DE ACCIONES POR OPERACIONES</i>	55
6.3.4	<i>CONCLUSIONES Y COMPARATIVA PARA VALORAR RESULTADOS</i>	69
6.3.5	<i>DEFINICIÓN DE TAREAS OPERADOR + AYUDANTE DE LA LINEA 21</i>	71
6.4	<i>REDISTRIBUCIÓN DE TAREAS ENTRE VARIOS OPERADORES</i>	75
6.4.1	<i>DEFINICIÓN DE PUESTOS A MODIFICAR</i>	75
6.4.1.1	<i>TAREAS OPERADOR ZONA COMÚN</i>	76

6.4.1.2 TAREAS OPERADOR LÍNEA 17.....	78
6.4.1.3 TAREAS OPERADOR LÍNEA 16.....	80
6.4.2 SIMULACIÓN CON DIFERENTES REPARTOS DE TAREAS.....	82
6.4.2.1 SEGUNDA PROPPUESTA	82
5.4.2.2 TERCERA PROPPUESTA	86
6.5 CREACIÓN DE FICHAS DE TRABAJO CON LA PROPUESTA FINAL	90
6.5.1 TAREAS OPERADOR LINEA 21.....	90
6.5.2 TAREAS AYUDANTE LINEA 21	91
6.5.3 TAREAS OPERADOR LÍNEA 16.....	92
6.5.4 TAREAS OPERADOR LÍNEA 17.....	93
6.5.5 TAREAS OPERADOR ZONA COMÚN.....	94
6.6 VERIFICACIÓN DE LAS MODIFICACIONES PROPUESTAS	95
6.6.1 OPERADOR LINEA 16	96
6.6.2 OPERADOR LINEA 21	97
6.6.3 OPERADOR LINEA 17	98
6.6.4 OPERADOR ZONA COMÚN	99
6.6.5 AYUDANTE LINEA 21.....	100
7. CONCLUSIONES Y RESULTADOS	102
8. ESTUDIO ECONÓMICO	105
8.1 RECURSOS UTILIZADOS	106
8.2 COSTES DEL PROYECTO	106
8.2.1 COSTES DIRECTOS.....	106
8.2.1.2 COSTE DE PERSONAL	106
8.2.1.3 COSTE DE MATERIAL AMORTIZABLE	108
8.2.1.4 COSTE DE MATERIAL NO AMORTIZABLE	110
8.2.1.5 COSTES INDIRECTOS.....	111
8.3 COSTE TOTAL DEL PROYECTO.....	111
9. BIBLIOGRAFÍA	112
10. ANEXOS.....	114
10.1 ANEXO 1: DATOS CRONOMETRAJE	115
10.2 ANEXO 2: RECOGIDA DE DATOS PARA ESTUDIO DEL CP-CPK	119

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PLATOS DE EMBRAGUE.....	12
FIGURA 2: VOLANTES DE INERCIA	12
FIGURA 3: MOYEUS	12
FIGURA 4: BRIDAS	12
FIGURA 5: FRENOS MACIZOS	12
FIGURA 6: FRENOS VENTILADOS	12
FIGURA 7: ESQUEMA DEL OBJETIVO	19
FIGURA 8: ESQUEMA PROCESO DE OPTIMIZACIÓN	22
FIGURA 9: ESQUEMA TIEMPO NORMAL	23
FIGURA 10: ESQUEMA ACTIVIDAD	23
FIGURA 11: TABLA RESUMEN ACTIVIDAD	23
FIGURA 12: ESQUEMA SUPLEMENTOS.....	24
FIGURA 13: ESQUEMA TIPOS DE SUPLEMENTOS	24
FIGURA 14: GRÁFICO TIEMPO ESTÁNDAR.....	26
FIGURA 15: ESQUEMA DE TRABAJO	26
FIGURA 16: PIEZAS SOBRE TAPIZ PARA REVISIÓN ZONA SUPERIOR	31
FIGURA 17: PIEZAS VOLTEADAS PARA REVISIÓN DE PISTA B	31
FIGURA 18: DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS EN EL CONTENEDOR	32
FIGURA 19: INSPECCIÓN DE LA TERCERA PIEZA DEL MANIPULADOR	32
FIGURA 20: INSPECCIÓN DE LA SEGUNDA PIEZA DEL MANIPULADOR.....	32
FIGURA 21: INSPECCIÓN DE LA PRIMERA PIEZA DEL MANIPULADOR.....	32
FIGURA 22: HOJA DE HERRAMIENTAS OP30.....	34
FIGURA 23: HOJA DE HERRAMIENTAS OP10 (IZQUIERDA) Y OP20 (DERECHA).....	35
FIGURA 24: FORMATO DE REGISTRO DE COTAS MANUALES	36
FIGURA 25: FORMATO TABLA DE TIEMPOS	37
FIGURA 26: FORMATO DE ESTUDIO DE SATURACIÓN.....	40
FIGURA 27: TIEMPO DE CARGA DE BRUTO	46
FIGURA 28: TIEMPOS DE CONTROL EN BANCO.....	47
FIGURA 29: TIEMPOS DE MANIPULACIÓN DE TECLADO	49
FIGURA 30: TABLA TIEMPOS ENTRE LÍNEAS.....	50
FIGURA 31: GRÁFICO COMPARACIÓN DE LÍNEAS	51
FIGURA 32: PLAN DE ACCIONES	54
FIGURA 33: DISPOSICIÓN DE BRUTO EN EL PALET	55
FIGURA 34: PIEZAS CON EL PLANO 1/C HACIA ARRIBA	56
FIGURA 35: PIEZAS CON EL PLANO 1/C HACIA ABAJO	56
FIGURA 36: MANIPULADOR CON DOS DISCOS.....	56
FIGURA 37: POSICIÓN DEL MANIPULADOR SOBRE EL BRUTO	56
FIGURA 38: PIEZAS DE BRUTO PREPARADAS SOBRE EL TEFLÓN	56
FIGURA 39: DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS EN EL TAPIZ.....	58
FIGURA 40: PIEZAS EN POSICIÓN DE VOLTEO	58
FIGURA 41: PANTALLA INICIO INGERSUN	58
FIGURA 42: PIEZAS EN POSICIÓN DE CONTORNOS	58
FIGURA 43: PANTALLA MANUAL INGERSUN	58

FIGURA 44: POSICIÓN DE LOS CONTENEDORES DE EMBALAJE	59
FIGURA 45: REGISTRO DE MEDIDAS MANUALES	60
FIGURA 46: CONTROL DE PROCESO	62
FIGURA 47: CAPACIDAD DE PROCESO	62
FIGURA 48: EJEMPLO DE VALORES DE CP	62
FIGURA 49: EJEMPLO DE VALORES CPK	62
FIGURA 50: GRÁFICO DE CAPACIDAD.....	64
FIGURA 51: REGISTRO DE MEDIDAS MANUALES	65
FIGURA 52: TIEMPOS ESTADO INICIAL (IZQUIERDA) VS ESTADO FINAL (DERECHA)	69
FIGURA 53: GRÁFICO ESTADO INICIAL VS ESTADO FINAL	70
FIGURA 54: SATURACIÓN OPERADOR L21	71
FIGURA 55: SATURACIÓN AYUDANTE L21	72
FIGURA 56: SATURACIÓN AYUDANTE L21	73
FIGURA 57: POSICIÓN BRUTO L16.....	76
FIGURA 58: POSICIÓN BRUTO L17.....	76
FIGURA 59: POSICIÓN BRUTO L19.....	76
FIGURA 60: SATURACIÓN OPERADOR COMÚN.....	77
FIGURA 61: SATURACIÓN OPERADOR L17	79
FIGURA 62: SATURACIÓN OPERADOR L16	81
FIGURA 63: SATURACIÓN OPERADOR COMÚN.....	82
FIGURA 64: SATURACIÓN AYUDANTE L21	83
FIGURA 65: SATURACIÓN OPERADOR ZONA COMÚN.....	86
FIGURA 66: SATURACIÓN OPERADOR LÍNEA 17.....	87
FIGURA 67: SATURACIÓN OPERADOR LÍNEA 16.....	88
FIGURA 68: POSICIÓN BRUTO L17.....	94
FIGURA 69: POSICIÓN BRUTO L19.....	94
FIGURA 70: SATURACIÓN DE VALIDACIÓN OPERADOR L16.....	96
FIGURA 71: SATURACIÓN DE VALIDACIÓN OPERADOR L21	97
FIGURA 72: SATURACIÓN DE VALIDACIÓN OPERADOR L17.....	98
FIGURA 73: SATURACIÓN DE VALIDACIÓN OPERADOR COMÚN	99
FIGURA 74: SATURACIÓN DE VALIDACIÓN AYUDANTE L21	100
FIGURA 75: DATOS DE CRONOMETRAJE (PARTE 1)	115
FIGURA 76: DATOS DE CRONOMETRAJE (PARTE 2)	116
FIGURA 77: DATOS DE CRONOMETRAJE (PARTE 3)	117
FIGURA 78: DATOS DE CRONOMETRAJE (PARTE 4)	118
FIGURA 79: DATOS ESTUDIO DE CAPACIDAD	119

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo viene promovido por la realización de mis prácticas en empresa en “Frenos y Conjuntos”, durante su realización vi la oportunidad de desarrollar más en profundidad el tema de la optimización de una línea de mecanizado, abordando de forma más exhaustiva temas de ingeniería como son los procesos de fabricación dentro de la industria o la organización de los puestos de trabajo de una fábrica destinada a la automoción que fabrica en su mayoría discos de freno.

La necesidad que se quiere desarrollar en particular es la incorporación de una operación de pintura en el proceso productivo de dos líneas ya existentes en la fábrica, con la finalidad principal de no contratar nuevo personal para la realización de las nuevas tareas añadidas.

Los objetivos que se esperan de este proyecto son:

- Estudio y conocimiento de los procesos productivos que se realizan en las líneas de mecanizado para la fabricación de piezas en el sector de automoción, en concreto, de discos de freno.
- Documentarse sobre las tareas que realizan los operadores durante su jornada, cómo las realizan y qué necesitan para llevarlas a cabo.
- Aplicar un sistema de toma de tiempos, anotando todas las tareas que realiza el operador tan desglosado como se requiera para que represente fielmente lo que se está midiendo.
- Realización de estudios de saturación, calcular e introducir parámetros para transformar los datos del cronometraje en un resultado de medición de la tasa de ocupación del trabajador del cual vamos a basar nuestras decisiones de mejora.
- Interpretación de resultados, actuando en consecuencia y aportando propuestas de mejoras.
- Estandarización de la ficha de tareas de los trabajadores y de los métodos para llevarlas a cabo.
- Obtención de resultados, cuantificar la mejora en caso de conseguirla y satisfacer la necesidad planteada.

3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO

3.1 INTRODUCCIÓN.

La compañía fue fundada el 15 de abril de 1997 con el nombre de “Brailing Conjuntos S” y desde junio del 2004 pertenece al grupo “Lingotes Especiales” en su totalidad.

Lingotes Especiales se creó en 1968 como fundición de hierro y cotiza en bolsa desde 1989. Su principal actividad es el diseño y producción de piezas de hierro dedicadas a las ramas de automoción, electrodomésticos y obra civil.

Debido a la creciente demanda del producto acabado y con el fin de aminorar costes se creó la filial “Brailing Conjuntos SA” que pasó a denominarse “Frenos y Conjuntos” en julio de 2002 hasta la actualidad donde se puede encontrar la fábrica en AVDA DE BURGOS, 53 Valladolid, España

La fábrica de Frenos y Conjuntos cuenta con una nave de fabricación con 11 líneas de mecanizado, una nave con las líneas de pintura (se están reformando, ya que muchas líneas de mecanizado ya cuentan con operación de pintura integrada), dos oficinas y un almacén.

La empresa actualmente mecaniza discos de freno macizos, frenos ventilados, tambores, Moyeu, platos de embrague, bridas y volantes de inercia y suministra los productos por territorio nacional, europeo y puntualmente en América de sur.



Figura 1: Platos de embrague



Figura 2: Volantes de inercia



Figura 3: Moyeus



Figura 4: Bridas



Figura 5: Frenos macizos



Figura 6: Frenos ventilados

3.2 PLANO DE LA FÁBRICA



3.3 FASES DEL PROCESO DE MECANIZADO

Todas las líneas de mecanizado tienen en común en su proceso productivo, al menos las siguientes operaciones:

1. **Carga de bruto:** La carga de bruto es el primer paso del proceso productivo en la línea, se introducen las piezas a mecanizar en la maquinaria. El operador ha de cargar la pieza en bruto de manera automática.
2. **Torneado (OP10, OP20, OP30):** Se utiliza para la fabricación de piezas de revolución, permite pequeñas tolerancias y acabados superficiales buenos. El torneado consiste en arrancar viruta por medio de un filo o herramienta de corte mientras la pieza que se va a mecanizar gira, accionada por el torno. Se divide en tres fases:
 - 2.1 Primer desbaste (OP10): La finalidad es el arranque de la mayor parte de material de una de las caras de la pieza.
 - 2.2 Segundo desbaste (OP20): La pieza se voltea, y se elimina el material del otro lado del disco.
 - 2.3 Acabado (OP30): Se realiza una última pasada de acabado, que da la calidad superficial buscada.
3. **Taladrado (OP 40):** El disco sale del torno y pasa a la siguiente operación desplazándose por una cinta transportadora, que son de rodillos o de cadenas. En esta operación se realizan los taladros, avellanados y los biseles del disco.
4. **Equilibrado (OP50):** Su función es garantizar que la masa del disco está homogéneamente repartida y que no se producirán vibraciones durante la marcha del vehículo.
5. **Marcadora (OP60):** Consiste en marcar todos los discos, el cliente es el que exige el texto y la situación del marcaje en la pieza mecanizada, se debe garantizar que el texto sea siempre legible.
6. **Embalaje (OP80):** Recae en el operador la responsabilidad de detectar cualquier defecto observable en la pieza con el fin de descartar aquellas que puedan suponer un problema de eficiencia en sus funciones y puedan ocasionar un riesgo para la seguridad del futuro conductor y el de sus acompañantes.

Posibles defectos:

 - Ausencia de equilibrado
 - Marcaje: Ilegible, ausencia de éste o incompleto.
 - Defectos visuales de fundición
 - Defectos visuales de mecanizado

Se separan pues, los discos buenos de los defectuosos y dentro de este último según el tipo de defecto.

7. **Revestimiento (OP110):** Operación de pintura, existen dos tipos de pintura, una gris, y una negra a elección del cliente de una u otra, la distinción es meramente estética.

No todas las piezas cuentan con esta operación.

8. **Almacenamiento y carga:** Existen dos naves contiguas para el almacenamiento de los discos. Una de ellas es destinada para el almacenamiento de discos de bruto y la segunda destinada para almacenamiento y expedición de discos acabados.

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

El estudio viene promovido por la necesidad de querer implantar en la línea 16 y 17 de la fábrica, una operación de pintura de la pieza, de tal forma, se necesita organizar las tareas establecidas de los operarios hasta el momento, para que puedan realizarla sin necesidad de contratar nuevo personal.

Para ello, el planteamiento es reorganizar y optimizar las tareas de los operadores en otras líneas con el fin de que, en búsqueda del mejor método, se libere trabajo a algún/os trabajador/es, y aprovecharlo para la realización de las actividades de pintura que se quieren implantar, todo ello con la mayor producción posible en todas las líneas.

En vista del estado actual de la fábrica, hay un operador principal por línea de mecanizado, que cuenta con la colaboración de un ayudante, que reparte sus tareas entre dos líneas diferentes, de tal forma, cada línea de mecanizado cuenta con una persona “y media” a su cargo.

No obstante, la línea 21, trabaja actualmente con un operador y un ayudante solo para dicha línea, luego vamos a actuar en ella para que quede como el resto de líneas de la fábrica y así cumplir nuestro objetivo.

Consideraciones generales de todas las líneas:

Una línea de mecanizado puede fabricar diferentes tipos de piezas, luego dependiendo la demanda, unas semanas fabricará de una referencia y otras semanas de otra distinta. Esto significa que hay que tener en cuenta:

- Realización de un cambio de tipo en la maquinaria (cada pieza tiene distintas características, diferentes tolerancias, formas... luego se necesita cambiar los programas de los robots, soportes y calibración de sistema de medidas...) todo esto, cuando marque la programación de fabricación de las distintas referencias de piezas.
- Las tareas de los trabajadores siguen siendo las mismas (cambio de cuchillas, carga de bruto, control visual y embalaje de discos...) pero la forma de realizarlas es distinta (según la pieza, las herramientas tienen una cadencia determinada, la carga de bruto se hace con manipulador o sin él o el embalaje de discos se hace con una posición relativa de éstas en los contenedores determinada.
- Mientras se realiza el cambio de tipo, la maquina está parada, luego no hay producción, es por ello por lo que la optimización de este proceso es importante.

Consideraciones a tener en cuenta en la línea 21:

- Aunque tenga dos trabajadores (operador + ayudante), es una línea de alta producción, fabricando una cantidad de piezas superior al resto de líneas, luego la premisa de que el cambio que se haga no involucre un descenso significativo en la producción de dicha línea es importante.

La línea 21 cuenta con varias referencias, pero en el 2019, el 90% de la producción va a ser exclusivamente de dos tipos de piezas (F1050 y F1051), luego el cambio de tipo de una pieza a otra va a influir directamente en la producción (cuanto mejor se haga y más rápido, la línea empezará a fabricar antes) es por ello, que se plantea realizar un taller de SMED cuyo objetivo es eliminar las 7 mudas o actividades sin valor añadido que puede tener todo proceso productivo (sobreproducción, inventario, espera, sobreproceso, transporte, movimiento y defectos) para así conseguir la mejora de este aspecto (no contemplado en esta memoria).

- Las operaciones de ambas referencias que se van a fabricar se realizan, en gran parte, de la misma forma (carga de bruto ambas con el mismo manipulador, disposición de embalaje en contenedor igual, frecuencia y forma de limpiar las máscaras en la pintura de la misma manera...) luego optimizando estas operaciones, trae consigo que la línea trabaje a su máxima productividad todo el tiempo.

Para realizar estas mejoras y ver donde podemos optimizar y donde no, compararemos las tareas que se realizan en la Línea 21 con otra línea parecida ya estudiada, que será la línea 12, ambas tienen integrada pintura en el proceso de fabricación. Nos servirá solo como referencia en tiempos, ya que las piezas no son iguales en una línea que en otra (las piezas se embalan de diferente forma y la limpieza de los elementos de pintura es distinta), por lo que no podremos igualar tiempos, pero si basarnos en ellos

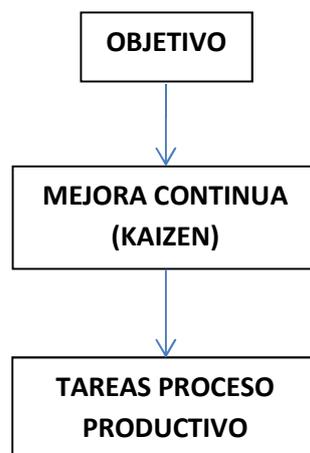


Figura 7: Esquema del objetivo

5. METODOLOGÍA UTILIZADA

Dentro del estudio del trabajo, el análisis de métodos y tiempos es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo en el que se lleva a cabo una operación definida, actividad o proceso desarrollado, por un trabajador, máquina u otro según una norma o método de ejecución establecido.

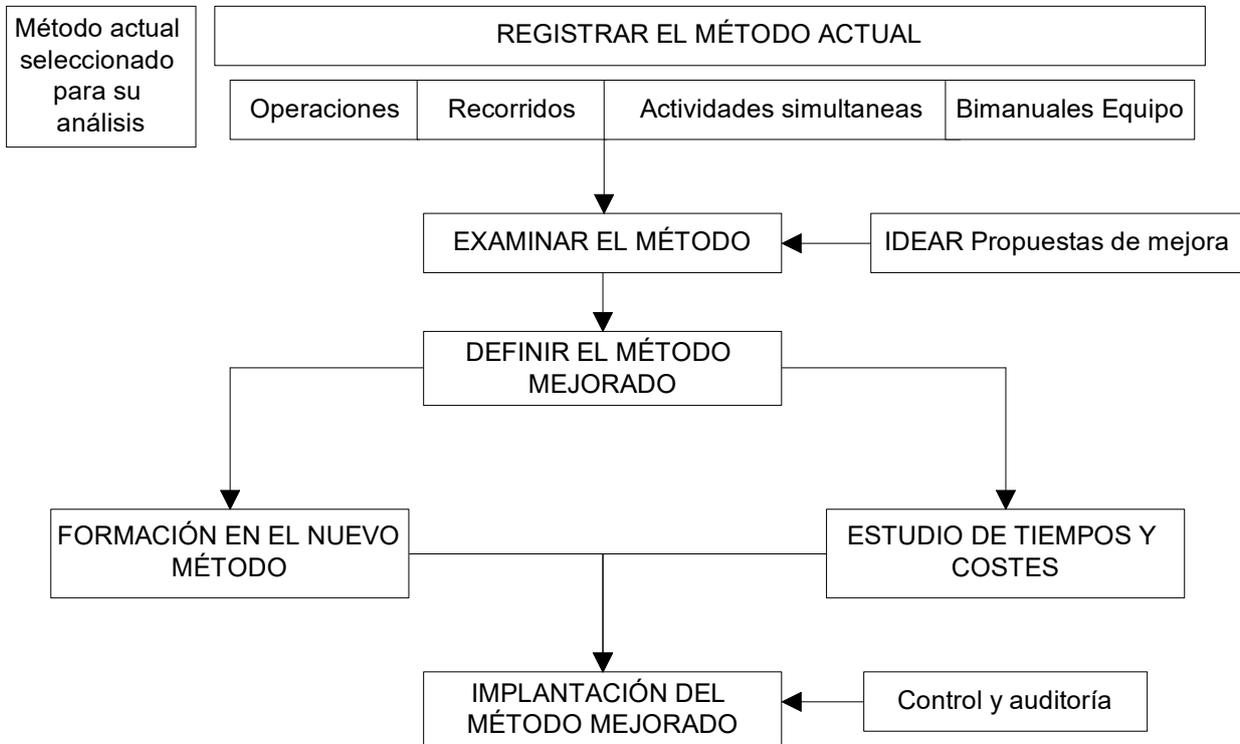


Figura 8: Esquema proceso de optimización

1. Primera fase: Análisis de las operaciones

- Registrar el método actual de ejecución de las operaciones (Fichas de trabajo)
- Definir los parámetros que influyen en el tiempo de ejecución de una operación: Distintos anchos, diferencias entre modelos (materiales)...

2. Segunda fase: Cronometraje

- Tomas de tiempos a trabajadores expertos a distintas horas durante la jornada laboral.
- Análisis de los tiempos tomados: Medias y dispersiones. INCIDENCIAS.
- Análisis de suplementos del trabajo a aplicar en cada operación

Dentro de la segunda fase, determinaremos unas consideraciones importantes referentes a la toma de tiempos:

• **TIEMPO OBSERVADO (T_{OBS}) Y TIEMPO NORMAL (T_N)**

Tiempo normal: Aquel que un operario medio necesita, trabajando en una actividad normal, para efectuar la operación considerada.

$$T_N = T_{OBS} \cdot A \quad (1)$$

El tiempo es inversamente proporcional a la actividad. A más actividad, menos tiempo y viceversa. Un tiempo dado no tendrá valor si no es función de un método determinado.



Figura 9: Esquema tiempo normal

• **ACTIVIDAD**

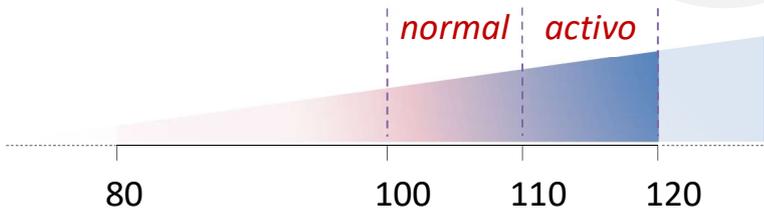
En un lugar de trabajo los operarios realizan movimientos similares con actividad o ritmo diferente.

Se entiende por actividad a:

La velocidad momentánea de realización de un efecto útil, esta velocidad resulta de la rapidez y de la precisión de los movimientos y de la habilidad en trabajar según un método operativo determinado



Figura 10: Esquema actividad



ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
80 – Ritmo lento	Movimientos inexactos e inseguros. El operario muestra baja intensidad en la ejecución de la tarea y poco interés por el trabajo.
100 – Ritmo normal	Operario capacitado con movimientos seguros, ejecutados de forma suficiente con un ritmo normal de trabajo.
110 – Ritmo activo	Operario avanzado con movimientos seguros, con un ritmo de trabajo superior a la media.
120 – Ritmo óptimo	Operario experto que muestra gran seguridad y facilidad en sus movimientos, destreza en la ejecución del trabajo precisión y un ritmo rápido.

Figura 11: Tabla resumen actividad

• SUPLEMENTOS

Son coeficientes que compensan la pérdida de rendimiento durante la jornada de trabajo. Tienen en cuenta el número de horas de trabajo por jornada, la cantidad, duración y distribución de los períodos de descanso, las condiciones del trabajo: ventilación, ruido, etc.

Deben de aplicarse a cada elemento por separado.

Se aplican siempre y se dividen en dos grupos:

- Suplementos fijos:
Necesidades personales y fatiga física.
- Suplementos variables:
Trabajo de pie, postura incómoda, uso de la fuerza, mala iluminación, concentración, ruido, tensión mental y monotonía.



Figura 12: Esquema suplementos

El suplemento total de una tarea se calcula sumando todos sus componentes:

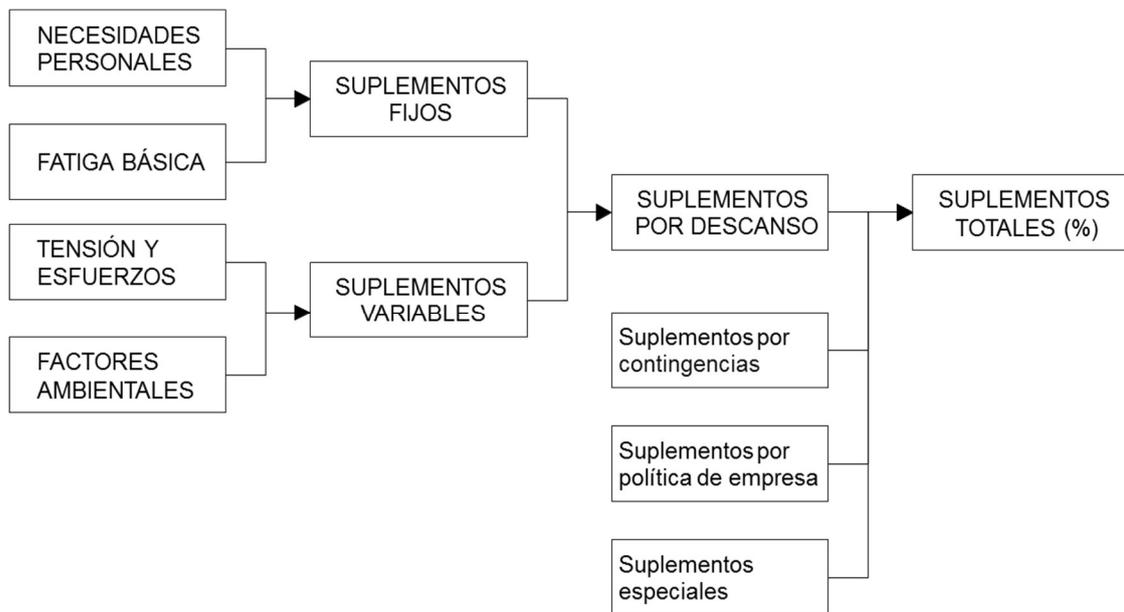


Figura 13: Esquema tipos de suplementos

- **SUPLEMENTOS POR DESCANSO:** Se añade al tiempo normal para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y que pueda atender a sus necesidades personales. Dependen de la naturaleza del trabajo.

- **Suplementos fijos:**

- Necesidades personales: entre un 5-7%
- Fatiga básica: 4%

- **Suplementos variables:** Dependiendo de la naturaleza de trabajo de cada elemento se le sumaran (en %) si:

- Trabajar de pie: 2
- Postura: ligeramente incómoda (0), incómoda o inclinada (2), muy incómoda (tumbado, estirado,...) (7).
- Peso levantado: 2,5 kg (0), 5 kg (1), 7,5 kg (2), 10 kg (3), 12,5 kg (4), 15 kg (5), 17,5 kg (7), 20 kg (9).
- Mala iluminación: por debajo de luxes necesarios (2), absolutamente insuficiente (5).
- Concentración: trabajo de precisión (2), trabajo de gran precisión (5).
- Ruido: intermitente fuerte (2), intermitente estridente (5).
- Tensión mental: proceso bastante complejo (1), proceso complejo o atención dividida entre muchos procesos (4), proceso muy complejo (8).
- Monotonía: trabajo monótono sin rotación (1), trabajo muy monótono con ciclos cortos (4).

- **SUPLEMENTOS POR CONTINGENCIAS, POR POLÍTICAS DE EMPRESA Y ESPECIALES:**

Están ligados a trabajos no sujetos al método por lo que no pertenecen al estudio de tiempos.

• **TIEMPO ESTANDAR**

Es el tiempo concedido para realizar una determinada operación y en cronometraje este es el resultado del producto de las variables de medición.

$$T_s (hH) = T_N \cdot \text{Suplem} \cdot \text{Frec} \cdot N^{\circ}\text{ops.} \quad (2)$$



Figura 14: Gráfico tiempo estándar

El esquema que vamos a seguir en nuestro caso particular es el siguiente.



Figura 15: Esquema de trabajo

6. INICIO DEL PROYECTO

6.1 INFORMACIÓN DE PARTIDA: ESTUDIO DEL PROCESO ACTUAL

Necesitamos saber, el estado del cual partimos en la línea, acudimos entonces a la ficha de instrucción técnica del puesto de trabajo con el desglose de todas las tareas que realizan el operador y el ayudante de la línea 21.

6.1.1 DOCUMENTACIÓN FICHAS DE TRABAJO

6.1.1.1 TAREAS OPERADOR

1. COMIENZO DE TURNO

- 1.1) Aprovisionar todo el material necesario para la correcta realización de sus tareas, entre ellas, las cajas con las plaquitas de corte y todos los formatos de registros.
- 1.2) Obtener novedades relevantes sobre el estado de la línea con el operador del turno que sale.
- 1.3) Verificación de equipos de medida y su registro.
- 1.4) Registro de cotas inicio de turno.
- 1.5) Automantenimiento de la línea.
- 1.6) Verificar la conformidad del puesto respecto a la "Ficha de estado de referencia"

2. TAREAS HABITUALES

- 2.1) Cambio de las plaquitas de corte cuando acabe su vida útil (la cadencia viene marcada en la "Hoja de herramientas" de las tres operaciones de torneado de la línea (OP10, OP20 y OP30)
- 2.2) Tras el cambio de las plaquitas de corte, mecanizar un disco completo, medirlo en banco y corregir parámetros si procede. Si el disco es no conforme (no cumple tolerancias) segregarlo al contenedor de rechazo según instrucción. Si por el contrario, es conforme, se incorpora a la línea.
- 2.3) Control frecuencial de registro de cotas manuales de la operación de mecanizado (mide la pieza y registra sus valores)
- 2.5) Control frecuencial según gama de control de la operación de taladrado (OP40), verificando las roscas de los taladros con un útil.
- 2.6) Carga de piezas de bruto a la línea de aproximadamente 200 piezas al turno.

3. OTRAS TAREAS

- 3.1) Completar el parte con la producción realizada.
- 3.2) Al comienzo de cada hora, completar tabla informativa.
- 3.3) Cuando sea necesario segregar rechazos según instrucción.

4. TAREAS FIN DE TURNO

- 4.1) Realizar control de cotas fin de turno.
- 4.2) Dar novedades relevantes al estado de la línea al turno que entra.
- 4.3) 5 minutos antes de finalizar la jornada, introducir los datos de fabricación en sistema informático

6.1.1.2 TAREAS AYUDANTE

1. COMIENZO DE TURNO

- 5.1) Registros inicio de turno
- 5.2) Verificación de equipos de medida y su registro
- 5.3) Controles pintura, según gama de control
- 5.4) Preparar pintura si es necesario
- 5.5) Verificar la conformidad del puesto respecto a la "Ficha de estado de referencia"

2. TAREAS HABITUALES

- 6.1) Control según gama de control de la operación de pintura (OP110) para asegurar el espesor de la pintura en los diferentes puntos del disco.
- 6.2) Verificación visual para la detección de imperfecciones o poros y embalaje de discos (OP80) en el contenedor con ayuda del ingrátido
- 6.3) Cambio de las máscaras de pintura cuando lo indique el frecuencial asegurando la correcta adhesión de la pintura a la pieza.
- 6.4) Limpieza de la máscara, antes de que sea necesario el siguiente cambio de máscara.
- 6.5) Control según gama de control de la operación de equilibrado (Op50).
- 6.6) Carga de bruto, con polipasto. (El operador debe cargar 200 piezas aproximadamente)

3. OTRAS TAREAS

Cuando sea necesario:

- 7.1) Cerrar y etiquetar el contenedor de embalaje cuando esté completo.
- 7.2) Realizar el control de los elementos de embalaje, asegurando la existencia de todos aquellos que les son necesarios y el buen estado de ellos.
- 7.3) Segregar rechazos, según instrucción
- 7.4) Solicitar al carretillero el cambio de contenedores
- 7.5) Rellenar carro cartones

4. TAREAS FIN DE TURNO

- 4.1) Realizar control de cotas fin de turno.
- 4.2) Dar novedades relevantes al estado de la línea al turno que entra.

Conocidas y enumeradas todas las tareas que se realizan, es preciso saber la forma de realizar cada una de ellas, ya que a la hora de medir tendremos que fijarnos que realmente los operarios estén realizando dicha actividad como está establecido, que vendrá indicado también en la ficha de instrucción técnica.

6.1.1.3 SISTEMÁTICA DE CONTROL DE DEFECTOS Y EMBALAJE DE DISCOS (OP80)

OBJETO: Modo en que el operario debe realizar el control de defectos visuales en los discos mecanizados.

CAMPO DE APLICACIÓN: Aplicación a todas las piezas controladas en el puesto de control visual con ingrávulo de 3 piezas.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: El control visual deberá realizarse en el orden descrito a continuación.

1. DISCOS EN CINTA INSPECCIÓN ZONA SUPERIOR

Según lleguen las piezas en el tapiz, revisar de izquierda a derecha cada uno de los 3 discos más cercanos al operador, haciendo un control visual de la “PISTA A” del “PLANO 1/C” y del “CANAL O GARGANTA”



Figura 16: Piezas sobre tapiz para revisión zona superior

2. DISCOS EN INGRÁVIDO REVISIÓN PISTA B

Seguidamente, con ayuda del manipulador, se elevan y giran las piezas dejándolas en la posición que se muestra en la imagen. Se procederá a la revisión de la “PISTA B”, “PLANO DE APOYO”, “DESCARGA”, “BUJE INTERNO” E “INTERIOR PISTA B”



Figura 17: Piezas volteadas para revisión de pista B

3. DISCOS CON INGRÁVIDO INSPECCIÓN LATERAL

Sin cambiar la posición de las piezas, se procede a revisar los laterales de las piezas, el manipulador permite la rotación del disco sobre su eje, por lo que el operador desde un lado puede girar la pieza hasta completar todo el perímetro del disco, comprobando el “DIÁMETRO EXTERNO”, “INTERIOR CÁMARA” Y “BUJE EXTERNO”

El posicionamiento del operador es por tanto como se indica en las figuras, por la izquierda en la imagen 1, por la derecha en la imagen 2 y en el medio en la imagen 3.



Figura 21: Inspección de la primera pieza del manipulador



Figura 20: Inspección de la segunda pieza del manipulador



Figura 19: Inspección de la tercera pieza del manipulador

4. EMBALAJE EN LOS CONTENEDORES

Tras la finalización de revisión de defectos, si todo esta OK, se vuelven a girar con ayuda del manipulador y se transportan al contenedor situado al lado suyo dejando los discos en su posición correspondiente indicada en la instrucción de embalaje.

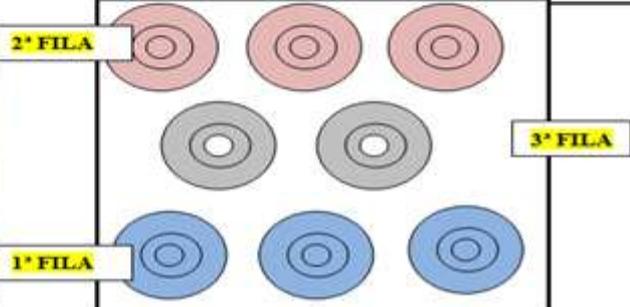
Asegurar que los discos no están superpuestos los unos con los otros ni se tocan, dejando un aspecto como se indica en la Figura 10.



Figura 18: Disposición de las piezas en el contenedor

6.1.1.4 INSTRUCCIÓN DE EMBALAJE

La instrucción de embalaje nos indica cuántas piezas entran por contenedor y la disposición de las piezas en él, además, mencionar que las piezas van separadas por cartones y/o espumas para poder apilarse unas encima de otras sin dañarse, por tanto, según la capacidad del contenedor, tenemos un número de separadores u otro. Toda esta información viene en la ficha que se detalla a continuación y que es necesaria para realizar el estudio de saturación.

		INSTRUCCIÓN DE EMBALAJE DISCO F1051																
Cliente:		Denominación: EMBALAJE 1er equipo																
Fecha Instrucción: 29-01-2016		Modelo: PIEZA MECANIZADA Y PINTADA																
Instrucción de Embalado :		<input type="text" value="8"/> Piezas / Capa	<input type="text" value="10"/> Capas / Cont.	<input type="text" value="80"/> Piezas / Completo														
COMENTARIOS ADICIONALES:																		
	No. Unidades	Descripción	Tipo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)												
Contenedor Otros	1	Embalaje plástico Ø BOX cartón	EUROBIN FSC	1100	900	567												
Material Auxiliar	1	Bolsa de Plástico	Vci Fuchs															
	11	Planchas de cartón	Marrón	1100	900													
	10	Planchas de espuma		1100	800													
 <p>EuroBin FSC Foldable and stackable containers, lids included EB121060 Available size: 1,200 x 1,000 x 567 mm</p>				<table border="1"> <tr><td>Peso Neto por Pieza</td><td>Kg.</td></tr> <tr><td>Peso Neto Completo</td><td>Kg.</td></tr> <tr><td>Peso Contenedor</td><td>Kg.</td></tr> <tr><td>Peso Planchas</td><td>Kg.</td></tr> <tr><td>Total Peso Bruto</td><td>Kg.</td></tr> <tr><td>Altura de Apilado</td><td>7 Máx.</td></tr> </table>			Peso Neto por Pieza	Kg.	Peso Neto Completo	Kg.	Peso Contenedor	Kg.	Peso Planchas	Kg.	Total Peso Bruto	Kg.	Altura de Apilado	7 Máx.
Peso Neto por Pieza	Kg.																	
Peso Neto Completo	Kg.																	
Peso Contenedor	Kg.																	
Peso Planchas	Kg.																	
Total Peso Bruto	Kg.																	
Altura de Apilado	7 Máx.																	
		 <p>2ª FILA</p> <p>3ª FILA</p> <p>1ª FILA</p>																
MODO EMPLEO EMBALAJE																		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aprovisionar al puesto un contenedor y meter una bolsa de plástico que recubra todo él. 2. Poner una plancha de cartón inicial para evitar el contacto de la pieza con el contenedor. 3. Situar 8 piezas como muestra la figura, cada fila irá entrelazada con la lámina de espuma para evitar que se toquen las piezas. Colocar una plancha de cartón encima. 4. Repetir el paso 3 hasta completar 10 capas alternando el sentido de las piezas en cada capa. 5. Colocar una plancha de cartón sobre la última capa de piezas. 6. Cerrar la bolsa con cinta de embalar. 																		

6.1.1.5 HOJA DE HERRAMIENTAS

Las hojas de herramientas han de conocerse, para las tres operaciones de torneado que existen en la línea (OP10, OP20 y OP30) ya no por datos técnicos (velocidades de corte, avance...), sino por la cadencia de trabajo de cada plaquita y la cantidad de éstas, ya que, una vez acabada la vida útil de la herramienta, el operador ha de cambiarla. Si no tenemos información de esta ficha no podemos saber si el operador está realizando el cambio según marca la gama ni el número de plaquitas que hay, datos necesarios para hacer el estudio de saturación.

No obstante, la cadencia de las plaquitas puede modificarse puntualmente, para asegurar la aceptación de la pieza dentro de tolerancias (bruto reciente con más imperfecciones/poros). El operador debe conocer toda esta información.

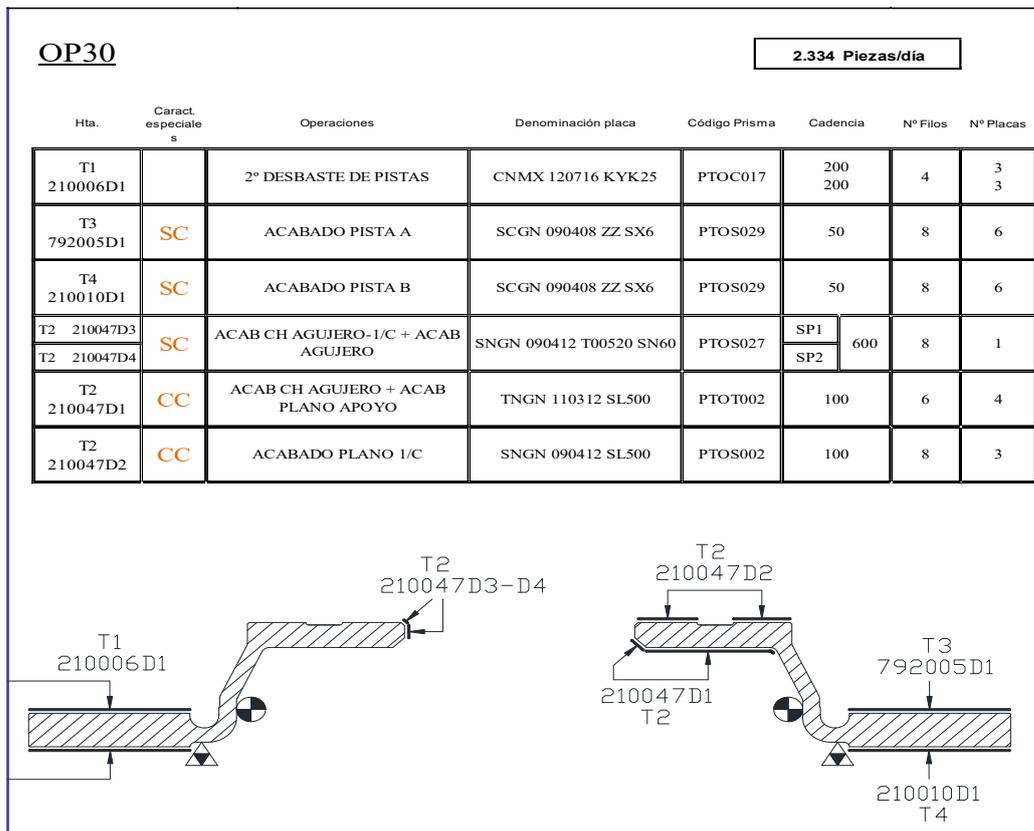


Figura 22: Hoja de herramientas OP30

Como se observa en la figura 14, según marca la gama, será necesario un cambio en la OP30 de siete plaquitas, donde:

- Dos plaquitas se cambian cada 50 piezas
- Dos plaquitas se cambian cada 100 piezas.
- Dos plaquitas se cambian cada 200 piezas
- Una plaquita se cambia cada 600 piezas.

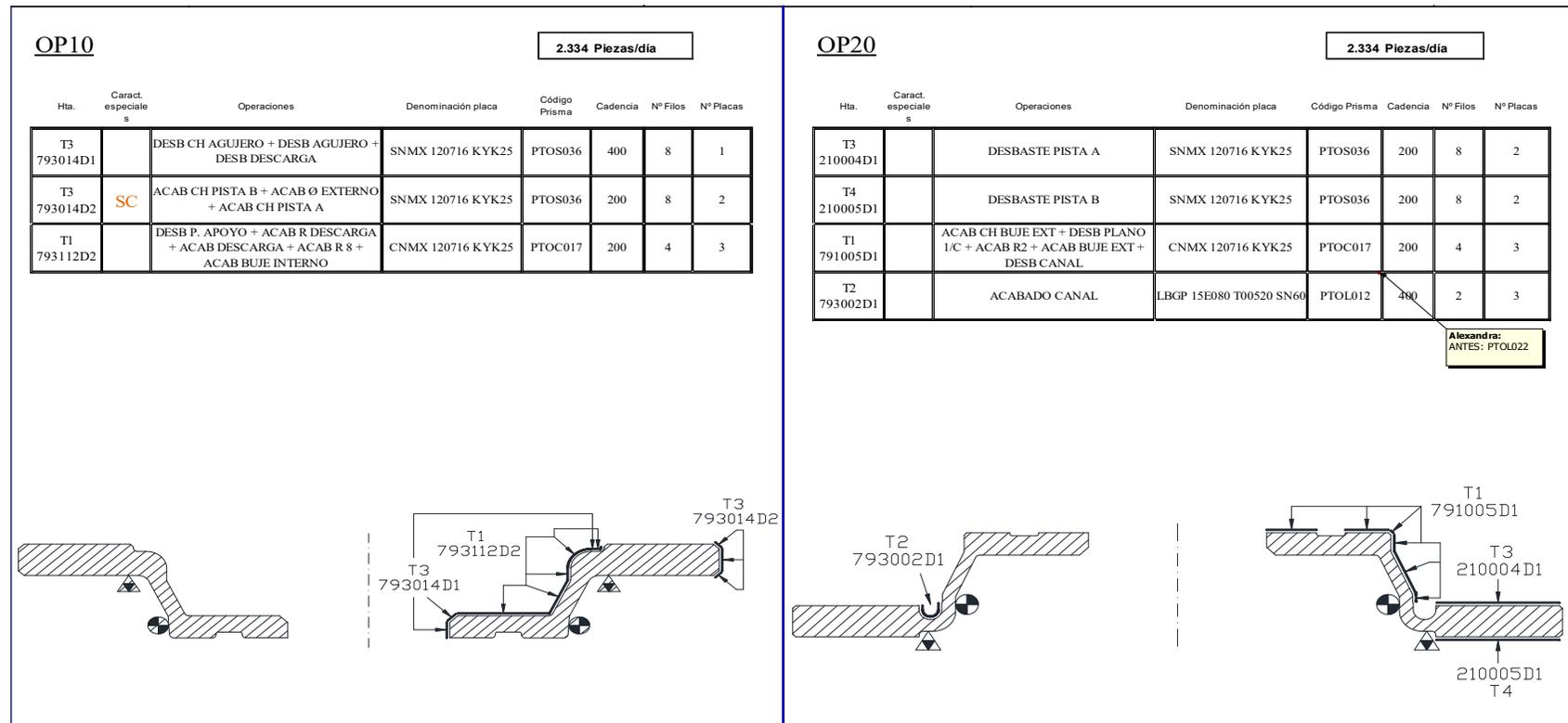


Figura 23: Hoja de herramientas OP10 (izquierda) y OP20 (derecha)

De igual forma, como se observa en la figura 15, las cadencias de las plaquitas con las que se tendrá que realizar el cambio son:

- Para la OP10:
- Dos plaquitas cada 200 piezas.
 - Una plaquita cada 400 piezas.

- Para la OP20:
- Tres plaquitas cada 200 piezas.
 - Una plaquita cada 400 piezas.

6.1.1.6 CONTROL DE TOLERANCIAS

Existe en la mayoría de las líneas una medidora automática de muchas de las características de la pieza, no obstante, cada un número determinado de piezas, el operador mide manualmente todas ellas para asegurar el correcto funcionamiento de ésta.

Necesitamos disponer de la ficha de registro de medidas manuales, para conocer todas las características que se requieren medir (para observar que el operador realiza la medición correctamente) y la frecuencia con la que se ha de realizar cada medición (señaladas en rojo en la imagen adjunta)

Además de esto, el día de la medición tener en cuenta el tiempo que les requiere la comprobación de los equipos de medida para que estén calibrados.

NOTA: “Frecuencia 1/50” significa que el registro de esas cotas se hace una vez cada 50 piezas

REGISTRO DE MEDIDAS MANUALES																	F-GC-F101-21-01 Revisión03						
OPERADOR:		Contador de control:			Nº INC		BL		Fecha:			Turno:											
JEFE DE TURNO:		Frecuencia 1/50																					
COTA	C E	DESCRIPCIÓN	MEDIDA																				
			INICIO TURNO	FINAL TURNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Ø302.22 Ø301.78	.SC	DIÁMETRO EXTERNO																					
Ø215.1 Ø212.9		DIÁMETRO INTERIOR PISTA B																					
Ø185.05 Ø185.05		DIÁMETRO BUJE INTERNO																					
Ø136.5 MIN		DIÁMETRO MÍNIMO DE C																					
0.49 0.31 40.89 40.71		CH Ø EXTERNO - PISTA B																					
32.08 31.72 3.35		DISTANCIA PISTA B - 1/C																					
		DISTANCIA DESCARGA - C																					
		CH PLANO C - AGUJERO																					
		RADIAL C																					
	.CC	CONCAVIDAD PLANO C	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK		
Ø215.1 Ø212.9		DIÁMETRO INTERIOR PISTA A																					
Ø195.35 Ø195.15		DIÁMETRO CANAL																					
Ø194.975 Ø194.775		DIÁMETRO PESTAÑA BUJE EXTERNO																					
Ø165.35 Ø165.15		DIÁMETRO BUJE EXTERNO																					
		CONCENTRICIDAD DIÁMETRO EXTERNO																					
		CONCENTRICIDAD BUJE EXTERNO																					
Ø143.1 Ø142.9		DIÁMETRO ANILLO MECANIZADO - 1/C																					
Ø118.9 Ø117.3		DIÁMETRO ANILLO EN BRUTO - 1/C																					
0.49 0.31		CH Ø EXTERNO - PISTA A																					
0.39 0.41		PROFUNDIDAD ANILLO MECANIZADO - 1/C																					
1 0.6		PROFUNDIDAD ANILLO EN BRUTO - 1/C																					
6.46 6.12		DISTANCIA PESTAÑA BUJE EXT - PISTA A																					
26.82 26.62		DISTANCIA PLANO APOYO - CANAL																					
0.79 0.61		DISTANCIA DESCARGA - PISTA B																					
	.CC	RADIAL 1/C																					
	.CC	CONCAVIDAD PLANO 1/C	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK	OK/NO/OK		
COMPROBACION MEDICION EN PROCESO OP 10 2º TURNO			COMPROBACION MEDICION EN PROCESO OP 20 3º TURNO																				
ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP			SP1	SP2	SP1	ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP			SP1	SP2	SP1	ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP			SP1	SP2	SP1	ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP			SP1	SP2	SP1
DIÁMETRO EXTERNO	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	DIÁMETRO BUJE EXTERNO	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	DIÁMETRO INTERIOR PISTA A	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	DIÁMETRO INTERIOR PISTA B	VALOR M.J				
DIÁMETRO AGUJERO	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	ALTURA PLANO 1/C	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	DIÁMETRO BUJE EXTERNO	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	DIÁMETRO BUJE INTERNO	VALOR M.J				
DIÁMETRO BUJE INTERNO	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	DIÁMETRO CANAL	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	ALTURA PISTA A	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	ALTURA PLANO APOYO	VALOR M.J				
ALTURA PLANO APOYO	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	ALTURA PISTA B	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	ALTURA PISTA B	VALOR M.J				VALOR REAL ±0.05	ALTURA PISTA B	VALOR M.J				
Frecuencia 1/CADA 2 CAMBIOS DE CUCHILLA. (EL PRIMER CAMBIO DEL TURNO MEDIR 1º Y ULTIMA)																							
Ra 5.67		RUGOSIDAD PLANO 1/C																					
Ra 1.44	.SC	RUGOSIDAD PISTA A																					
Rp 5 Máx	.SC	RUGOSIDAD PISTA A																					
Ra 1.44	.SC	RUGOSIDAD PISTA B																					
Rp 5 Máx	.SC	RUGOSIDAD PISTA B																					
COD. EQUIPOS DE MEDIDA (comprobar al inicio de turno que el equipo es el indicado en la hoja de equipos de control por puesto de trabajo)																							
BANCO TAMBOR:		CALIBRE INTER:										MARMOL:											
CALIBRE (0-300):		MICROMETRO:										OTROS:											
BANCO PARAL:		ALTIMETRO:																					

Figura 24: Formato de registro de cotas manuales

6.1.2.2 ANÁLISIS DE SATURACIÓN

Definición: Es un estudio que contabiliza las tareas del operador con el fin de calcular la tasa de ocupación del trabajador respecto de su jornada. En el estudio de saturación se indica toda aquella información que hemos recopilado durante el cronometraje, la figura 18 muestra el aspecto de un estudio de saturación de una línea cualquiera, destacar de ella:

- **Producción deseada:** Influye directamente en la saturación del operador, ya que tiene vinculaciones con numerosas tareas, de tal forma que si, para un determinado número de piezas, el análisis supera el 100% de saturación, modificando este parámetro ajustamos la tasa de saturación a dentro del rango. Por el contrario, si nos sale una saturación muy baja, se puede aumentar este parámetro, para ser más eficientes y producir la cantidad de piezas que más se ajuste a sus tareas.

La tabla tiene tantas filas como tareas tiene el operador con 11 columnas, destacando:

- **FILAS**

Tareas: Dividimos las tareas en aquellas que son frecuenciales y aquellas que no, es decir, las tareas frecuenciales se realizan dependiendo de un número de piezas, como puede ser, en el control frecuencial de cotas manuales, que se realiza 1/50 piezas. El resto de las tareas son aquellas que no tienen una frecuencia determinada por su naturaleza en sí misma, como puede ser “Control visual”, “Manipulación de teclado” o “Desplazamientos” que depende de cómo vaya la línea, el operador las realiza con más o menos frecuencia.

- **COLUMNAS**

Frecuencial: Cada cuanta pieza se realiza dicha operación.

Frecuencia: Resultado del cociente entre la “Producción deseada” y el “Frecuencial”.

Actividad observada: Ver definición en el apartado 5 de esta memoria.

Tiempo unitario: Tiempo recogido en el cronometraje.

Tiempo normal: Producto del tiempo unitario por la actividad.

Minutos reales: Producto del tiempo normal por la frecuencia.

Coefficiente de descanso: Son los llamados suplementos definidos en el apartado 5 de esta memoria.

Minutos con descanso: Producto de los minutos reales por el coeficiente de descanso.

Minutos: Suma de todos los minutos con descanso de todas las operaciones.

Porcentaje %: Cociente entre los minutos con descanso y la jornada laboral del operador (480 minutos).

Línea y tipo de pieza a estudiar

Los datos obtenidos los llevamos a una Excel para analizarlos

Trabajador que se va a analizar

AYUDANTE -CARGA DE TRABAJO ESTANDAR							Puesto:	Operador L21, 2 op por línea						
							REF:	F1050						
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar														
Condiciones:														
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)				Frec. CC OP30								
						Bruto/conten= Discos/conten= Kits/conten= Planchas cartón= Planchas de espuma								
						Piezas de bruto por contenedor								
						Piezas fabricadas por contenedor								
						Planchas de cartón y espuma por contenedor								
Jornada completa (480min)		Producción deseada												
Tiempo de fabricación por pieza														
Cada cuántas piezas se realiza				Tiempo unitario de operación (datos cronometraje)										
SUPUESTO 1: · Sin averías ni incidentes · Dos contenedores en el puesto de embalaje														
			Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuenciales	Control según gama de control OP110 (pintura)												
		Verificación visual y embalaje de discos (OP80)												
		Carga de disco												
		Manip. Embalajes - separador de cartón entre capas												
		Manip. Embalajes - separador de espuma												
		Manip. Embalajes - cerrar contenedor y control elementos de embalaje												
		Manip. Embalajes - Preparar cajon nuevo												
	Tareas	Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial											0,00	0,00%
		Limpieza de mascara 1/c												
		Registros (P.Prod., tabla inf, parte embalaje, registros pintura, etc)												
		Verificación equipo de medidas y su registro												
		Controles pintura, según gama de control (1/día)												
		Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día)												
		Verificar la conformidad del puesto según "ficha estado ref"												
Incidencias	Sacar etiqueta													
	Solicitar al carretillero el cambio de contenedores													
	Rellenar carro cartones													
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)													
Inactividad	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno													
	Incidencias													
	Avería													
Inactividad	Espera													
	Comentarios													
t sin asignar														
										Ocupación del puesto con descansos:		0,00%		

Operaciones

Figura 26: Formato de estudio de saturación

6.1.2.3 ANÁLISIS: RESULTADOS PRIMERA MEDICIÓN

Pasamos todos los datos recogidos durante el cronometraje a la plantilla de Excel anterior, haciendo una ficha para el ayudante y otra ficha con el operador, cada uno con sus operaciones y sus tiempos.

Se adjunta a continuación los resultados de ambos estudios, mostrados en la figura 19 para el operador y la figura 20 para el ayudante, de los cuales, podemos destacar:

Para una producción de 650 piezas por turno:

- El operador, tiene una saturación del 79,57%, luego es perfectamente apto para realizar todas sus tareas, incluso le sobra tiempo, que podremos utilizar en parte, para la nueva organización de tareas que incluya las operaciones de pintura.

Nota: A continuación, se detalla como ejemplo cómo se llega a ese resultado (apartado 6.1.2.4), para los siguientes estudios se omitirá esta parte por claridad en el informe.

- El ayudante está más saturado que el operador, llegando a un 93,70 % de ocupación, está dentro de los límites aceptables, ya que ese valor ya cuenta con sus descansos y efectos de su actividad / pérdida de rendimiento según sus condiciones de trabajo, definimos con los suplementos.

De todas formas, se intenta no superar el 95% de saturación por si de forma aislada, ocurre alguna incidencia o avería puntual, que el trabajador en cuestión tenga margen y no quede saturado sin poder realizar alguna de sus tareas.

Grado en Ingeniería Mecánica – Mario Burgos Domínguez

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA										Puesto: Operador L21, 2 op por línea			
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F1050			
Condiciones:													
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CC OP30								
44,3	480,00	650			50								
Bruto/conten= 108													
Discos/conten= 60													
Kits/conten= 7													
Planchas cartón= 7													
Planchas espuma= 6													
SUPUESTO 1: Sin averías ni incidentes													
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30													
		Frecuencia	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuencias	Cambio cuchillas (OP10)	200	4,00	100	1,50	1,50	6,00	11%	6,66	1,39%		
		Cambio cuchillas (OP10)	400	2,00	100	0,75	0,75	1,50	11%	1,67	0,35%		
		Cambio cuchillas (OP20)	100	7,00	100	0,77	0,77	5,39	11%	5,98	1,25%		
		Cambio cuchillas (OP20)	200	4,00	100	1,65	1,65	6,60	11%	7,33	1,53%		
		Cambio cuchillas (OP20)	400	2,00	100	0,82	0,82	1,64	11%	1,82	0,38%		
		Cambio cuchillas (OP30)	50	13,00	100	1,27	1,27	16,51	11%	18,33	3,82%		
		Cambio cuchillas (OP30)	100	7,00	100	1,11	1,11	7,77	11%	8,62	1,80%		
		Cambio cuchillas (OP30)	200	4,00	100	1,67	1,67	6,68	11%	7,41	1,54%		
		Cambio cuchillas (OP30)	600	2,00	100	0,55	0,55	1,10	11%	1,22	0,25%		
		Carga de disco	1	200,00	100	0,22	0,22	44,00	11%	48,84	10,18%		
		Preparar jaula de embalaje	60	11,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
		Cerrar cajon completo	60	11,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
		Colocar plancha de espuma	10	65,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
		Colocar separador de cartón	8,571428571	76,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
		Embalaje de disco (con ingravido)	1	650,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
		Controles y reg. según GC OP30	50	13,00	100	3,80	3,80	49,40	14%	56,32	11,73%		
		Controles y reg. según GC: OP40	50	13,00	100	0,88	0,88	11,44	14%	13,04	2,72%		
		Controles y reg. según GC: OP50	50	13,00	100	0,80	0,80	10,40	14%	11,86	2,47%		
		Control rugosidad	100	7,00	100	0,78	0,78	5,46	14%	6,22	1,30%		
		PINTURA: Cambio de máscara	80	9,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
	PINTURA: Limpieza de máscara	80	9,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	PINTURA: Controles y reg. según GC	650	1,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Abrir palet de bruto	108,00	6,02	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Quitar palet de bruto	108,00	6,02	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Llamar al carretillero para cambio palet	108,00	6,02	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Pasar control patrón de calidad	650,00	4,00	100	0,50	0,50	2,00	14%	2,28	0,48%			
	Sacar etiqueta de embalaje	60,00	10,83	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Controles fuera de frecuencia en 100 min *4,8			100	2,00	2,00	2,00	11%	2,22	0,46%			
	Controles en banco	6	109,00	100	0,50	0,50	54,50	14%	62,13	12,94%	261,95	55%	
	Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)		100	47,18	47,18	47,18	11%	52,37	10,91%			
		Control de producto (CP)		100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
		Cambio de bote de pintura		100		0,00	0,00	14%	0,00	0,00%			
		Verificación equipos de medida ***		100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
		Verificación visual (*4,8)		100	5,56	5,56	5,56	11%	6,17	1,29%			
		Automantenimiento		1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%		
		Registros (P.Prod., tabla info,...)(registros en 100 min * 4,8) ***		100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
		Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)		100	31,34	31,34	31,34	11%	34,79	7,23%			
		Introducción en bonos parte de trabajo		100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
		Rellenar carro de cartones	1		100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***		4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%	119,97	25%	
Incidencias	Incidencias		100	5,27	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
	Segregar rechazo	1		100	1,57	1,57	1,57	14%	1,79	0,37%	1,79	0%	
	Avería		100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
Inactividad	Esperas		100	55,68	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
	Comentario		100	0,65	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%		
t sin asignar							139,53		98,08				
							480		382	79,57%			
Ocupación del puesto:										79,57%			

Figura 19: Saturación operador L21

AYUDANTE -CARGA DE TRABAJO ESTANDAR										Puesto:		Operador L21, 2 op por línea								
												REF: F1050								
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar																				
Condiciones:																				
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CC OP30															
44,3	480,00	650			50															
										Bruto/conten=		-								
										Discos/conten=		60								
										Kits/conten=		-								
										Planchas cartón=		7								
										Planchas de espuma		6								
SUPUESTO 1:										· Sin averías ni incidentes										
										· Dos contenedores en el puesto de embalaje										
										Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%
Actividad	Frecuenciales	Control según gama de control OP110 (pintura)		650	1	100	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%	352,54	81,54%							
		Verificación visual y embalaje de discos (OP80)		1	650	100	0,24	0,24	156	11%	173,16			36,08%						
		Carga de disco		1	450,00	100	0,22	0,22	99,00	11%	109,89			22,89%						
		Manip. Embalajes - separador de cartón entre capas		10	65	100	0,11	0,11	7,15	11%	7,9365			1,65%						
		Manip. Embalajes - separador de espuma		11	60	100	0,22	0,22	13,2	11%	14,652			3,05%						
		Manip. Embalajes - cerrar contenedor y control elementos de embalaje		60	11	100	0,72	0,72	7,92	11%	8,79			1,83%						
		Manip. Embalajes - Preparar cajon nuevo		60	11	100	1,13	1,13	12,43	11%	13,80			2,87%						
		Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial		90	8	100	0,83	0,83	6,64	11%	7,37			1,54%						
	Limpieza de mascara 1/c		90	8	100	6,00	6	48,00	11%	53,28	11,10%									
	Registros (P.Prod., tabla inf. parte embalaje, registros pintura, etc)			-	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%									
	Verificación equipo de medidas y su registro			1,00	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%									
	Controles pintura, según gama de control (1/día)			1	100	1,86	1,86	1,86	11%	2,0646	0,43%									
	Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día)			1,00	100	1,66	1,66	1,66	14%	1,89	0,39%									
	Verificar la conformidad del puesto según "ficha estado ref"			1	100	2	2	2	11%	2,22	0,46%									
	Sacar etiqueta		325	2,00	100	0,35	0,35	0,70	11%	0,78	0,16%									
	Solicitar al carterillero el cambio de contenedores		60	11,00	100	0,50	0,5	5,50	11%	6,11	1,27%									
	Rellenar carro cartones		325	2,00	100	1,77	1,77	3,54	11%	3,93	0,82%									
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)			-	100	23,28	23,28	23,28	11%	25,84	5,38%									
	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno			4,00	100	1,00	1	4,00	11%	4,44	0,93%									
	Incidencias	Incidencias				100	0,67	0,67	0,67	11%	0,74			0,15%	0,74	0,15%				
Avería				100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%										
Inactividad	Esperas				100	24,24	24,24	24,24	11%	26,91	5,61%	27,26	0,07%							
	Comentario				100	0,32	0,32	0,32	11%	0,36	0,07%									
t sin asignar										49,69	449,75	93,70%								
										480										
										Ocupación del puesto con descansos:		93,70%								

Figura 20: Saturación ayudante L21

6.1.2.4 EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA REALIZAR LA SATURACIÓN DE UN OPERADOR.

Con la herramienta de Excel, filtramos los tiempos por operaciones, (el anexo 1 recoge la toma de tiempos de los 100 minutos del estudio de cronometraje) consiguiendo:

Para cambio de cuchilla:

ET	Medido	t total min	t parcial min			Observ.
				MIN	SEG	
CC	4,34	4,57	2,47	2	28	OP20 1X400 2X200
CC	22,28	22,47	4,05	4	3	OP30 2X50 2X100 2X200
CC	45,38	45,63	0,68	0	41	OP30 2X50
CC	46,35	46,58	0,75	0	45	OP10 1X200
CC	65,00	65,00	0,77	0	46	OP20 1X100 B,EXT
CC	84,27	84,45	2,38	2	23	OP30 2X50 2X100 (C; 1/C)

Figura 21: Tiempo de cambio de cuchillas

Conocemos la ficha de herramientas (Figura 14 y Figura 15) y salvo variaciones puntuales de cadencias fuera de la gama de fabricación, existen:

En la OP10

- Una cuchilla con cadencia de 200 piezas, mirando en observaciones “OP10 1x200” vemos que tiene un tiempo de operación de **0,75** minutos
- Dos cuchillas con cadencia de 400 piezas, ese tiempo no lo tenemos directamente medido, pero al tener el de la cuchilla anterior, podemos aproximar a que siendo dos cuchillas tardará el doble, luego equivale a un tiempo de **1,5** minutos.

NOTA: Una plaquita que en gama está cada 200 piezas, el operador la subió a 400 piezas por la buena estabilidad del bruto.

En la OP20

- Una cuchilla con cadencia de 100 piezas, la tenemos directamente medida y tiene una duración de **0,77** minutos.
- Dos cuchillas con cadencia 200, tenemos la medición en “OP20 1x400 y 2x200” un tiempo de 2,47 minutos, luego dividimos entre tres ese tiempo, puesto que son tres cuchillas, quedando 0,82 min/cuchilla, y como queremos el tiempo de las dos cuchillas de 200, multiplicamos ese tiempo por dos, quedando una duración de operación de **1,65** minutos.
- Una cuchilla con cadencia 400, de lo comentado anteriormente se obtiene un tiempo para cambiar una cuchilla de **0,82** minutos.

En la OP30

- Dos cuchillas con cadencia de 50 piezas, tenemos varias mediciones que incluyen, entre otras, el cambio de estas dos cuchillas, para que sea lo más fiable, hacemos la media de dos de los tiempos más semejantes.
De “OP30 2x50 2x100 2x200” se obtiene un tiempo de 4,05 minutos, dividimos entre el número de cuchillas, es decir, seis y multiplicamos por dos para tener el tiempo de cambiar las dos cuchillas de cadencia 50, se obtiene un tiempo de **1,35** minutos.
De “OP30 2x50 2x100” tenemos un tiempo de 2.38 minutos, dividido entre cuatro cuchillas, y multiplicado por dos, se obtiene un tiempo para cambiar las dos cuchillas de **1,19** minutos.
Usaremos la media de las dos, igual a **1,27** minutos.
- Dos cuchillas con cadencia de 100 piezas, tenemos la medición de “OP30 2x50 2x100” de duración 2.38 minutos. Como el cambiar las dos cuchillas de cadencia 50 obtuvimos un tiempo medio de 1.27 minutos, le restamos del total este tiempo, y obtenemos lo que se tarda en cambiar las dos cuchillas de cadencia 100, igual a **1,11** minutos.
- Dos cuchillas con cadencia de 200 piezas, de igual forma que en el anterior caso, tenemos la medición de “OP30 2x50 2x100 2x200” de duración 4.05 minutos. Le restamos 1,27 minutos del cambio de las plaquitas de cadencia 50 y 1,11 minutos de las plaquitas de cadencia 100, quedando un tiempo de **1,67** minutos.
- Una plaquita con cadencia de 600 piezas, al no tener este cambio directamente, estimamos que tardará la mitad que al cambiar dos plaquitas de las medidas anteriormente. Elegimos, por ejemplo, la mitad de lo que tarda en cambiar las dos plaquitas con cadencia de 100 piezas, igual a **0,55** minutos.

Carga de bruto:

ET	Medido	t total min	t parcial min			Observ.
				MIN	SEG	
CD	30,30	30,50	2,15	2	9	9
CD	57,00	57,00	4,52	4	31	21
CD	63,41	63,68	2,30	2	18	11
CD	99,38	99,63	5,68	5	41	25

Figura 27: Tiempo de carga de bruto

Sumamos todos los tiempos parciales y dividimos entre el número de piezas, lo que es igual a 14,65 minutos para cargar 66 piezas, obteniendo un tiempo de **0,22** minutos por pieza.

Control y registro según guía de control de mecanizado y rugosidad

QR	10,50	10,83	0,50	0	30	1/100 RUGOSIDAD
QR	11,29	11,48	0,13	0	8	RUGOSIDAD
QR	12,05	12,08	0,13	0	8	RUGOSIDAD
QR	13,38	13,63	0,77	0	46	OP50 1*/50
QR	16,42	16,70	2,95	2	57	OP30 (2 CONCENTRICIDADES)
QR	17,21	17,35	0,37	0	22	
QR	18,15	18,25	0,42	0	25	
QR	23,05	23,08	0,08	0	5	RUGOSIDAD
QR	24,02	24,03	0,12	0	7	
QR	42,45	42,75	0,27	0	16	RUGOSIDAD
QR	43,32	43,53	0,20	0	12	RUGOSIDAD
QR	44,57	44,95	0,48	0	29	
QR	45,50	45,83	0,20	0	12	RUGOSIDAD
QR	47,47	47,78	0,78	0	47	OP50
QR	51,35	51,58	3,80	3	48	OP30
QR	78,54	78,90	0,17	0	10	RUGOSIDAD
QR	79,16	79,27	0,23	0	14	RUGOSIDAD
QR	81,23	81,38	0,18	0	11	RUGOSIDAD
QR	81,44	81,73	0,20	0	12	RUGOSIDAD
QR	86,52	86,87	0,83	0	50	RUGOSIDAD RMR
QR	87,10	87,17	0,30	0	18	OP50
QR	88,00	88,00	0,58	0	35	OP50 CONTINUACIÓN
QR	91,45	91,75	3,75	3	45	OP30
QR	92,30	92,50	0,15	0	9	RUGOSIDAD
QR	93,31	93,52	0,52	0	31	RUGOSIDAD

Figura 23: Tiempo control de mecanizado y rugosidad

- Para el control y registro de la OP30 (ver observaciones) tenemos un tiempo 3,75 minutos y 3,80 minutos, prácticamente coinciden por lo que dejamos **3,80** minutos para esta operación.
- Para el control del equilibrado (OP50) tenemos una medición de 0,77 minutos, otra de 0,78 minutos y una tercera de 0,88 minutos que se hizo en dos partes (suma de 0,30 + 0,58), haciendo la media de las tres obtenemos un tiempo de **0,8** minutos.
- Para la medición de rugosidad, vamos a usar tres de las mediciones que parecen más representativas, la primera de duración 0,77 minutos que se hizo en tres instantes (suma de 0,5 + 0,13 + 0,13), otra medición de 0.78 minutos que se hizo en 4 instantes (suma de 0,17 + 0,23 + 0,18 + 0,20) y una tercera medición de 0.83 minutos que se midió directamente. Haciendo la media de las tres obtenemos un tiempo de **0,78** minutos.

Control y regulación de taladros según guía de control (OP40)

ET	Medido	t total min	t parcial min	MIN	SEG	Observ.
QM	10,20	10,33	0,88	0	53	1-/50
QM	42,29	42,48	0,87	0	52	
QM	77,15	77,25	0,33	0	20	
QM	78,44	78,73	0,38	0	23	

Figura 24: Tiempo de control de operación de taladrado

Como se observa, las dos últimas mediciones difieren mucho de las dos primeras, siendo relativamente tiempos bajos, utilizaremos la media de los dos primeros por fiabilidad, quedándonos con un tiempo para esta operación de **0,88** minutos.

Pasar patrón de calidad

Dejamos por defecto medio minuto para esta operación.

Control en banco

Fecha toma de tiempos:		30/10/2018				
Producción realizada:		151				
ET	Medido	t total min	t parcial min	MIN	SEG	
QB	1,30	1,50	0,40	0	24	
QB	7,15	7,25	0,38	0	23	
QB	9,03	9,05	0,37	0	22	
QB	11,21	11,35	0,15	0	9	
QB	16,59	16,98	0,13	0	8	
QB	23,00	23,00	0,43	0	26	
QB	27,25	27,42	0,50	0	30	
QB	32,27	32,45	0,50	0	30	
QB	34,23	34,38	0,52	0	31	
QB	36,48	36,80	0,40	0	24	
QB	40,48	40,80	0,50	0	30	
QB	41,17	41,28	0,32	0	19	
QB	44,28	44,47	0,35	0	21	
QB	52,00	52,00	0,42	0	25	
QB	57,58	57,97	0,57	0	34	
QB	59,40	59,67	0,40	0	24	
QB	65,57	65,95	0,42	0	25	
QB	68,03	68,05	0,57	0	34	
QB	73,25	73,42	0,50	0	30	
QB	75,14	75,23	0,32	0	19	
QB	76,55	76,92	0,17	0	10	
QB	77,45	77,75	0,28	0	17	
QB	80,55	80,92	0,38	0	23	
QB	86,02	86,03	0,40	0	24	
QB	92,21	92,35	0,47	0	28	

Figura 28: Tiempos de control en banco

Para el control en banco no hay un número establecido de frecuencia para realizarla, ya que depende del estado del bruto y como vaya la línea, luego para estimarlo, dividimos la cantidad de piezas que fabricó en los 100 minutos de medición (151 piezas) y lo dividimos entre el número de operaciones que se hicieron (en este caso 25), por lo que se mide en banco cada 6 piezas.

Para el tiempo unitario, se hace la media de todos los tiempos parciales anotados, obteniendo un tiempo de **0,50** minutos.

Desplazamientos

ET	Medido	t total min	t parcial min	MIN	SEG
D	0,19	0,32	0,32	0	19
D	1,06	1,10	0,30	0	18
D	1,50	1,83	0,13	0	8
D	2,06	2,10	0,10	0	6
D	5,10	5,17	0,28	0	17
D	5,20	5,33	0,13	0	8
D	5,57	5,95	0,12	0	7
D	6,40	6,67	0,17	0	10
D	7,35	7,58	0,12	0	7
D	7,49	7,82	0,12	0	7
D	9,11	9,18	0,13	0	8
D	9,27	9,45	0,15	0	9
D	11,43	11,72	0,23	0	14
D	11,57	11,95	0,15	0	9
D	12,18	12,30	0,08	0	5
D	12,29	12,48	0,18	0	11
D	17,27	17,45	0,10	0	6
D	17,50	17,83	0,17	0	10
D	22,34	22,57	0,10	0	6
D	23,12	23,20	0,12	0	7
D	23,55	23,92	0,17	0	10
D	24,07	24,12	0,08	0	5
D	26,47	26,78	0,12	0	7
D	27,32	27,53	0,12	0	7
D	27,55	27,92	0,17	0	10
D	28,21	28,35	0,43	0	26
D	30,52	30,87	0,37	0	22

ET	Medido	t total min	t parcial min	MIN	SEG
D	34,42	34,70	0,12	0	7
D	35,21	35,35	0,17	0	10
D	36,56	36,93	0,13	0	8
D	37,27	37,45	0,17	0	10
D	57,24	57,40	0,40	0	24
D	58,08	58,13	0,17	0	10
D	59,47	59,78	0,12	0	7
D	60,30	60,50	0,22	0	13
D	61,23	61,38	0,13	0	8
D	64,05	64,08	0,23	0	14
D	65,22	65,37	0,20	0	12
D	67,06	67,10	0,18	0	11
D	68,16	68,27	0,22	0	13
D	68,28	68,47	0,13	0	8
D	69,05	69,08	0,25	0	15
D	72,43	72,72	0,18	0	11
D	73,35	73,58	0,17	0	10
D	74,05	74,08	0,17	0	10
D	75,20	75,33	0,10	0	6
D	76,24	76,40	0,23	0	14
D	77,58	77,97	0,22	0	13
D	78,21	78,35	0,18	0	11
D	84,30	84,50	0,05	0	3
D	92,35	92,58	0,08	0	5
D	93,00	93,00	0,05	0	3
D	93,57	93,95	0,43	0	26
D	100,00	100,00	0,37	0	22

Figura 26: Tiempos de desplazamientos

Los desplazamientos no se pueden controlar por frecuencias, por lo que en el estudio se hace una estimación de la saturación que supondría todos los desplazamientos a lo largo de la jornada, es decir, sumamos los tiempos parciales de todos los desplazamientos recogidos en los 100 minutos y lo multiplicamos por 4.8 para obtener el tiempo en desplazamientos en 480 minutos (jornada de 8 horas). Obtenemos pues, que de los 100 minutos de cronometraje 9,72 minutos fueron por desplazamientos, luego para 480 minutos son **47,18** minutos.

Control visual

ET	Medido	t total min	t parcial min	MIN	SEG	Observ.
W	6,30	6,50	0,37	0	22	
W	7,42	7,70	0,12	0	7	
W	12,39	12,65	0,17	0	10	HAA
W	13,45	13,75	0,12	0	7	HAA
W	25,47	25,78	0,25	0	15	
W	25,58	25,97	0,18	0	11	
W	35,11	35,18	0,13	0	8	
W	65,10	65,17	0,17	0	10	
W	72,32	72,53	1,28	1	17	CORRECTORES

Figura 27: Tiempos de control visual

De igual forma que con los desplazamientos, se suman todos los tiempos parciales y se multiplica por 4,8 para obtener el tiempo de control visual a lo largo de la jornada, llegando a un tiempo de **5,56** minutos.

Manipulación de teclado

ET	Medido	t total min	t parcial min		
MT	2,00	2,00	0,17	0	10
MT	4,53	4,88	0,32	0	19
MT	6,08	6,13	0,18	0	11
MT	9,18	9,30	0,12	0	7
MT	11,48	11,80	0,08	0	5
MT	17,40	17,67	0,22	0	13
MT	23,45	23,75	0,55	0	33
MT	27,45	27,75	0,22	0	13
MT	35,03	35,05	0,35	0	21
MT	37,17	37,28	0,35	0	21
MT	39,05	39,08	0,30	0	18
MT	47,00	47,00	0,42	0	25
MT	58,22	58,37	0,23	0	14
MT	59,58	59,97	0,18	0	11
MT	61,02	61,03	0,20	0	12
MT	63,51	63,85	0,17	0	10
MT	68,20	68,33	0,07	0	4
MT	69,12	69,20	0,12	0	7
MT	69,44	69,73	0,12	0	7
MT	71,15	71,25	0,25	0	15
MT	73,55	73,92	0,33	0	20
MT	75,34	75,57	0,23	0	14
MT	78,10	78,17	0,20	0	12
MT	85,15	85,25	0,75	0	45
MT	92,57	92,95	0,37	0	22

Sumando los tiempos parciales y multiplicándolos por 4,8 se obtiene un tiempo de **31,34** minutos.

Figura 29: Tiempos de manipulación de teclado

Otras tareas

- Verificación de equipos de medida por defecto se dejan 5 minutos.
- Automantenimiento se deja por defecto 5 minutos.
- Registros se deja por defecto un tiempo de 5 minutos.
- Introducción de datos fabricación en bonos de trabajo se deja por defecto 5 minutos.
- Cuatro relevos a lo largo de la jornada de 1 minuto cada uno.

Actividad y Suplementos:

Para este estudio no hay ninguna operación que se haya realizado más rápido o más lento a lo establecido, luego no hay que corregir por actividad, dejando un valor de 100.

Para los suplementos, se les añade, a todas las operaciones, un 11% del tiempo de operación debidos a los suplementos fijos “Necesidades personales” y “Suplementos de fatiga” (5% y 4% del tiempo por operación respectivamente) junto con el suplemento por “Trabajar de pie” (2% del tiempo de operación añadido).

Además de estos tres suplementos, a los controles y regulación de piezas se le añade un 3% más, debido que, para realizar la operación, tienen que cargar a mano con la pieza de peso aproximadamente 10 kg.

6.2 ANÁLISIS Y COMPARATIVA CON OTRAS LÍNEAS

Para detectar puntos de mejora, la estrategia a seguir es comparar los tiempos obtenidos en la medición anterior (sin discriminar si lo hace el operador o el ayudante), con los tiempos que ya tenemos registrados de mediciones anteriores de otras líneas ya estudiadas.

Como presentamos al principio, la compararemos con la línea 12, en concreto, con la fabricación de la referencia F4044 que cuenta con operación de pintura y es relativamente similar. Adjuntamos tabla resumen con dichos tiempos unitarios por operaciones y su porcentaje respecto su saturación global.

Comparativa F4044_L12 vs F1050_L21							
Actividad		F4044			F1050		
		t unitario (min)	%Total		t unitario (min)	%Total	
Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	1,47	1,70%	Cambio cuchillas (OP10)	2,25	1,73%	
	Cambio cuchillas (OP20)	2,12	1,94%	Cambio cuchillas (OP20)	3,24	3,15%	
	Cambio cuchillas (OP30)	2,87	3,51%	Cambio cuchillas (OP30)	4,60	7,41%	
	Carga de disco	0,12	13,88%	Carga de disco	0,22	33,07%	
	Preparar jaula de embalaje L12 (1/120)	1,50	3,12%	Preparar jaula de embalaje (1/60)	1,13	2,87%	
	Cerrar cajon completo (1/120)	1,50	3,12%	Cerrar cajon completo (1/60)	0,72	1,83%	
	Colocar plancha de espuma L12	0,13	1,26%	Colocar plancha de espuma	0,22	3,05%	
	Colocar separador de cartón L12	0,10	1,16%	Colocar separador de cartón	0,11	1,65%	
	Abrir palet de bruto	1,27	1,36%	Abrir palet de bruto	1,27	1,36%	
	Quitar palet de bruto	0,23	0,25%	Quitar palet de bruto	0,23	0,25%	
	Llamar al carretillero para cambio palet	0,25	0,27%	Llamar al carretillero para cambio palet	0,50	1,27%	
	Embalaje de disco (con ingrédido) L12	0,21	24,28%	Embalaje de disco (con ingrédido)	0,24	36,08%	
	Controles y reg. según GC OP30 (1/200)	2,68	1,86%	Controles y reg. según GC OP30	3,80	11,73%	
	Controles y reg. según GC: OP40 (2/200)	1,15	0,82%	Controles y reg. según GC: OP40	0,88	2,72%	
	Controles y reg. según GC: OP50 (1/200)	0,48	0,34%	Controles y reg. según GC: OP50	0,80	2,47%	
	Controles fuera de frecuencia en 100 min *4,8			Controles fuera de frecuencia en 100 min *4,8	2,00	0,46%	
	Control rugosidad (1/100) ***	1,30	1,50%	Control rugosidad	0,78	1,30%	
	PINTURA: Cambio de máscara (1/80)	0,42	0,68%	PINTURA: Cambio de máscara	0,83	1,54%	
	PINTURA: Limpieza de máscara (1/80)	1,26	2,04%	PINTURA: Limpieza de máscara	6,00	11,10%	
	PINTURA: Controles y reg. según GC	1,17	0,27%	PINTURA: Controles y reg. según GC	2,20	0,52%	
	Pasar control patrón de calidad	0,20	0,05%	Pasar control patrón de calidad	0,50	0,48%	
	Sacar etiqueta de embalaje	0,50	0,96%	Sacar etiqueta de embalaje	0,35	0,16%	
	Tareas	Controles en banco (1/13,3)	0,48	4,33%	Controles en banco (1/6)	0,50	12,94%
		Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	40,00	9,25%	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	70,46	16,29%
		Control de producto (CP)	1,86	0,43%	Control de producto (CP)	1,86	0,00%
		Cambio de bote de pintura	1,66	0,39%	Cambio de bote de pintura	1,66	0,00%
		Verificación equipos de medida ***	5,00	1,16%	Verificación equipos de medida ***	5,00	1,16%
		Verificación visual (*4,8)	13,58	3,14%	Verificación visual (*4,8)	5,56	1,29%
		Automantenimiento	5,00	1,16%	Automantenimiento	5,00	1,16%
		Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min	5,00	1,16%	Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min	5,00	1,16%
		Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min *	13,68	3,16%	Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min *	31,34	7,25%
		Introducción en bonos parte de trabajo	5,00	1,16%	Introducción en bonos parte de trabajo	5,00	1,16%
		Rellenar carro de cartones	1,77	0,41%	Rellenar carro de cartones	1,77	0,82%
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***		1,00	0,93%	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***	1,00	0,93%	

Figura 30: Tabla tiempos entre líneas

Estudiaremos uno por uno las tareas con diferencias significativas en tiempos y que pueden ser relevantes para que, con su reducción, eliminemos saturación al ayudante y operador de la L21.

El siguiente gráfico muestra de forma muy visual el estado de cada una de las líneas, siendo el color azul, los tiempos que acabamos de estudiar en la línea 21 y el color rojo, los tiempos de la línea 12 que marcamos como referencia para mejorar.

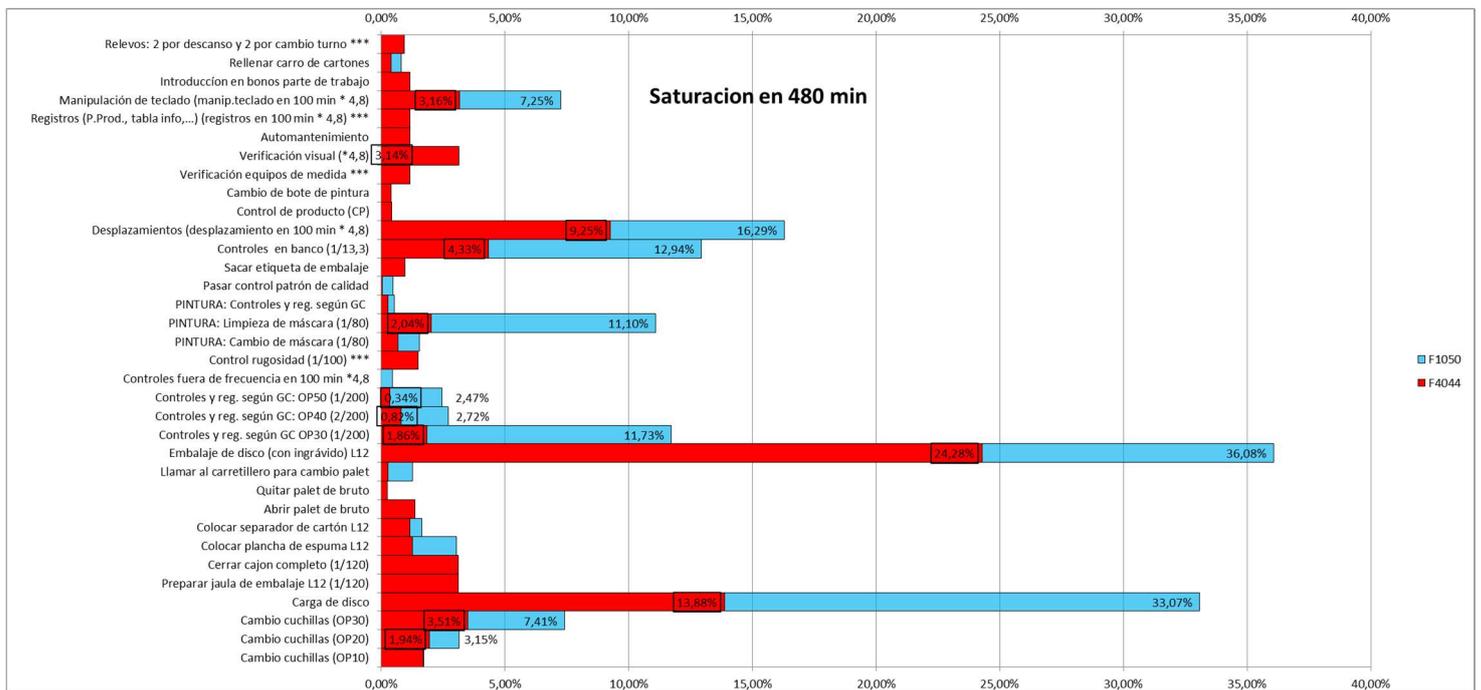


Figura 31: Gráfico comparación de líneas

Observando el gráfico adjunto, vemos que hay mucho margen de mejora, destacan las siguientes actividades a revisar:

- Control visual y Embalaje de discos (con ingrédido).
- Carga de discos de bruto.
- Controles en banco y su correspondiente manipulación de teclado (correcciones).
- Limpieza de máscaras.
- Control frecuencial de cotas dimensionales.

6.3 PUNTOS A MEJORAR Y PROPUESTA DE MEJORAS

6.3.1 PROPUESTAS POR OPERACIONES

- **Control visual y Embalaje de discos:** Una de las tareas más relevantes que marca la diferencia entre una línea y otra es esta tarea, donde se observa que en la línea 12 el embalaje ocupa el 24,78% de la jornada del operador, mientras que en la línea 21 es del 36,08%.

Se observa que la diferencia principal es por la disposición de las piezas en el contenedor. En la línea 12, el manipulador puede transportar 4 piezas a la vez, con una disposición en el contenedor de 4-4-4, mientras que en la línea 21 el manipulador puede transportar únicamente 3 piezas de forma simultánea, con una disposición en el contenedor de 3-3-3-2. De tal forma, para la última tanda de piezas, una se deja en un almacén temporal, pudiendo así embalar las dos piezas restantes.

Se busca analizar el mejor método y posibles soluciones ante estas diferencias.

- **Carga de disco en bruto:** En la línea 12 esta tarea ocupa un 13,88% de la jornada del operador, mientras que en la Línea 21 es de un 33,07%, dada esta gran diferencia, es necesario su análisis.

Ambas líneas cuentan con ayuda de manipulador para el transporte de piezas, no obstante, se observó que no había un método definido para la carga de bruto en la línea 21, ya que unas veces lo hacían cogiendo las piezas de una en una y otras veces de dos en dos, mientras que en la línea 12 cargan siempre de dos en dos.

Se analizará la mejor forma de realizar esta tarea y se instruirá a los operarios.

- **Control el banco:** Se observa que en la línea 21 esta tarea requiere el triple de tiempo que en la línea 12, siendo la tarea de medir en banco exactamente la misma.

En la línea 12 ocupa un 4,33% mientras que en la línea 21 un 12,94% y esto se debe a la frecuencia con la que se realiza.

Al analizar la pieza de la línea 21 (referencia F1050) se observó que el operador mide cada 6 piezas, principalmente por lo inestable de las radiales (pistas y plano c), mientras que en la L12 la pieza es mucho más estable y se realizan menos número de mediciones.

Se busca las mejores plaquitas y herramientas para el mecanizado de esta referencia.

- **Manipular teclado:** Esta tarea se resume en corregir en los tornos las desviaciones observadas en las mediciones en banco. Esta tarea va ligada a la anterior, mide con tanta frecuencia en banco porque le obliga a meter correcciones en los tornos para llevar el disco en cotas, ocupando un porcentaje en la línea 21 de 7,25% frente al 3,16% de la línea 12.

Se analizará en busca del mejor método para reducir este tiempo si es que es posible, aunque la solución de búsqueda de las mejores plaquitas y herramientas, mencionadas en el apartado anterior, debería solucionar este problema también.

- **Limpieza mascara:** En el proceso de pintura también hay diferencias significativas, ocupando un 11,10% en la línea 21 frente a un 2,04% de la línea 12.

La diferencia es que en la línea 12, el proceso de pintura solo lleva junta y en la línea 21, se necesita limpiar la junta y la máscara, por lo que el tiempo en la línea 12 siempre va a ser menor que en la línea 21, no obstante, debido al tiempo recogido, consideramos que es necesario analizarlo y aunque no se pueda igualar debido a esta diferencia, sí que se puede reducir.

- **Control frecuencial de cotas:** Cada cierto número de piezas, se mide manualmente, para garantizar que la medidora automática existente en la línea mide correctamente.

Esta tarea requiere en la línea 21 un 16,92 % del tiempo de trabajo del operador, mientras que en la línea 12 solo un 3,02%.

Analizando las posibles causas, se observa que, debido a la complejidad de la referencia F1050, el número de características que el operador tiene que controlar es muy alto, es por ello por lo que la diferencia de tiempos sea tan significativa.

La mejora recae en que en línea 12 tras realizar una capacidad de proceso se estableció una frecuencia de control de cada 200 piezas, mientras que en la línea 21 los controles se están haciendo cada 50 piezas, por tanto, hay que analizar si la línea 21 se puede aumentar la cadencia también y si todas las características que se están controlando son necesarias.

6.3.2 DISTRIBUCIÓN DE TAREAS

Se realiza un plan de acciones con la asignación a cada responsable de las tareas a realizar anteriormente descritas en búsqueda del objetivo común.

PLAN DE ACCIÓN KAIZEN LINEA 21 (C519)										
MAQUINA	PROBLEMAS	CAUSA	SOLUCIÓN	RESPONSABLE REALIZACIÓN	FECHA	ESTADO				REV.02
						PLAN	DO	CHECK	ACT	Observaciones
CARGA DE BRUTO										
OP00	el tiempo de carga triplica al tiempo de la L12.	no hay método definido. Unas veces cargan de uno en uno y otras de 2 en 2.	Definir método y dar formación.	M. CONTINUA	546	PLAN	DO	CHECK	ACT	Se reduce la tarea un 31%
EMBALAJE										
OP80	El tiempo de embalaje es alto	por la disposición de las piezas necesitamos utilizar el almacén temporal, esto aumenta el TC.	Modificar disposición de las piezas en el tapiz para no usar el almacén.	M. CONTINUA	546	PLAN	DO	CHECK	ACT	Se reduce la tarea un 11%
LIMPIEZA DE MASCARA										
op110	No hay un método definido	Desconocida	Definir método							
	tiempo elevado en realizar la tarea	con cualquiera de los dos métodos le supone al ayudante 11,10%	Trasladar esta tarea al ayudante de L14, que dispone del tiempo	M. CONTINUA	547	PLAN				
CONTROL FRECUENCIAL										
	tiempo elevado en el registro de citas manuales	Se miden demasiadas características.	se analiza una por una. El recado las que mide la HAA y las que se garantizan por control numérico	Todos	13/11/2018	PLAN	DO	CHECK	ACT	
			realizar cpl del resto de características para establecer frecuencial	Todos		PLAN	DO	CHECK	ACT	No se puede aumentar el frecuencial por no dar Capat.
CONTROL EN BANCO/ MANIPULAR TECLADO										
	Se mide 1/6 piezas en banco	exigida por la característica de la pieza	no aplica		347	PLAN	DO	CHECK	ACT	
FRECUENCIA CAMBIO DE HERRAMIENTA										
	Análisis vida herramienta	Aumentar frecuencia de cambio	la cadencia establecida se da por optima		347	PLAN	DO	CHECK	ACT	

Figura 32: Plan de acciones

6.3.3 RESULTADOS TRAS LA TOMA DE ACCIONES POR OPERACIONES

MEJORA EN CARGA DE BRUTO

Debido a que no había un método definido en la línea, los operadores cargaban bruto de diferente manera, haciendo que la línea no tuviera mucho control sobre esta actividad. Con la realización de la ficha de trabajo a continuación detallada, estandarizamos el modo de empleo para la carga de bruto con el fin de que todos los trabajadores operen de la misma forma y poder observar si este nuevo método es más eficiente que el anterior, mejorando la productividad, a base de disminuir el tiempo unitario de carga de disco.

Se implanta en la línea el método de tal forma que carguen las piezas de dos en dos y con un orden determinado, se da formación a todos los trabajadores (Operador + Ayudante) y se hace otra toma de tiempos para validar el método y tener evidencias de la mejora implantada.

SISTEMÁTICA DE CARGA DE BRUTO

OBJETO: Modo en que el operario debe realizar la carga de bruto.

CAMPO DE APLICACIÓN: Aplicación a todas las piezas de bruto con ingravido de dos piezas simultaneas.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: La carga de bruto de ha de realizar en el orden y de la forma que se detalla a continuación.

1. DISCOS DE BRUTO EN PALET

Abrir el palet de tal forma que las piezas de bruto sigan esta disposición, por lo que, si hay alguna descolocada, orientarla como se observa.

Nota: Depende como oriente el carretillero el palet, el operario empezará por el lado delantero (flecha roja) o por el lado trasero (flecha azul), independientemente de eso, la estrategia será la misma.



Figura 33: Disposición de bruto en el palet

2. CARGA DE BRUTO CON EL PLANO 1/c HACIA ARRIBA

Se comenzará cargando a MANO las piezas de bruto con el plano 1/c boca arriba.

Nota: Depende como esté orientado el palet, por el lado trasero se cargarán inicialmente a mano 3 piezas (como se ve en la imagen), o las dos piezas interiores si está orientado por el lado delantero.

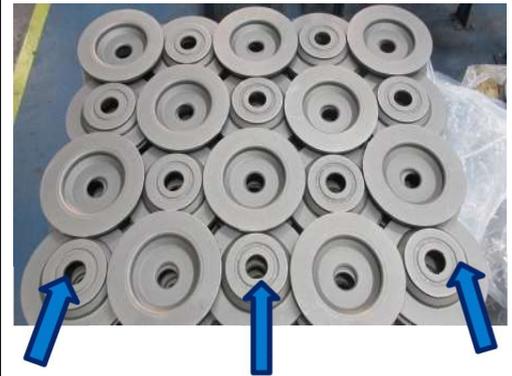


Figura 34: Piezas con el plano 1/c hacia arriba

3. CARGA DE BRUTO CON INGRÁVIDO DE LAS PIEZAS CON EL PLANO 1/c HACIA ABAJO

Se cargará con el ingrávulo las piezas con el plano 1/c hacia abajo de dos en dos, terminando así con la primera fila de piezas de bruto y continuando con la segunda fila de la misma manera que la anterior, así, hasta completar la primera capa para repetir el ciclo de nuevo.



Figura 35: Piezas con el plano 1/c hacia abajo



Figura 37: Posición del manipulador sobre el bruto



Figura 36: Manipulador con dos discos

4. PIEZAS EN LA LÍNEA

Por cada trayecto que haga el operario para la carga de bruto, se cargaran tantas piezas como se necesite para que las cintas estén llenas y haya 12 piezas sobrantes sin introducir.



Figura 38: Piezas de bruto preparadas sobre el teflón

El resultado de la toma de tiempos posterior a la implantación del método es satisfactorio, validando el método y estandarizándolo, ya que se disminuye el tiempo de operación de 0,22 segundos por pieza a 0,15 segundos, lo que supone una reducción de tiempo del 31%.

MEJORA EN INSPECCIÓN VISUAL Y EMBALAJE

En esta operación sí que existía un método de trabajo, pero estaba poco detallado y requería cambios. Se establece como con la carga de bruto, una nueva ficha de trabajo, exponiendo el nuevo método para el embalaje de discos, en concreto, como se muestra en la ficha, se suprime el almacén temporal haciendo que en el tapiz salgan el número exacto de piezas que entran en el contenedor por capas, como está implantado en otras líneas, esto debería suponer una mejora de tiempos considerable que tendremos que medir posteriormente para validarlo.

De igual manera, se explica la forma de hacer el control visual de la pieza y el orden de los pasos a seguir para la detección de posibles poros, ya que como se comentaba antes, el método anterior no era lo suficientemente detallado. Además, se introduce el modo de operar cuando se encuentra una pieza defectuosa (con poros), ya que, debido a esto, como en el tapiz salen el número exacto de piezas por capa que irá en el contenedor, si existe un rechazo de una pieza, la capa queda incompleta, descuadrando todas capas posteriores. Para solucionar este problema, la maquinaria cuenta con un programa que solicita la salida de una nueva pieza, que ocupará el puesto de la pieza rechazada y completará la capa.

Se da formación a todos los trabajadores que tienen esta tarea para que la realicen tal y como está en la ficha de trabajo. Se hace una nueva medición de tiempos para normalizar el método si el resultado es satisfactorio o descartarlo y buscar uno nuevo si se empeora.

El resultado del estudio fue el esperado, consiguiendo reducir el tiempo unitario de operación, pasamos de un tiempo por pieza en el embalaje de 0,30 segundos a 0,24 segundos lo que implica una reducción de un 20% solo por mejora de método.

SISTEMÁTICA DE CARGA DE BRUTO

OBJETO: Modo en que el operario debe embalar las piezas en los contenedores

CAMPO DE APLICACIÓN: Todo tipo de piezas que se embalen con manipulador.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: El embalaje se debe realizar en el orden y de la forma que se detalla a continuación.

1. DISPOSICION EN CINTA INSPECCIÓN VISUAL PARTE SUPERIOR

En los tapices debemos tener la misma disposición de piezas que luego en los contenedores. Ya sea 3-3-2, 3-3-3-2, etc. De esta forma no se utiliza el almacén temporal de piezas.

Inicialmente, con las piezas según llegan en el tapiz, se hace el control visual de la cara A y del plano 1/c.



Figura 39: Disposición de las piezas en el tapiz

2. INSPECCIÓN VISUAL CONTORNO PIEZA

La segunda inspección se hace con las piezas cogidas con el manipulador como se muestra en la imagen, y se inspecciona el canto de la pieza (Diámetro externo y diámetro buje externo)



Figura 42: Piezas en posición de contornos

3. INSPECCIÓN VISUAL DEL INTERIOR DE LA PIEZA

Para finalizar, se voltea la pieza con el manipulador para inspeccionar la cara B, plano de apoyo y buje interno.

Nota: Una vez terminado, se vuelven a voltear las piezas mientras se transportan al contenedor donde se embalarán.



Figura 40: Piezas en posición de volteo

4. CÓMO PROCEDER SI TENEMOS UN RECHAZO

En el pupitre de Ingersun, pulsamos en "manual" y luego en "petición de pieza".



Figura 41: Pantalla inicio Ingersun



Figura 43: Pantalla manual Ingersun

5. ORIENTACIÓN DE LOS CONTENEDORES

Los contenedores los colocaremos como muestra la imagen, de esta forma el embalaje se realiza más ergonómico.



Figura 44: Posición de los contenedores de embalaje

MEJORA EN FRECUENCIAL DE COTAS

Como ya mencionamos al inicio del estudio, en el control de cotas manuales Inicialmente se medía unas características de pieza con una frecuencia determinada

REGISTRO DE MEDIDAS MANUALES																		F-GC-F1051-21-01 Revisión:03		
OPERADOR:			Contador de control:			N° INC			BL		Fecha:			Turno:						
JEFE DE TURNO:			FRECUENCIA 1/50															Lín.		
COTA	C E	DESCRIPCIÓN	INICIO TURNO		MEDIDA															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Ø302,22																				
Ø301,78	SC	DIÁMETRO EXTERNO																		
Ø213,1		DIÁMETRO INTERIOR PISTA B																		
Ø212,9																				
Ø185,85		DIÁMETRO BUJE INTERNO																		
Ø185,65																				
Ø136,5 MIN		DIÁMETRO MÍNIMO DE C																		
0,49		CH Ø EXTERNO - PISTA B																		
0,31																				
40,69		DISTANCIA PISTA B - 1/C																		
40,71																				
32,08		DISTANCIA DESCARGA - C																		
31,72																				
3,35		CH PLANO C - AGUJERO																		
3,02																				
0,036	CC	RADIAL C																		
RADIAL	CC	CONCAVIDAD PLANO C	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK
Ø213,1		DIÁMETRO INTERIOR PISTA A																		
Ø212,9																				
Ø196,35		DIÁMETRO CANAL																		
Ø196,15																				
Ø194,975		DIÁMETRO PESTAÑA BUJE EXTERNO																		
Ø194,775																				
Ø185,35		DIÁMETRO BUJE EXTERNO																		
Ø185,15																				
0,22		CONCENTRICIDAD DIÁMETRO EXTERNO																		
0,22		CONCENTRICIDAD BUJE EXTERNO																		
Ø143,1		DIÁMETRO ANILLO MECANIZADO - 1/C																		
Ø142,9																				
Ø118,9		DIÁMETRO ANILLO EN BRUTO - 1/C																		
Ø117,3																				
0,49		CH Ø EXTERNO - PISTA A																		
0,31																				
0,59		PROFUNDIDAD ANILLO MECANIZADO - 1/C																		
0,41																				
1		PROFUNDIDAD ANILLO EN BRUTO - 1/C																		
0,6																				
6,48		DISTANCIA PESTAÑA BUJE EXT - PISTA A																		
6,12																				
26,82		DISTANCIA PLANO APOYO - CANAL																		
26,62																				
0,79		DISTANCIA DESCARGA - PISTA B																		
0,61																				
0,036	CC	RADIAL 1/C																		
RADIAL	CC	CONCAVIDAD PLANO 1/C	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK	OK / NO OK
COMPROBACION MEDICION EN PROCESO OP10 3/TURNO																				
ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP			SP1	SP2	SP1	SP1	SP2	SP1	ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP			SP1	SP2	SP1	SP1	SP2	SP1			
DIÁMETRO EXTERNO	VALOR M.I					VALOR REAL ±0,05			DIÁMETRO BUJE EXTERNO	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05						
DIÁMETRO AGUJERO	VALOR M.I					VALOR REAL ±0,05			ALTURA PLANO 1/C	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05						
DIÁMETRO BUJE INTERNO	VALOR M.I					VALOR REAL ±0,05			DIÁMETRO INTERIOR CANAL	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05						
ALTURA PLANO APOYO	VALOR M.I					VALOR REAL ±0,05			ALTURA PISTA A	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05						
									ALTURA PISTA B	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05						
FRECUENCIA 1/CADA 2 CAMBIOS DE CUCHILLA. (EL PRIMER CAMBIO DEL TURNO MEDIR 1ª Y ÚLTIMA)																				
Ra 5,67		RUGOSIDAD PLANO 1/C																		
Ra 1,44	SC	RUGOSIDAD PISTA A																		
Rp 5 Máx	SC	RUGOSIDAD PISTA A																		
Ra 1,44	SC	RUGOSIDAD PISTA B																		
Rp 5 Máx	SC	RUGOSIDAD PISTA B																		
COD. EQUIPOS DE MEDIDA (comprobar al inicio de turno que el equipo es el indicado en la hoja de equipos de control por puesto de trabajo)																				
BANCO TAMBOR:			CALIBRE INTER.:			MÁRMOL:														
CALIBRE (0-300):			MICROMETRO:			OTROS:														
BANCO PARAL.:			ALTIMETRO:																	

Figura 45: Registro de medidas manuales

El registro de cotas manuales tiene como finalidad el control de calidad de la pieza, observando en todo momento que las dimensiones están dentro de tolerancias, para que, en el momento en el que no lo estén, corregir la desviación o cambiar las herramientas si es por motivo de desgaste de ésta.

En concreto son 26 características a medir por el operario según marca la guía de control, que inicialmente se tomaban las medidas a mano, pero debido a que era una tarea tediosa y requería mucho tiempo, se informatizó para que se grabaran automáticamente las medidas que se iban midiendo con los diferentes calibres.

No obstante, el número de características de la pieza es muy alto, se estudia reducirlas a exclusivamente las necesarias.

Tras un estudio de todas las cotas y del procedimiento de fabricación (necesario plano de la pieza), se observó que muchas medidas eran innecesarias, debido a que algunas ya las medía la medidora automática incluida en el proceso de fabricación, y otras se podían eliminar ya que realizaba esas operaciones la misma cuchilla, por lo que el desgaste y por tanto la salida de tolerancias dimensionales se sabría con conocer una sola característica que realice esa misma cuchilla. En concreto pasamos de 26 características a las 13 recogidas en Figura 46.

Por último, todas las características que eran estrictamente necesarias de medir, se realiza un estudio de capacidad de proceso para poder ver si se puede disminuir la frecuencia de medición pasando de medir cada 50 piezas a hacerlo cada 200 piezas sin que haya ningún riesgo de cumplimiento de calidad.

¿Para qué sirve un estudio de capacidad?

Para saber si un proceso está o no bajo control, lo que se resume en:

- Poder predecir lo que hará en el futuro, en términos de su desempeño promedio y variación.
- Poder calcular la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones.
- Poder reducir la variación de los procesos y sus costos.

Control de proceso:

Estabilidad a través del tiempo, el proceso sigue una línea de tendencia constante sin experimentar cambios en su comportamiento

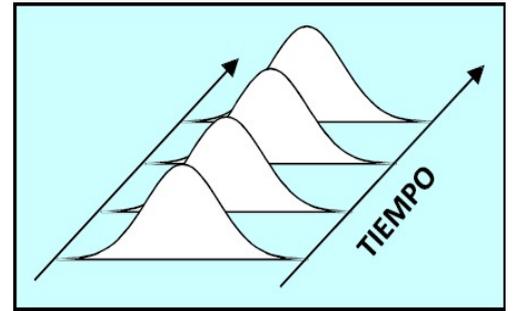


Figura 46: Control de proceso

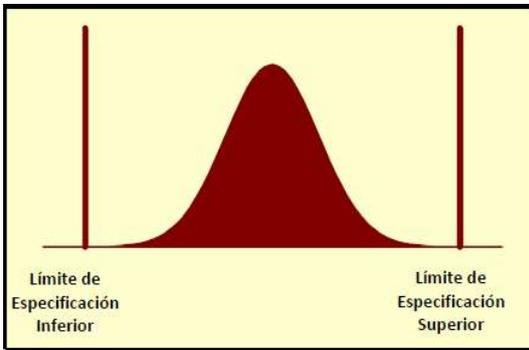


Figura 47: Capacidad de proceso

Capacidad de proceso (C_p):

La capacidad de un proceso estable para cumplir con las especificaciones dimensionales (anchura de la campana)

El índice C_p refleja el potencial del proceso si el promedio estuviera perfectamente concentrado entre los límites de especificación.

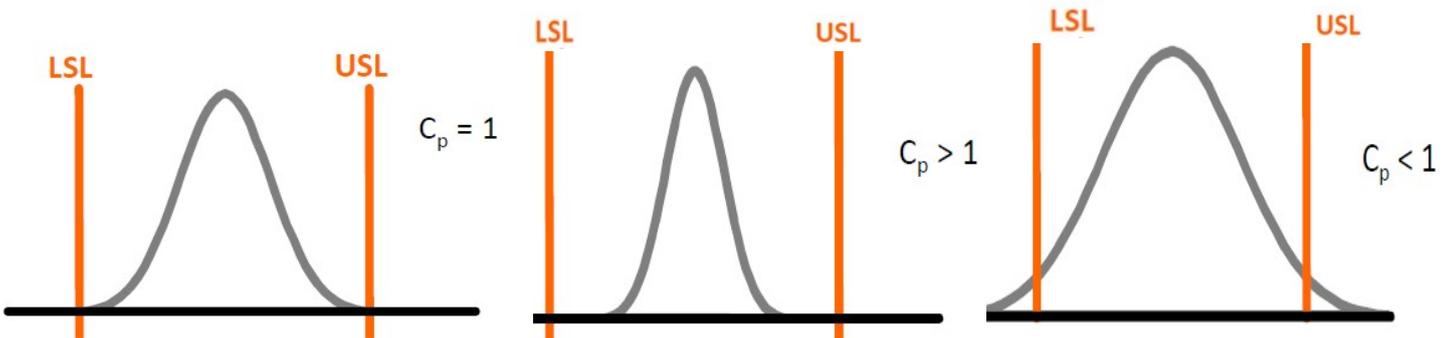


Figura 48: Ejemplo de valores de C_p

El índice C_{pk} toma en cuenta el desplazamiento fuera del centro del proceso.

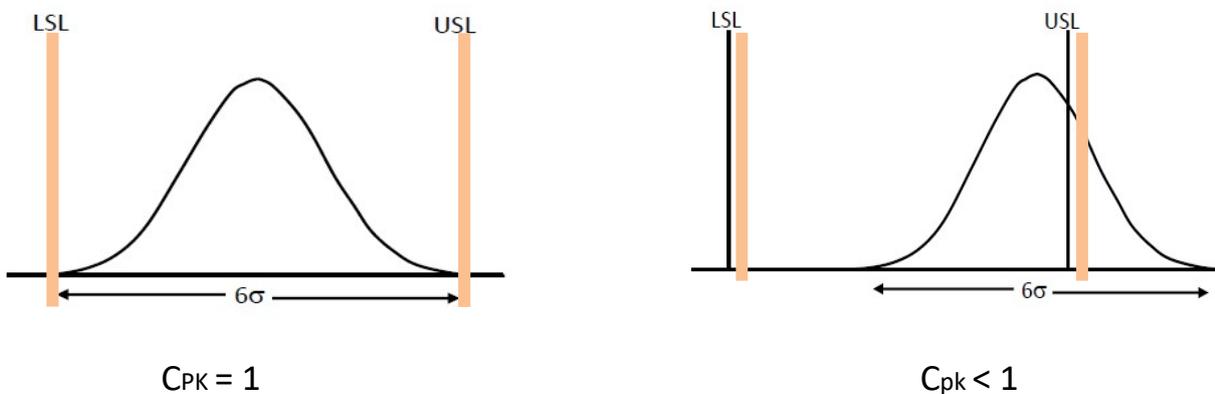


Figura 49: Ejemplo de valores C_{pk}

¿Cómo calcular el Cp y Cpk de un proceso?

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

$$C_{pk\ inferior} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}}$$

$$C_{pk\ superior} = \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}$$

- Siendo σ la desviación estándar del proceso dependiente de la desviación unitaria de la muestra “R” y un valor constante que depende del tamaño del subgrupo de valor conocido, “d” $\sigma = \frac{R}{d}$
- USL y LSL son los límites superiores e inferiores de nuestro proceso respectivamente.
- X es el promedio de los valores de nuestro proceso

Para que un proceso sea capaz establecemos un criterio de:

1. $C_p > 1,3$
2. $\min(C_{pk\ superior}, C_{pk\ inferior}) > 1,3$

En el anexo 2 se adjunta la recopilación de las mediciones de los cuales se obtienen los siguientes datos necesarios para nuestro estudio de capacidad.

La tabla resumen muestra todos los parámetros necesarios para el cálculo del C_p y del C_{pk} de las 13 características que tiene la pieza tras la mejora.

	Diametro externo (270.78-271.22) "SC"	Diametro buje interno (156.03-156.47)	Bisel Ø ext-pista B (0.31-0.49)	Distancia descarga-plano C (30.92-31.28)	Bisel plano C-agujero (3.02-3.38)	Concentricidad Ø externo (0.22 max)	Concentricidad ad buje externo (0.22 max)	Diametro buje ext (150.03-150.47)	Diametro canal (165.85-166.15)	Bisel Ø ext-pista A (0.31-0.49)	Profundidad anillo bruto 1/C (0.5-1.1)	Distancia pestaña buje ext-pista A (1.62-1.98)	Distancia plano C-canal (26.22-26.58)
Limite superior (USL)	271,22	156,47	-0,31	31,28	-3,02	0,22	0,22	150,47	166,15	-0,31	-0,5	1,98	26,58
Limite inferior (LSL)	270,78	156,03	-0,49	30,92	-3,38	0	0	150,03	165,85	-0,49	-1,1	1,62	26,22
Máximo	271,11	156,41	-0,31	31,141	-3,028	0,2	0,2	150,39	166,15	-0,31	-0,55	1,923	26,563
Mínimo	270,83	156,08	-0,49	30,929	-3,333	0,01	0,03	150,1015	165,88	-0,49	-0,989	1,646	26,23
Desviación estandar	0,07	0,08	0,04	0,04	0,07	0,04	0,05	0,07	0,08	0,05	0,11	0,08	0,09
Promedio	271,01	156,23	-0,41	31,06	-3,12	0,10	0,12	150,25	166,02	-0,40	-0,77	1,78	26,41
CP	1,11	0,90	0,72	1,63	0,87	1,01	0,77	1,01	0,65	0,65	0,88	0,75	0,67
CPK	1,05	0,82	0,62	1,27	0,47	1,08	0,73	0,98	0,55	0,65	0,78	0,64	0,62
CPK inferior	1,177	0,820	0,620	1,266	1,282			1,029	0,756	0,649	0,984	0,643	0,714
CPK superior	1,052	0,986	0,814	1,994	0,468	1,075	0,729	0,985	0,547	0,659	0,784	0,850	0,619

Tabla resumen estudio de capacidad

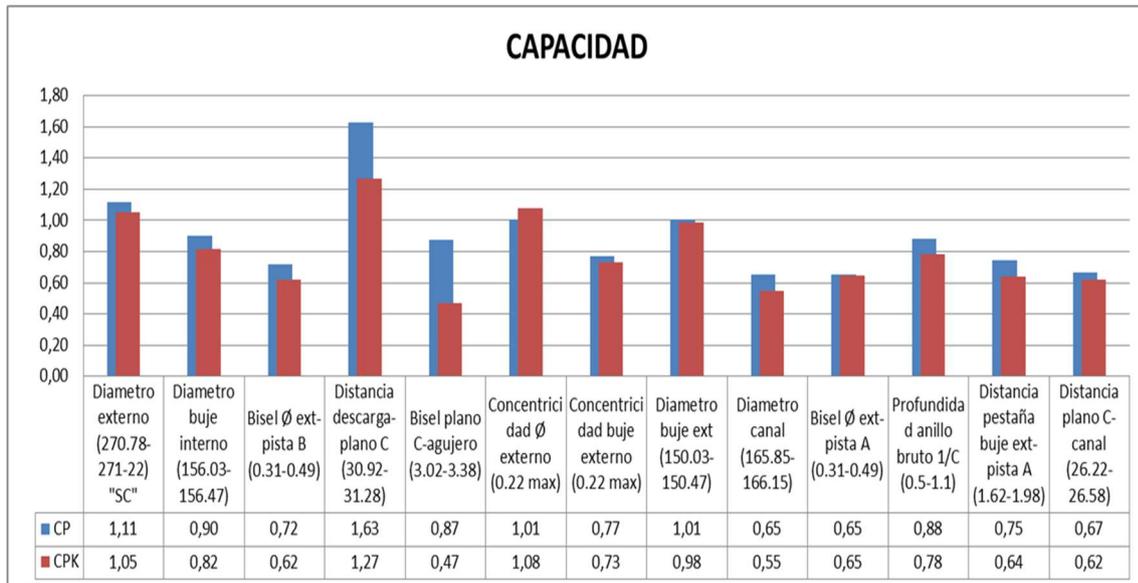


Figura 50: Gráfico de capacidad

El estudio de capacidad nos da como resultado no capaz, ya que ninguna característica supera en C_p y en C_{pk} el valor de 1,3 luego no podemos disminuir la frecuencia de control de las cotas manuales a cada 200 piezas.

No obstante, las operaciones OP40 (control de taladros) y OP50 (equilibrado) se cambia de cada 50 piezas a cada 200 y 350 piezas respectivamente, debido a la regularidad y ausencia de riesgos que tienen dichas operaciones.

Tras la reducción de las cotas manuales a las necesarias, y sin poder modificar las frecuencias de medición, la ficha final queda:

REGISTRO DE MEDIDAS MANUALES																F-GC-F1051-21-01 Revisión:04											
OPERADOR:				Contador de control:				Nº INC				BL		Fecha:		Turno:											
JEFE DE TURNO:				FRECUENCIA 1/50																							
COTA	C E	DESCRIPCIÓN	MEDIDA																								
			INICIO TURNO	FINAL TURNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16							
Ø302,22 Ø301,78	SC	DIÁMETRO EXTERNO																									
Ø185,85 Ø185,65		DIÁMETRO BUJE INTERNO																									
0,49 0,31		CH Ø EXTERNO - PISTA B																									
32,08 31,72		DISTANCIA DESCARGA - C																									
3,38 3,02		CH PLANO C - AGUJERO																									
Ø196,35 Ø196,15		DIÁMETRO CANAL																									
Ø165,35 Ø165,15		DIÁMETRO BUJE EXTERNO																									
⊙ 0,22		CONCENTRICIDAD DIÁMETRO EXTERNO																									
⊙ 0,22		CONCENTRICIDAD BUJE EXTERNO																									
0,49 0,31		CH Ø EXTERNO - PISTA A																									
0,59 0,41		PROFUNDIDAD ANILLO MECANIZADO - 1/C																									
1 0,6		PROFUNDIDAD ANILLO EN BRUTO - 1/C																									
26,82 26,62		DISTANCIA PLANO APOYO - CANAL																									
COMPROBACION MEDICION EN PROCESO OP10 3/TURNO								COMPROBACION MEDICION EN PROCESO OP20 3/TURNO																			
ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP				SP1	SP2	SP1		SP1	SP2	SP1	ALTERNAR MEDIDAS EN CADA SP				SP1	SP2	SP1		SP1	SP2	SP1						
DIÁMETRO EXTERNO	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05				DIÁMETRO BUJE EXTERNO	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05													
DIÁMETRO AGUJERO	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05				ALTURA PLANO 1/C	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05													
DIÁMETRO BUJE INTERNO	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05				DIÁMETRO INTERIOR CANAL	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05													
ALTURA PLANO APOYO	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05				ALTURA PISTA A	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05													
									ALTURA PISTA B	VALOR M.I				VALOR REAL ±0,05													
FRECUENCIA 1/CADA 2 CAMBIOS DE CUCHILLA. (EL PRIMER CAMBIO DEL TURNO MEDIR 1ª Y ÚLTIMA)																											
Ra 5,67		RUGOSIDAD PLANO 1/C																									
Ra 1,44	SC	RUGOSIDAD PISTA A																									
Rp 5 Máx	SC	RUGOSIDAD PISTA A																									
Ra 1,44	SC	RUGOSIDAD PISTA B																									
Rp 5 Máx	SC	RUGOSIDAD PISTA B																									
COD. EQUIPOS DE MEDIDA (comprobar al inicio de turno que el equipo es el indicado en la hoja de equipos de control por puesto de trabajo)																											
BANCO TAMBOR:								CALIBRE INTER.:								MÁRMOL:											
CALIBRE (0-300):								MICRÓMETRO:								OTROS:											
BANCO PARAL.:								ALTIMETRO:																			

Figura 51: Registro de medidas manuales

MEJORA EN CONTROL DE BANCO Y MANIPULACIÓN DE TECLADO

Como introdujimos anteriormente, observamos que se media en exceso en banco debido a la inestabilidad de las radiales (pistas y plano c) con su consiguiente operación de corregir aquellos parámetros que hacían que estas características se salieran de tolerancias.

Se busca la mejor combinación de herramientas/plaquitas que trabajen de la forma más estable posible para que no sea necesario medir en banco y corregir tan frecuentemente.

Se llega a la conclusión de que las herramientas actuales ya son las que mejor se adaptan a las necesidades que buscamos y no podemos mejorar en este aspecto. Luego damos por optimizada dicha tarea no pudiendo recortar en tiempos.

MEJORA EN PINTURA: LIMPIEZA DE MÁSCARA

La operación de pintura tiene varias tareas, una de ellas es la limpieza de las máscaras, que se realiza cada cierto número de piezas y es necesario para que la pintura se adhiera correctamente al producto.

Se observa que no hay un método estandarizado sobre la limpieza de la máscara, unos operarios la limpian a mano, con un útil, eliminando el sobrante de pintura que se ha quedado impregnado en la máscara, mientras que otros, la llevaban a una lavadora situada en las cercanías de la línea. En ambos casos, se cuenta con dos máscaras y dos juntas en la línea, de tal forma que una está trabajando y la otra está limpia y preparada para cuando se requiera el cambio, de tal forma, la línea está siempre funcionando. Se estudia el mejor método para que todos los operarios realicen la limpieza de máscaras de la misma manera.

Sabemos que:

1°. La tarea de la limpieza de máscara más junta a mano requiere un tiempo de **6** minutos.

2°. Si se limpia la máscara en la lavadora, hay que contar el tiempo que tarda el operario en desplazarse hasta ella y volver (esta operación dos veces, una para dejar la máscara en la lavadora, y otra para recogerla ya limpia), además de una posterior comprobación de su correcta limpieza, obteniendo un tiempo de **4,62** minutos.

El segundo método es apreciablemente mejor, luego descartamos la opción de la limpieza a mano.

Aun ya con el método definido, intentamos mejorar el tiempo de dicha tarea, y se estudian dos propuestas:

- Comprar una máscara adicional, así la línea contaría con tres máscaras en vez de dos, teniendo dos recambios limpios, de tal forma que la necesidad de ir a la lavadora nada más realizar el cambio, se eliminaría, ya que contaríamos con otra máscara limpia, por ello la limpieza de máscara se realizaría cada dos cambios en vez de uno, y cuando fuera necesario llevarlas a la lavadora, se llevarían las dos a la vez, aprovechando el desplazamiento y optimizando dicha tarea.

La experiencia nos dice, que, si la máscara del primer recambio se deja con el exceso de pintura sin limpiar hasta que el segundo recambio termine, ésta se seca, dificultando la perfecta limpieza en la lavadora y quedando restos, por lo que se estudia una segunda propuesta.

- Comprar una lavadora nueva, más rápida y preparada para la limpieza de este tipo de máscaras, que no requiera de la comprobación del operador cuando vaya a recoger la máscara a la lavadora.

Dejamos ambas propuestas en estudio y simplemente instruimos a los operadores que la limpieza de máscara la hagan llevándola a la lavadora.

6.3.4 CONCLUSIONES Y COMPARATIVA PARA VALORAR RESULTADOS

Tomadas las acciones anteriores, medimos la saturación global durante 100 minutos del operador y ayudante de la línea 21, obteniendo nuevos resultados y comparándolos con los tiempos que teníamos inicialmente en la línea antes de las modificaciones.

Comparativa F1050_Inicial vs F1050_Final						
Actividad		F1050		F1050		
		t unitario (min)	%Total	t unitario (min)	%Total	
Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	2,25	1,73%	Cambio cuchillas (OP10)	2,25	1,73%
	Cambio cuchillas (OP20)	3,24	3,15%	Cambio cuchillas (OP20)	3,24	3,15%
	Cambio cuchillas (OP30)	4,60	7,41%	Cambio cuchillas (OP30)	4,60	7,41%
	Carga de disco	0,22	33,07%	Carga de disco	0,15	22,55%
	Preparar jaula de embalaje L12 (1/120)	1,13	2,87%	Preparar jaula de embalaje (1/60)	1,13	2,87%
	Cerrar cajon completo (1/120)	0,72	1,83%	Cerrar cajon completo (1/60)	0,72	1,83%
	Colocar plancha de espuma L12	0,22	3,05%	Colocar plancha de espuma	0,22	3,05%
	Colocar separador de cartón L12	0,11	1,65%	Colocar separador de cartón	0,11	1,65%
	Abrir palet de bruto	1,27	1,36%	Abrir palet de bruto	1,27	1,36%
	Quitar palet de bruto	0,23	0,25%	Quitar palet de bruto	0,23	0,25%
	Llamar al carretillero para cambio palet	0,50	1,27%	Llamar al carretillero para cambio palet	0,50	1,27%
	Embalaje de disco (con ingrávodo) L12	0,27	40,58%	Embalaje de disco (con ingrávodo)	0,24	36,08%
	Controles y reg. según GC OP30 (1/200)	3,80	11,73%	Controles y reg. según GC OP30	2,87	8,86%
	Controles y reg. según GC: OP40 (2/200)	0,88	2,72%	Controles y reg. según GC: OP40	0,67	1,34%
	Controles y reg. según GC: OP50 (1/200)	0,80	2,47%	Controles y reg. según GC: OP50	0,80	0,38%
	Controles fuera de frecuencia en 100 min *4,8	2,00	0,46%	Controles fuera de frecuencia en 100 min *4,8	2,00	0,46%
	Control rugosidad (1/100) ***	0,78	1,30%	Control rugosidad	0,78	1,30%
	PINTURA: Cambio de máscara (1/80)	0,83	1,54%	PINTURA: Cambio de máscara	0,83	1,54%
	PINTURA: Limpieza de máscara (1/80)	6,00	11,10%	PINTURA: Limpieza de máscara	4,35	8,05%
	PINTURA: Controles y reg. según GC	2,20	0,52%	PINTURA: Controles y reg. según GC	2,20	0,52%
	Pasar control patrón de calidad	0,50	0,48%	Pasar control patrón de calidad	0,50	0,48%
	Sacar etiqueta de embalaje	0,35	0,16%	Sacar etiqueta de embalaje	0,35	0,16%
	Controles en banco (1/13,3)	0,50	12,94%	Controles en banco (1/6)	0,48	11,62%
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	70,46	16,29%	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	70,46	16,29%
	Control de producto (CP)	1,86	0,00%	Control de producto (CP)	1,86	0,00%
	Cambio de bote de pintura	1,66	0,00%	Cambio de bote de pintura	1,66	0,00%
	Verificación equipos de medida ***	5,00	1,16%	Verificación equipos de medida ***	5,00	1,16%
	Verificación visual (*4,8)	5,56	1,29%	Verificación visual (*4,8)	5,56	1,29%
	Automantenimiento	5,00	1,16%	Automantenimiento	5,00	1,16%
	Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min	5,00	1,16%	Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8	5,00	1,16%
	Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min *	31,34	7,25%	Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)	13,20	3,05%
	Introducción en bonos parte de trabajo	5,00	1,16%	Introducción en bonos parte de trabajo	5,00	1,16%
	Rellenar carro de cartones	1,77	0,82%	Rellenar carro de cartones	1,77	0,82%
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***	1,00	0,93%	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***	1,00	0,93%	
			174,83%		144,90%	

Figura 52: Tiempos estado inicial (izquierda) Vs estado final (derecha)

Como resultado, se reduce la saturación global de inicialmente 174,83% (es superior a 100% ya que es la suma de la saturación del operador más la del ayudante) a 144,9% lo que se resume en una disminución de saturación entre los dos trabajadores de un 29,93%.

Si analizamos por tareas los nuevos tiempos obtenidos gráficamente, observamos que las tareas con mayor porcentaje han disminuido considerablemente a valores más parecidos con otras operaciones

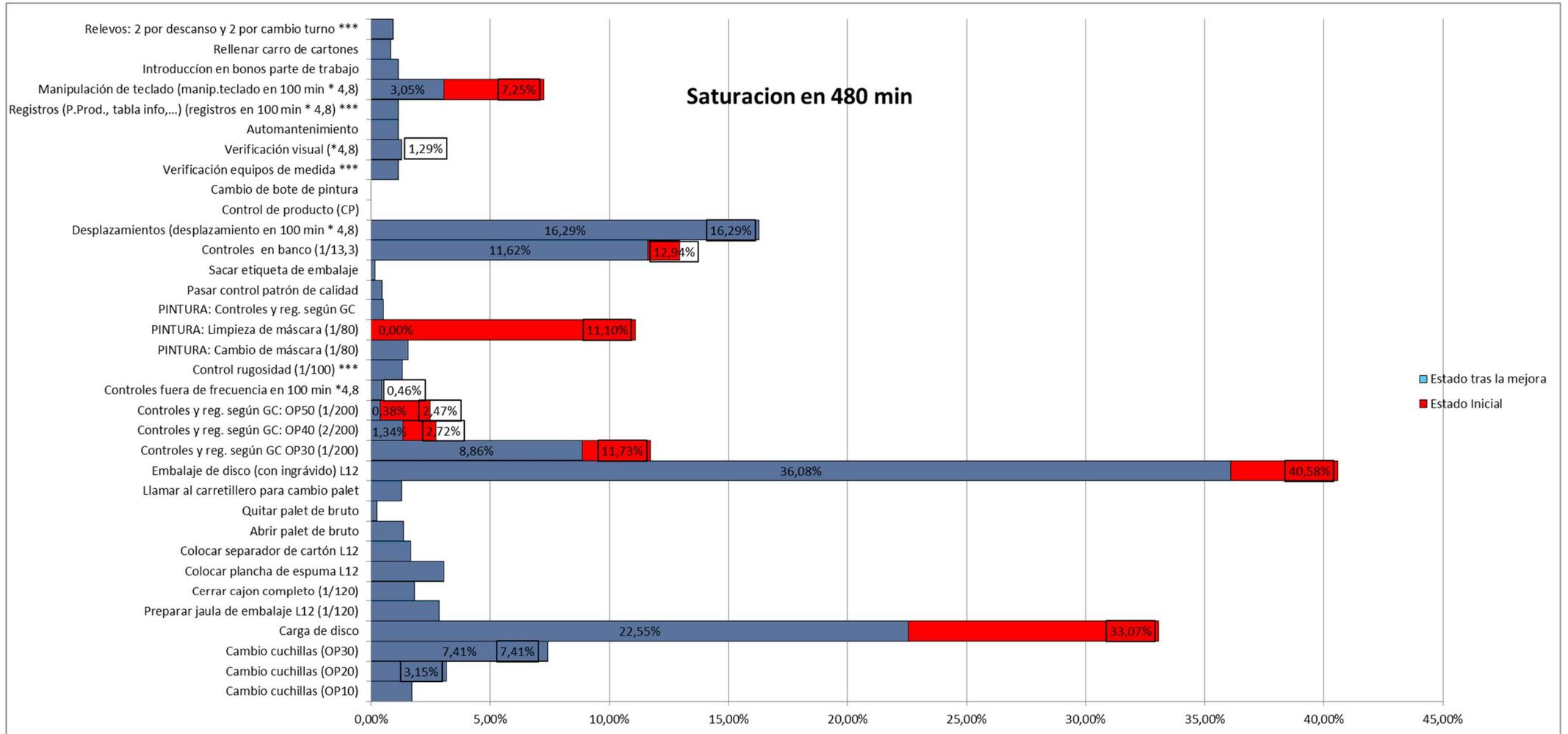


Figura 53: Gráfico estado inicial Vs estado final

6.3.5 DEFINICIÓN DE TAREAS OPERADOR + AYUDANTE DE LA LINEA 21

Hasta ahora, hemos optimizado todas las operaciones de la línea 21 para mejorar su eficiencia y realizar las mismas operaciones en menos tiempo, pero no olvidemos que nuestro objetivo no es solo mejorar la línea, sino reorganizar las tareas para la introducción de las operaciones de pintura de la línea 16 y línea 17.

Por tanto, una vez medidas y optimizadas las tareas, se redefinen, para establecer quien las realiza, ya que ese 144,9% de saturación no interesa que esté repartido equitativamente, sino, que el operador de la línea este con una ocupación en torno al 80% - 90% y el ayudante por contra quede más liberado para que a priori se le pueda asignar las operaciones de pintura.

Por tanto, en la línea 21:

- Operador:

- Tareas habituales
- + 100% carga de bruto La saturación del operador queda en: **87,93%**
- Control pieza pintada

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA										Puesto: Operador L21, 2 op por línea			
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F1050			
Condiciones:													
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CC OP30								
41,1	480,00	700			50								
					Bruto/conten ^m	108							
					Discos/conten ^m	60							
					Kits/conten ^m	7							
SUPUESTO 1: Sin averías ni incidentes					Planchas cartón ^m	7							
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30					Planchas espuma ^m	6							
		Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	200	4,00	100	2,00	2,00	8,00	11%	8,88	1,85%		
		Cambio cuchillas (OP10)	400	2,00	100	0,62	0,62	1,24	11%	1,38	0,29%		
		Cambio cuchillas (OP20)	100	7,00	100	0,92	0,92	6,44	11%	7,15	1,49%		
		Cambio cuchillas (OP20)	200	4,00	100	1,62	1,62	6,48	11%	7,19	1,50%		
		Cambio cuchillas (OP20)	400	2,00	100	0,82	0,82	1,64	11%	1,82	0,38%		
		Cambio cuchillas (OP30)	50	14,00	100	1,48	1,48	20,72	11%	23,00	4,79%		
		Cambio cuchillas (OP30)	100	7,00	100	1,07	1,07	7,49	11%	8,31	1,73%		
		Cambio cuchillas (OP30)	200	4,00	100	1,42	1,42	5,68	11%	6,30	1,31%		
		Cambio cuchillas (OP30)	600	2,00	100	0,55	0,55	1,10	11%	1,22	0,25%		
		Control según gama de control OP110 (pintura)	700	1	100	2,2	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%		
	Carga de disco	1	700,00	100	0,15	0,15	105,00	11%	116,55	24,28%			
	Controles y reg. según CC: OP30	50	14,00	100	2,87	2,87	40,18	14%	45,81	9,54%			
	Controles y reg. según CC: OP40	50	14,00	100	0,33	0,33	4,62	14%	5,27	1,10%			
	Controles y reg. según CC: OP40	200	4,00	100	0,34	0,34	1,36	14%	1,55	0,32%			
	Controles y reg. según CC: OP50	350	2,00	100	0,80	0,80	1,60	14%	1,82	0,38%			
	Control rugosidad	100	7,00	100	1,50	1,50	10,50	14%	11,97	2,49%			
	Pasar control patrón de calidad	700,00	4,00	100	0,37	0,37	1,48	14%	1,69	0,35%			
	Controles en banco	6,37	110,00	100	0,48	0,48	52,25	14%	59,57	12,41%		311,98	66%
	Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	-	-	100	48,14	48,14	48,14	11%	53,44	11,13%		
		Verificación equipos de medida ***	-	-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%		
Verificación visual (*4,8)		-	-	100	13,82	13,82	13,82	11%	15,34	3,20%			
Automantenimiento		1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%				
Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8) ***		-	-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)		-	-	100	13,20	13,20	13,20	11%	14,65	3,05%			
Introducción en bonos parte de trabajo		-	-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***	-	4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%		110,07	23%	
Incidencias	Incidencias	-	-	100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Segregar rechazo	1	-	100	0,00	0,00	0,00	14%	0,00	0,00%			
	Avería	-	-	100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%	
Inactividad	Inactividad	-	-	100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Comentario	-	-	100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%	
t sin asignar		-	-	-	-	-	102,86	-	57,95	-			
		-	-	-	-	-	480	-	422	87,93%			
Ocupación del puestas:												87,93%	

Figura 54: Saturación operador L21

- Ayudante:

- Se elimina la carga de bruto
- Se elimina el control de pieza pintada La saturación del ayudante queda en: **56,97%**
- Se elimina la limpieza de máscara

AYUDANTE -CARGA DE TRABAJO ESTANDAR										Puesto:	Operador L21, 2 op por línea			
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F1050				
Condiciones:														
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CCOP30									
41,1	480,00	700			50									
					Bruto/conten=	160								
					Discos/conten=	99								
					Kits/conten=	-								
					Planchas cartón=	11								
					Planchas de espuma	10								
SUPUESTO I: · Sin averías ni incidentes														
· Dos contenedores en el puesto de embalaje														
			Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuenciales	Verificación visual y embalaje de discos (OP80)	1	700	100	0,24	0,24	168	11%	186,48	38,85%	207,36	47,95%	
		Manip. Embalajes - separador de cartón entre capas	11	64	100	0,11	0,11	7,04	11%	7,8144	1,63%			
		Manip. Embalajes - separador de espuma	11	64	100	0,17	0,17	10,88	11%	12,0768	2,52%			
		Manip. Embalajes - cerrar contenedor y control elementos de embalaje	99	8	100	0,72	0,72	5,76	11%	6,39	1,33%			
		Manip. Embalajes - Preparar cajon nuevo	99	8	100	1,13	1,13	9,04	11%	10,03	2,09%			
	Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial	90	8	100	0,83	0,83	6,64	11%	7,37	1,54%				
	Registros (P.Prod., tabla inf, parte embalaje, registros pintura, etc)		-	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%				
	Verificación equipo de medidas y su registro		1,00	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%				
	Controles pintura, según gama de control (1/día)		1	100	1,86	1,86	1,86	14%	2,1204	0,44%				
	Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día)		1,00	100	1,66	1,66	1,66	14%	1,89	0,39%				
	Verificar la conformidad del puesto según "ficha estado ref"		1	100	2	2	2	11%	2,22	0,46%				
	Sacar etiqueta		350	2,00	100	0,35	0,35	0,70	11%	0,78	0,16%			
	Solicitar al carretillero el cambio de contenedores		99	8,00	100	0,50	0,5	4,00	11%	4,44	0,93%			
	Rellenar carro cartones		350	2,00	100	1,08	1,08	2,16	11%	2,40	0,50%			
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)		-	100	12,50	12,5	12,50	11%	13,88	2,89%				
	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno			4,00	100	1,00	1	4,00	11%	4,44	0,93%			
	Incidencias	Incidencias				100	0,00	0	0,00	11%	0,00			0,00%
Avería					100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
Inactividad	Inactividad	Esperas			100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%		0,00%	
	Comentario				100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
t sin asignar										233,76				
										480				
										Ocupación del puesto con descansos:		56,97%		

Figura 55: Saturación ayudante L21

Con el resultado anterior, el ayudante ha quedado lo suficientemente liberado para poder realizar las tareas de pintura. Simulamos pues, como sería su situación añadiendo dichas operaciones.

Ayudante L21:

- No carga bruto de la línea 21.
- Limpieza máscara L21, L16 y L17 (inicialmente se pensó que la limpieza de la máscara de la L21 la realizara el ayudante de la L14 que por sus tareas tiene tiempo, pero no es una buena solución ya que es muy sensible a posibles incidencias o parones de línea, es decir, si la línea 14 por avería está parada, no hay operarios, y por tanto la operación de limpieza de máscara quedaría sin asignar provocando una saturación mayor a otro trabajador, mejor entonces que la actividad la haga directamente el ayudante de la L21).
- Control pintura (medida de espesor de la pintura) en la L21, L16 y L17.
- Cambio bote de pintura L21, L16 y L17.

AYUDANTE -CARGA DE TRABAJO ESTANDAR										Puesto: Operador L21, 2 op por línea			
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F1050			
Condiciones:													
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30										
44,3	480,00	650	50										
	L16	600	Bruto/conten=		160								
	L17	650	Discos/conten=		99								
			Kits/conten=		-								
			Planchas cartón=		11								
			Planchas de espuma		10								
SUPUESTO 1: Sin averías ni incidentes													
.Dos contenedores en el puesto de embalaje													
			Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%
Tareas	Verificación visual y embalaje de discos (OP80)		1	650	100	0,24	0,24	156	11%	173,16	36,08%	237,27	54,91%
	Control espesor pintura L21, L16, L17		0	3,00	100	2,20	2,2	6,6	14%	7,524	1,57%		
	Manip. Embalajes - separador de cartón entre capas		11	60	80	0,25	0,2	12	11%	13,32	2,78%		
	Manip. Embalajes - separador de espuma		11	60	100	0,17	0,17	10,2	11%	11,322	2,36%		
	Manip. Embalajes - cerrar contenedor y control elementos de embalaje		99	7	100	0,72	0,72	5,04	11%	5,59	1,17%		
	Manip. Embalajes - Preparar cajón nuevo		99	7	100	1,13	1,13	7,91	11%	8,78	1,83%		
	Cambio de máscara cuando lo indique el frecuencial		90	8	100	1,02	1,02	8,16	11%	9,06	1,89%		
	Limpieza de máscara l/c L21		90	8	100	3,92	3,92	31,36	11%	34,81	7,25%		
	Registros (P.Prod., tabla inf. parte embalaje, registros pintura, etc)			-	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%		
	Verificación equipo de medidas y su registro			1,00	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%		
	Controles pintura, según gama de control (1/día)			3	100	1,86	1,86	5,58	14%	6,3612	1,33%		
	Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día) L16 y L17 y L21			3,00	100	1,66	1,66	4,98	14%	5,68	1,18%		
	Limpieza de máscara L16 y L17		90	14,00	100	1,26	1,26	17,64	11%	19,58	4,08%		
	Verificar la conformidad del puesto según "ficha estado ref"			1	100	2	2	2	11%	2,22	0,46%		
	Sacar etiqueta		325	2,00	100	0,35	0,35	0,70	11%	0,78	0,16%		
	Solicitar al carretillero el cambio de contenedores		99	7,00	100	0,50	0,5	3,50	11%	3,89	0,81%		
	Rellenar carro cartones		325	2,00	100	1,08	1,08	2,16	11%	2,40	0,50%		
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)			-	100	50,00	50	50,00	11%	55,50	11,56%		
	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno			4,00	100	1,00				4,44	0,93%		
	Incidencias	Incidencias				100	0,00				0,00		
Avería				100	0,00				0,00	0,00%			
Inactividad	Esperas				100	0,00				0,00	0,00%	0,00	0,00%
	Comentario				100	0,00				0,00	0,00%		
t sin asignar									142,17		375,51	78,23%	
										480			
										Ocupación del puesto con descansos:		78,23%	

Figura 56: Saturación ayudante L21

Los desplazamientos que debe de hacer el ayudante de la L21 con las nuevas tareas, y que deben estar contabilizados en su saturación, es una incógnita, ya que al ser nuevo, no tenemos datos sobre la duración de desplazarse de unas líneas a otras, por lo tanto, suponemos un tiempo relativamente razonable y en el caso de que eligiéramos esta distribución de tareas final, habría que medir de nuevo su saturación y comprobar que este tiempo no está muy alejado de nuestra suposición, validando pues, el estudio.

Su saturación es aceptable, podría realizar las tareas sin problema, no obstante, no interesa esta distribución de tareas, debido a que organizativamente estaría descontrolado, el ayudante tendría que rotar de la Línea 21 a las líneas 16 y 17 constantemente para la limpieza de las máscaras. El problema reside en que el ayudante de la línea 21 no sabe cuándo la máscara se ha cambiado y le toca limpiarla, haciendo que tenga que ir de vez en cuando para revisar el estado de éstas, completamente ineficiente y descontrolado, es por ello que se van a estudiar otras distribuciones de tareas entre trabajadores de otras líneas, cuyo fin es, la armonía entre todos ellos, sin que ninguno llegue a saturación, y se realicen las operaciones de pintura de la línea 16 y 17.

6.4 REDISTRIBUCIÓN DE TAREAS ENTRE VARIOS OPERADORES

6.4.1 DEFINICIÓN DE PUESTOS A MODIFICAR

Los trabajadores que se van a estudiar sus tareas son el *Operador de la L21, Ayudante de la L21, Operador de la L16, Operador de la L17 y el Operador de la zona común.*

Medimos pues, la saturación actual del operador común, operador de la L17 y operador de la L16 para conocer el estado de todos los trabajadores y poder elegir la mejor estrategia. Necesitamos conocer las tareas que están realizando los trabajadores en esas líneas.

Es el mismo procedimiento que hicimos con la L21, pero en este caso no vamos a entrar en optimizar las tareas, solo conocer su estado hasta el momento, con el fin de conocer el tiempo por operación para poder variar quién realiza cada tarea, según la saturación que tenga cada uno.

6.4.1.1 TAREAS OPERADOR ZONA COMÚN

1. TAREAS HABITUALES

1.1) Carga discos bruto **L16** con manipulador de ayuda a la carga:

- Coger con manipulador los discos en la siguiente posición, depositarlos en la plataforma y voltearlos.



Figura 57: Posición bruto L16

Cargar 14 piezas en la plataforma y llenar todos los aros vacíos posibles

1.2) Carga discos bruto **L17** con manipulador de ayuda a la carga:

- Coger con manipulador dos discos en la posición aquí mostrada y una vez apoyados sobre el teflón, voltear a mano el disco superior para introducirlos en la máquina:

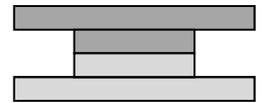


Figura 58: Posición bruto L17

Cargar la cadena de carga con todas las piezas posibles, y aprovisionar sobre el teflón tantas piezas como quepan para tenerlas listas una vez se acaben las de la cadena.

1.3) Carga discos bruto **L19** con manipulador de ayuda a la carga:

- Por la disposición de las piezas en el contenedor, todas aquellas que vienen con el plano 1/c hacia arriba se cargan con el manipulador de uno en uno.
- El resto de las piezas que vienen como la figura mostrada, se cargan de dos en dos con el manipulador, se dejan sobre el teflón y se voltea el disco superior para introducirlos en la cadena de carga de la máquina.

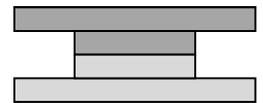


Figura 59: Posición bruto L19

Cargar con 20 piezas el teflón y llenar las cadenas de carga todo lo posible.

2. OTRAS TAREAS

Preparar los embalajes (separadores y bolsas) en los puestos habilitados, para las líneas 16, 17, 19 y Geomet (2 veces/turno: carro robot, carro separadores y bolsas puestos embalaje).

NOTA: Si una o 2 de las líneas: 16-17-19 están paradas, para sustituir esa tarea podrán indicarse otras de limpieza o rebalaje.

Estudio de saturación del operador de zona común:

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA					Puesto:	Operador Zona común						
					REF:							
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar												
Condiciones: en L16 (F1019) en L17 (F3027) en L19 (3Q0)												
Linea	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30									
L16	480,00	450	104									
L17		750	Bruto 16/conten= 100									
L19		500	Bruto 17/conten= 72									
			Bruto 19/conten= 120									
SUPUESTO 1:												
· Sin averías ni incidentes												
· Controles: indicados en la gama de control												
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30												
			Frecuencial	Frec	t _{verídico} (min)	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuenciales	CARGA EN L16	1	450,00	0,22	99,00	11%	109,89	22,89%	401,80	90%	
		CARGA EN L17	1	750,00	0,16	120,00	11%	133,20	27,75%			
		CARGA EN L19	1	500,00	0,19	95,00	11%	92,80	19,33%			
		Desplazamiento de L16 a L17		1,00	53,82	53,82	11%	59,74	12,45%			
		Desplazamiento de L17 a L19		1,00	33,98	33,98	11%	37,72	7,86%			
	Inactividad	Inactividad	Etiqueta bruto L17 y L19	14		0,90	12,60	11%	13,99	2,91%	35,43	8%
			Abrir palet bruto contenedor L17 y L19	14		1,35	18,90	11%	20,98	4,37%		
			Llevar carro cartones		1,00	3,93	3,93	11%	4,36	0,91%		
	Incidencias		Incidencias				0,00	11%	0,00	0,00%		
		Avería				0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%	
		Esperas				19,04	11%		0,00%			
		Comentario				0,63	11%	0,70	0,15%	0,70	0%	
t sin asignar						23,10		7,32	1,53%			
					480				100,00%			
										Ocupación del puesto con descansos: 98,5%		

Figura 60: Saturación operador común

Como se observa en la ficha de instrucción, el operador se encarga únicamente de abastecer con piezas de bruto en las líneas 16, 17 y 19. Se obtiene una saturación del 98,5% lo que implica que para esas producciones de las líneas (450, 750 y 500 piezas en las líneas 16, 17 y 19 respectivamente) estaría casi saturado (pero es capaz de realizar todas sus tareas), luego dicho resultado muestra que podría ser conveniente hacer un estudio de métodos para mejorar la forma de cargar el bruto y disminuir tiempos para liberar al operario, ya que si por alguna razón, no es capaz de realizar alguna de sus tareas, alguna línea quedaría sin entrada de bruto, lo que ocasionaría la parada de la línea. No obstante, no es la finalidad de este estudio, por lo que no vamos a entrar en mejorar este puesto aquí, nos interesan solamente los tiempos.

6.4.1.2 TAREAS OPERADOR LÍNEA 17

1. COMIENZO DE TURNO

Estas tareas se realizarán antes del primer cambio de cuchillas de la OP30.

- 1.1) Aprovisionar todo el material necesario para la correcta realización de sus tareas, entre ellas, las cajas con las plaquitas de corte y todos los formatos de registros.
- 1.2) Obtener novedades relevantes sobre el estado de la línea con el operador del turno que sale.
- 1.3) Verificación de equipos de medida y su registro.
- 1.4) Registro de cotas inicio de turno.
- 1.5) Automantenimiento de la línea.

2. TAREAS HABITUALES

- 2.1) Cambio de las plaquitas de corte cuando acabe su vida útil (la cadencia viene marcada en la “Hoja de herramientas” de las tres operaciones de torneado de la línea (OP10, OP20 y OP30)
- 2.2) Tras el cambio de las plaquitas de corte, mecanizar un disco completo, medirlo en banco y corregir parámetros si procede. Si el disco es no conforme (no cumple tolerancias) segregar al contenedor de rechazo según instrucción. Si, por el contrario, es conforme, se incorpora a la línea.
- 2.3) Control frecuencial de registro de cotas manuales de la operación de mecanizado (mide la pieza y registra sus valores)
- 2.5) Control frecuencial según gama de control de la operación de taladrado (OP40), verificando las roscas de los taladros con un útil.
- 2.6) Verificación visual y embalaje de discos hasta vaciar el stock final.

3. OTRAS TAREAS

- 3.1) Completar el parte con la producción realizada.
- 3.2) Al comienzo de cada hora, completar tabla informativa.
- 3.3) Cuando sea necesario:
 - Segregar rechazos según instrucción.
 - Cerrar y etiquetar jaula completa de producto mecanizado
 - Realizar control de los elementos de embalaje

Estudio de saturación del operador de la Línea 17:

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA											Puesto: Operador L17, 1 op por línea + Apoyo			
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar											REF: F3032			
Condiciones:														
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30											
38.4	480,00	750	52											
											Bruto/conten=			
											Discos/conten= 40			
											Kits/conten= -			
SUPUESTO I: Sin averías ni incidentes											Planchas cartón= 6			
Controles: indicados en la gama de control														
			Frecuencial	Free	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Tareas	Cambio cuchillas (OP10)		320	1,00	100	1,92	1,92	1,92	11%	2,13	0,44%			
	Cambio cuchillas (OP20)		80	10,00	100	1,43	1,43	14,30	11%	15,87	3,31%			
	Cambio cuchillas (OP20)		320	3,00	100	1,43	1,43	4,29	11%	4,76	0,99%			
	Cambio cuchillas (OP30)		160	5,00	100	0,46	0,46	2,30	11%	2,55	0,53%			
	Cambio cuchillas (OP30)		80	10,00	100	1,30	1,30	13,00	11%	14,43	3,01%			
	Cambio cuchillas (OP30)		640	2,00	100	0,46	0,46	0,92	11%	1,02	0,21%			
	Control patrón banco calidad (1/hom)				100			0,00		0,00	0,00%			
	Cambio de máscara cuando lo indique el frecuencial		90	0	100	1,02	1,02	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Embalaje		1	750,00	100	0,26	0,26	195,00	11%	216,45	45,09%			
	Poner cartón en embalaje		8	94,00	100	0,09	0,09	8,46	11%	9,39	1,96%			
	Cerrar contenedor		40	19,00	100	0,92	0,92	17,48	11%	19,40	4,04%			
	Poner etiqueta en contenedor		40	19,00	100	0,50	0,50	9,50	11%	10,55	2,20%			
	Sacar etiqueta		40	19,00	100	1,00	1,00	19,00	11%	21,09	4,39%			
	Controles y reg. según GC OP30 (1/50)		50	15,00	100	2,18	2,18	32,70	14%	37,28	7,77%			
	Controles y reg. según GC: OP40 (1/50)		50	15,00	100	2,40	2,40	36,00	14%	41,04	8,55%			
	Controles y reg. según GC: OP50 (1/50)		50	15,00	100	1,25	1,25	18,75	14%	21,38	4,45%			
	Control rugosidad (1/50)		750	1,00	100	5,00	5,00	5,00	14%	5,70	1,19%			
	Controles en banco		16	47,00	100	0,29	0,29	13,63	14%	15,54	3,24%	438,58	91%	
	Control fuera de gama			-	100	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00%			
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)			-	100	27,21	27,21	27,21	11%	30,20	6,29%			
Llamar al carretillero (100 min * 4,8)			-	100	0,80	0,80	0,80	11%	0,89	0,19%				
Verificación visual (en 480 min)			-	100	5,37	5,37	5,37	11%	5,96	1,24%				
Automantenimiento (tarea unitaria)			1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%				
Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8)			-	100	10,00	10,00	10,00	11%	11,10	2,31%				
Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)			-	100	5,37	5,37	5,37	11%	5,96	1,24%				
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno			4,00	100	1,13	1,13	4,52	11%	5,02	1,05%	64,68	13%		
Incidencias	Incidencias				100	9,77	9,77	9,77	11%	10,84	2,26%			
	Avería				100	1,87	1,87	1,87	11%	2,08	0,43%	12,92	3%	
Inactividad	Esperas				100	66,86	66,86	66,86		66,86	13,93%			
	Comentario				100	1,97	1,97	1,97		1,97	0,41%	68,83	14%	
t sin asignar							29,48		503,26	104,85%				
										480				
										Ocupación del puesto con descansos:		104,85%		

Figura 61: Saturación operador L17

De igual forma que para el operador común, realizando las tareas establecidas en la inspección técnica, obtenemos una saturación del 104,85%, luego no se podría llegar a la producción de 750 piezas en esa línea, habría que bajarlo a 700 - 650 piezas por jornada.

Tampoco vamos a entrar en optimizar la línea en base a métodos puesto que no es nuestro objetivo en este caso, ya que ese resultado es de cómo está la línea actualmente, no se ha modificado y por tanto no es problema de la incorporación de la pintura que estamos estudiando.

6.4.1.3 TAREAS OPERADOR LÍNEA 16

1. COMIENZO DE TURNO

Estas tareas se realizarán antes del primer cambio de cuchillas de la OP30.

- 1.1) Aprovisionar todo el material necesario para la correcta realización de sus tareas, entre ellas, las cajas con las plaquitas de corte y todos los formatos de registros.
- 1.2) Obtener novedades relevantes sobre el estado de la línea con el operador del turno que sale.
- 1.3) Verificación de equipos de medida y su registro.
- 1.4) Registro de cotas inicio de turno.
- 1.5) Automantenimiento de la línea.
- 1.6) Verificar la conformidad del puesto respecto a la "Ficha de estado de referencia"

2. TAREAS HABITUALES

- 2.1) Cambio de las plaquitas de corte cuando acabe su vida útil (la cadencia viene marcada en la "Hoja de herramientas" de las tres operaciones de torneado de la línea (OP10, OP20 y OP30)
- 2.2) Tras el cambio de las plaquitas de corte, mecanizar un disco completo, medirlo en banco y corregir parámetros si procede. Si el disco es no conforme (no cumple tolerancias) segregar al contenedor de rechazo según instrucción. Si, por el contrario, es conforme, se incorpora a la línea.
- 2.3) Control frecuencial de registro de cotas manuales de la operación de mecanizado (mide la pieza y registra sus valores)
- 2.5) Control frecuencial según gama de control de la operación de taladrado (OP40), verificando las roscas de los taladros con un útil.
- 2.6) Verificación visual y embalaje de discos hasta vaciar el stock final.

3. OTRAS TAREAS

- 3.1) Completar el parte con la producción realizada.
- 3.2) Al comienzo de cada hora, completar tabla informativa.
- 3.3) Cuando sea necesario:
 - Segregar rechazos según instrucción.
 - Cerrar y etiquetar jaula completa de producto mecanizado
 - Realizar control de los elementos de embalaje

Estudio de saturación del operador de la línea 16:

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO REAL										Puesto:	Operador L16									
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F1019										
Condiciones:																				
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CC OP30															
64,0	480,00	450			50															
				Bruto/conten=			84													
				Discos/conten=			50													
				Kits/conten=																
SUPUESTO 1: Sin averías ni incidentes				Planchas cartón=			6													
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30				Planchas espuma=			0													
										Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%
Actividad	Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	50	9,00	100	0,74	0,74	6,66	11%	7,39	1,54%	341,08	71%							
		Cambio cuchillas (OP10)	100	5,00	100	0,44	0,44	2,20	11%	2,44	0,51%									
		Cambio cuchillas (OP20)	100	5,00	100	2,77	2,77	13,85	11%	15,37	3,20%									
		Cambio cuchillas (OP20)	600	1,00	100	0,69	0,69	0,69	11%	0,77	0,16%									
		Cambio cuchillas (OP30)	50	9,00	100	0,67	0,67	6,03	11%	6,69	1,39%									
		Cambio cuchillas (OP30)	100	5,00	100	1,76	1,76	8,80	11%	9,77	2,04%									
		Carga de disco	1	450,00	100	0,16	0,16	72,00	11%	79,92	16,65%									
		Preparar jaula de embalaje L16 (1/50)	50	9,00	100	1,08	1,08	9,72	11%	10,79	2,25%									
		Cerrar cajón completo	50	9,00	100	1,27	1,27	11,43	11%	12,69	2,64%									
		Colocar separador de cartón L16	10	45,00	100	0,11	0,11	4,95	11%	5,49	1,14%									
		Embalaje de disco L16	1	450,00	130	0,14	0,18	81,90	14%	93,37	19,45%									
		Controles y reg. según GC OP30 (1/50)	50	9,00	100	1,10	1,10	9,90	14%	11,29	2,35%									
		Cargar anillos	200	3,00	100	0,50	0,50	1,50	11%	1,67	0,35%									
		Controles y reg. según GC: OP40 (1/25)	25	18,00	100	0,89	0,89	16,02	14%	18,26	3,80%									
		Controles y reg. según GC: OP50 (1/50)	50	9,00	100	1,20	1,20	10,80	14%	12,31	2,57%									
	Control rugosidad (1/500) ***	450	1,00	100	4,07	4,07	4,07	14%	4,64	0,97%										
	Controles en banco cada 5	5	90,00	100	0,89	0,47	42,30	14%	48,22	10,05%										
	Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)		-	100	39,36	39,36	11%	43,69	9,10%										
		Verificación equipos de medida ***		-	100	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%										
		Verificación visual (*4,8)		-	100	4,00	4,00	11%	4,44	0,93%										
		Automantenimiento		1,00	100	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%										
		Registros (P Prod., tabla info...) (registros en 100 min * 4,8) ***		-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%									
		Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)		-	100	14,73	14,73	14,73	11%	16,35	3,41%									
		Introducción en bonos parte de trabajo		-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%									
		Segregar rechazo	1		100	0,00	0,00	0,00	14%	0,00	0,00%									
Rellenar carro de cartones		0		100	2,55	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%										
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***			4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%										
Incidencias	Incidencias			100	2,90	2,90	2,90	11%	3,22	0,67%										
	Segregar rechazo	1		100	3,70	3,70	3,70	14%	4,22	0,88%										
	Avería			100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%										
Inactividad	Esperas			100	97,05	97,05	97,05	11%	107,73	22,44%										
	Comentario			100	7,53	7,53	7,53	11%	8,36	1,74%										
t sin asignar											83,92	35,09								
										480	445	92,69%								
										Ocupación del puesto:		92,69%								

Figura 62: Saturación operador L16

Los tiempos por operación son los recogidos por la figura 56 donde se observa que para la producción de 450 piezas, el operador de la línea 16 obtiene una saturación del 92,69% luego no habría ningún problema, y sería capaz de llevar a cabo todas sus tareas.

6.4.2 SIMULACIÓN CON DIFERENTES REPARTOS DE TAREAS

Tras los análisis, y con el conocimiento del tiempo por operación de todas las tareas de los trabajadores anteriormente mencionados junto con la saturación unitaria que aporta cada una de ellas, vamos a simular, qué saturaciones se obtendrían si pasamos alguna tarea de un operador a otro, para quedarnos con la mejor distribución de tareas.

6.4.2.1 SEGUNDA PROPPUESTA

- Operador Zona común:

- No carga bruto en L16
- Limpieza máscara L16 y L17
- Control pintura L16 y L17
- Cambio bote de pintura L16 y L17

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA				Puesto: Operador Zona común							
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar				REF:							
Condiciones: en L16 (F1019) en L17 (F3027) en L19 (3Q0)											
Línea	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30								
L16	480,00	600	104								
L17		650	Bruto 16/conten= 100								
L19		500	Bruto 17/conten= 72								
			Bruto 19/conten= 120								
SUPUESTO 1: - Sin averías ni incidentes											
- Controles: indicados en la gama de control											
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30											
Actividad	Frecuencial	Frec	t _{unitario} (min)	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%		
Frecuenciales	CARGA EN L16	1	600,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	CARGA EN L17	1	650,00	0,16	104,00	11%	115,44	24,05%			
	CARGA EN L19	1	500,00	0,19	95,00	11%	92,80	19,33%			
	Desplazamiento de L16 a L17		1,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
	Desplazamiento de L17 a L19		1,00	33,98	33,98	11%	37,72	7,86%			
	Desplazamiento a Limpiar máscaras		1,00	15,00	15,00	11%	37,72	7,86%			
				0,00	0,00	11%	0,00	0,00%			
				0,00	0,00	14%	0,00	0,00%	247,98	59%	
				0,90	11,70	11%	12,99	2,71%			
				1,35	17,55	11%	19,48	4,06%			
Inactividad	Biqueta bruto L17 y L19	13		3,93	3,93	11%	4,36	0,91%			
	Abir palet bruto contenedor L17 y L19	13		1,26	17,64	11%	19,58	4,08%			
	Llevar carro cartonés	1,00		1,86	3,72	11%	4,13	0,86%			
	Limpieza máscara 16 y 17	14,00		1,66	3,32	11%	3,69	0,77%	57,86	13%	
	Controles pintura, según gama de control (1/día)	2,00									
	Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día)	2,00									
Incidencias	Incidencias				0,00	11%	0,00	0,00%			
	Avería				0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%	
Inactividad	Inactividad				19,04	11%		0,00%			
	Comentario			0,63	0,63	11%	0,70	0,15%	0,70	0%	
t sin asignar				154,49			132,10	27,52%			
							480	100,00%			
							Ocupación del puesto con descansos:		72,5%		

Figura 63: Saturación Operador común

Como se observa, hemos suprimido tanto la carga de bruto en la línea 16 como su respectivo desplazamiento hacia dicha línea (marcado en color naranja en la Figura 59) liberando considerablemente al operador y que será compensado con las operaciones de pintura.

Se introduce la estimación en desplazamientos para llevar a cabo la limpieza de máscaras que hemos añadido de 15 minutos, ya que no se tiene medido, se deberá comprobar si elegimos esta distribución de tareas que el desplazamiento le lleva un tiempo similar o no.

- Ayudante Línea 21:

- No carga bruto L21
- Carga de bruto L16
- Limpia máscara L21

AYUDANTE -CARGA DE TRABAJO ESTANDAR											Puesto: Operador L21, 2 op por línea	
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar											REF: F1050	
Condiciones:												
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30									
44.3	480,00	650	50									
L16		600	Bruto/conten= 160									
			Discos/conten= 99									
			Kits/conten= -									
			Planchas cartón= 11									
			Planchas de espuma 10									
SUPUESTO I: Sin averías ni incidentes												
Dos contenedores en el puesto de embalaje												
Actividad	Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t normal (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Frecuenciales	Carga de bruto L16	1	600	100	0,22	0,22	132	11%	146,52	30,53%		
	Verificación visual y embalaje de discos (OP80)	1	650	100	0,24	0,24	156	11%	173,16	36,08%		
	Carga de disco	0	0,00	100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		
	Manip. Embalajes - separador de cartón entre capas	11	60	80	0,25	0,2	12	11%	13,32	2,78%		
	Manip. Embalajes - separador de espuma	11	60	100	0,17	0,17	10,2	11%	11,322	2,36%		
	Manip. Embalajes - cerrar contenedor y control elementos de embalaje	99	7	100	0,72	0,72	5,04	11%	5,59	1,17%		
	Manip. Embalajes - Preparar cajón nuevo	99	7	100	1,13	1,13	7,91	11%	8,78	1,83%		
	Cambio de máscara cuando lo indique el frecuencial	90	8	100	1,02	1,02	8,16	11%	9,06	1,89%		
	Limpieza de máscara 1/c	90	8	100	3,92	3,92	31,36	11%	34,81	7,25%		
	Registros (P. Prod., tabla inf. parte embalaje, registros pintura, etc)	-	-	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%		
	Verificación equipo de medidas y su registro	-	-	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%		
	Verificar la conformidad del puesto según "ficha estado re"	1	100	100	2	2	2	11%	2,22	0,46%		
	Sacar etiqueta	325	2,00	100	0,35	0,35	0,70	11%	0,78	0,16%		
	Solicitar al carretillero el cambio de contenedores	99	7,00	100	0,50	0,5	3,50	11%	3,89	0,81%		
	Rellenar carro cartones	325	2,00	100	1,08	1,08	2,16	11%	2,40	0,50%		
Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	-	-	100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%			
Desplazamientos a L16 (desplazamiento en 100 min * 4,8)	14	42,86	100	0,83	0,833	35,70	11%	39,63	8,20%	362,67	83,87%	
Relivos: 2 por descanso y 2 por cambio turno	-	-	100	1,00	1	4,00	11%	4,44	0,93%	58,06	13,43%	
Incidencias	Incidencias	100	0,00	0	0,00	0	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
	Avería	100	0,00	0	0,00	0	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
	Comentario	100	0,00	0	0,00	0	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
Inactividad	Inactividad	59,27	0,00	0	0,00	0	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
	t sin asignar	480	0,00	0	0,00	0	11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	
Ocupación del puesto con descansos:										467,01	97,29%	

Figura 64: Saturación ayudante L21

De igual forma que en anteriores casos, se elimina los desplazamientos propios de moverse entre la línea 21 ya que solo se dedica a embalar en esa línea, y se añade el desplazamiento a la línea 16, que lo hemos supuesto mediante un frecuencial, como la capacidad de las cadenas de la línea 16 es de 14 piezas, el operador realizará un desplazamiento cada tanto. El tiempo en desplazamiento de una línea a otra fue medido y es el recogido en la figura 60 de 0,83 minutos.

- Operador Línea 21: No experimenta cambios.

- Carga total de bruto en L21

SATURACIÓN: 87,93%

- **Operador Línea16:** No experimenta cambios.

- Lleva el control de la línea.

SATURACIÓN: 92.49%

- **Operador Línea17:** No experimenta cambios.

- Lleva el control de la línea.
- Se pide una producción de 750 piezas

SATURACIÓN: 104,5%

DECISIÓN:

El resumen de lo estudiado anteriormente se reduce a lo siguiente:

SIMULACIÓN DE TAREAS INICIAL

PUESTO	SATURACIÓN	PRODUCCIÓN	OBSERVACIONES
Operador L21	87,93%	700	
Ayudante L21	78,23%		
Operador L16	92,49%	450	
Operador L17	104,5%	750	Se requieren mejoras
Operador Zona Común	101,9%		Se requieren mejoras

SEGUNDA PROPUESTA DE REPARTO DE TAREAS

PUESTO	SATURACIÓN	PRODUCCIÓN	OBSERVACIONES
Operador L21	87,93%	700	
Ayudante L21	97,29%		
Operador L16	92,49%	450	
Operador L17	104,5%	750	Se requieren mejoras
Operador Zona Común	72,5%		

La simulación de tareas inicial ya quedó descartada por los motivos de organización que comentamos, lo que se puede ver con los resultados en la segunda propuesta que hemos estudiado, es cómo queda la situación intercambiando alguna de las tareas entre el Ayudante de la línea 21 y el Operador de zona común, ya que el resto de los trabajadores no han sufrido cambios.

Se observa que el ayudante de la línea 21 ha quedado más saturado que antes, pero sería capaz de realizar todas sus tareas, mientras que el operador de zona común que antes rozaba el 100% de saturación ha quedado mucho más liberado. La nueva distribución de tareas se ajusta mucho más a nuestras necesidades.

No obstante, aun prefiriendo esta segunda distribución, se observan saturaciones muy altas, sobre todo para el operador de la línea 17 que no podría realizar sus tareas por exceso de saturación. Por tanto, requieren de algún cambio para que queden más liberados, especialmente porque al inicio de cambios de tareas o modificaciones siempre se experimentan tiempos superiores a los normales, debido a las novedades y la falta de costumbre.

Las tareas del operador L21 junto con su saturación, son aceptables, dejamos pues fijada como definitiva las tareas referentes a este trabajador. Con el resto, volvemos al inicio de ciclo, estudiando nuevas distribuciones, el proceso es iterativo hasta encontrar con la mejor solución.

5.4.2.2 TERCERA PROPPUESTA

Ayudante L21: No experimenta cambios

- 1- Embala su producción.
- 2- Carga bruto en L16
- 3- Control pintura en L21

Operador zona común:

- 1- Carga bruto en L19 y L17
- 2- Limpia mascararas en L16 y L17
- 3- Control pintura y producto en L16 y L17
- 4- Embala en L17, 150 piezas aprox.
- 5- Embala en L16, 100 piezas aprox.

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA										Puesto:	Operador Zona común		
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF:			
Condiciones: en L16 (F1019) en L17 (F3027) en L19 (3Q0)													
Línea	t _{normo} (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30										
L16		600	104										
L17	480,00	700	Bruto l6/conten= 100										
L19		500	Bruto l7/conten= 72										
L17		150	Bruto l9/conten= 120										
L16		100											
SUPUESTO I: Sin averías ni incidentes Controles: indicados en la gama de control 1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30													
			Frecuencial	Frec	Actividad observada	t _{usario} (min)	Tnormal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%
Actividad	Frecuenciales	Carga en L17	1	700,00	100	0,22	0,22	154,00	11%	170,94	35,61%		
		Carga en L19	1	500,00	80	0,24	0,19	96,00	11%	106,56	22,20%		
		Embalaje L17	1	150,00	100	0,34	0,34	51,00	11%	56,61	11,79%		
		Embalaje L16	1	100,00	100	0,31	0,31	31,00	11%	34,41	7,17%		
		Desplazamiento		1,00	100	37,20	37,20	37,20	11%	41,29	8,60%		
		Limpieza de mascara L16	200	3	100	1,26	1,26	3,78	11%	4,20	0,87%		
		Limpieza de mascara L17	100	6	100	1,26	1,26	7,56	11%	8,39	1,75%		
		Control según gama de control OP110 (pintura) L16		1	100	2,2	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%		
		Control según gama de control OP110 (pintura) L17		1	100	2,2	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%	427,42	89%
	Incidencias	Biqueta bruto L17 y L19	13		100	0,90	0,90	11,70	11%	12,99	2,71%		
			13		100	1,35	1,35	17,55	11%	19,48	4,06%		
				1,00	100	1,22	1,22	1,22	11%	1,35	0,28%		
				1	100	1,86	1,86	1,86	11%	2,06	0,43%		
				1	100	1,66	1,66	1,66	14%	1,89	0,39%		
				1	100	1,86	1,86	1,86	11%	2,06	0,43%		
Inactividad	Avería						0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%	
					11,66		19,04	11%	0,00	0,00%			
				2,80		2,80	11%	3,11	0,65%	3,11	1%		
t sin asignar								35,71	469,15	97,74%			
								480	Ocupación del puesto con descansos:		97,7%		

Figura 65: Saturación operador zona común

Como el operador de zona común quedó bastante liberado, hemos introducido la tarea de embalaje de parte de la producción en la línea 16 y línea 17 para liberar a estos dos trabajadores que contaban con una tasa de saturación muy alta. Al introducir el embalaje en la L16 y L17, además de la propia tarea se debería introducir un aumento en los desplazamientos, pero no va a ser muy significativo porque ya los aumentamos para las limpiezas de las máscaras debido a que se tenía que desplazar a esas líneas, luego no hace falta aumentarlos otra vez.

Operador L17 y L16:

- Se emban su producción, menos la cantidad que les embla el ayudante.

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA												Puesto: Operador L17, 1 op por línea + Apoyo		
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar												REF: F3032		
Condiciones:														
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30											
38,4	480,00	750	52											
			Bruto/conten=											
			Discos/conten=									40		
			Kits/conten=									-		
			Planchas cartón=									6		
SUPUESTO 1:														
· Sin averías ni incidentes														
· Controles: indicados en la gama de control														
			Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	104	8,00	100	0,60	0,60	4,80	11%	5,33	1,11%			
		Cambio cuchillas (OP10)	312	3,00	100	1,20	1,20	3,60	11%	4,00	0,83%			
		Cambio cuchillas (OP10)	416	1,00	100	0,60	0,60	0,60	11%	0,67	0,14%			
		Cambio cuchillas (OP20)	104	8,00	100	1,31	1,31	10,48	11%	11,63	2,42%			
		Cambio cuchillas (OP20)	312	3,00	100	1,31	1,31	3,93	11%	4,36	0,91%			
		Cambio cuchillas (OP30)	52	15,00	100	0,90	0,90	13,50	11%	14,99	3,12%			
		Cambio cuchillas (OP30)	104	8,00	100	0,26	0,26	2,08	11%	2,31	0,48%			
		Cambio cuchillas (OP30)	208	4,00	100	0,26	0,26	1,04	11%	1,15	0,24%			
		Cambio cuchillas (OP30)	624	2,00	100	0,26	0,26	0,52	11%	0,58	0,12%			
		Control patrón banco calidad (1/hora)			100			0,00			0,00	0,00%		
		Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial	90	9	100	1,02	1,02	9,18	11%	10,19	2,12%			
		Embalaje	1	600,00	100	0,25	0,25	150,00	11%	166,50	34,69%			
		Poner cartón en embalaje	8	94,00	100	0,08	0,08	7,52	11%	8,35	1,74%			
		Cerrar contenedor	40	19,00	100	1,01	1,01	19,19	11%	21,30	4,44%			
		Poner etiqueta en contenedor	40	19,00	100	0,50	0,50	9,50	11%	10,55	2,20%			
		Sacar etiqueta	40	19,00	100			0,00			0,00	0,00%		
		Controles y reg. según GC OP30 (1/50)	50	15,00	100	2,86	2,86	42,90	14%	48,91	10,19%			
		Controles y reg. según GC: OP40 (1/50)	50	15,00	100	2,40	2,40	36,00	14%	41,04	8,55%			
	Controles y reg. según GC: OP50 (1/50)	50	15,00	100	1,02	1,02	15,30	14%	17,44	3,63%				
	Control rugosidad (1/50)	750	1,00	100			0,00			0,00	0,00%			
	Controles en banco	25	30,00	100	0,28	0,28	8,40	14%	9,58	2,00%		378,86	79%	
	Tareas	Control fuera de gama	-	100	1,15	1,15	1,15	14%	1,31	0,27%				
		Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	-	100	23,52	23,52	23,52	11%	26,11	5,44%				
		Llamar al carretillero (100 min * 4,8)	-	100	0,80	0,80	0,80	11%	0,89	0,19%				
		Verificación visual (en 480 min)	-	100	4,56	4,56	4,56	11%	5,06	1,05%				
		Automantenimiento (tarea unitaria)	1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%				
		Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8)	-	100	10,00	10,00	10,00	11%	11,10	2,31%				
		Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)	-	100	22,00	22,00	22,00	11%	24,42	5,09%				
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno		4,00	100	1,13	1,13	4,52	11%	5,02	1,05%		79,46	17%		
Incidencias		Incidencias		100	2,56	2,56	2,56	11%	2,84	0,59%				
		A vería		100	7,28	7,28	7,28	11%	8,08	1,68%		10,92	2%	
Inactividad	Inactividad	Esperas		100	53,04	53,04	53,04		53,04	11,05%				
	Comentario		100	0,13	0,13	0,13		0,13	0,03%		53,17	11%		
t sin asignar						69,91		458,31	95,48%					
						480								
Ocupación del puesto con descansos:											95,48%			

Figura 66: Saturación operador Línea 17

OPCION CON MANIPULADOR, SIN PINTURA Y SIN CARGA DE BRUTO												Puesto: Operador L16, 1 op por línea + apoyo	
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar												REF: F1019	
Condiciones:													
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30										
48,0	480,00	600	50										
Bruto/conten=												-	
Discos/conten=												45	
Kits/conten=												-	
Planchas cartón=												5	
SUPUESTO 1 Sin averías ni incidentes													
Controles: indicados en la gama de control													
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30													
			Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%
Actividad	Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	100	6,00	100	0,71	0,71	4,28	11%	4,75	0,99%		
		Cambio cuchillas (OP10)	200	3,00	100	0,36	0,36	1,07	11%	1,19	0,25%		
		Cambio cuchillas (OP20)	100	6,00	100	1,24	1,24	7,41	11%	8,23	1,71%		
		Cambio cuchillas (OP20)	200	3,00	100	1,24	1,24	3,71	11%	4,11	0,86%		
		Cambio cuchillas (OP20)	800	1,00	100	0,62	0,62	0,62	11%	0,69	0,14%		
		Cambio cuchillas (OP30)	50	12,00	100	0,78	0,78	9,36	11%	10,39	2,16%		
		Cambio cuchillas (OP30)	100	6,00	100	0,96	0,96	5,76	11%	6,39	1,33%		
		Cambio cuchillas (OP30)	200	3,00	100	0,96	0,96	2,88	11%	3,20	0,67%		
		Embalaje de disco	1	500,00	100	0,27	0,27	135,00	11%	149,85	31,22%		
		Controles y reg. según GC OP30 (1/50)	50	12,00	100	3,64	3,64	43,68	14%	49,80	10,37%		
		Control y reg. de canal OP30 (1/50)	50	12,00	100	0,42	0,42	5,04	14%	5,75	1,20%		
		Controles y reg. según GC: OP40 (1/50)	50	12,00	100	1,44	1,44	17,28	14%	19,70	4,10%		
		Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial	90	7,00	100	1,02	1,02	7,14	11%	7,93	1,65%		
		Limpieza de mascara pista A	50	12,00	100			0	11%	0,00	0,00%		
		Limpieza de mascara 1/c	50	12,00	100			0	11%	0,00	0,00%		
		Preparar jaula de embalaje	45	14,00	100	0,93	0,93	12,95	11%	14,37	2,99%		
		Cerrar jaula de embalaje	45	14,00	100	0,44	0,44	6,09	11%	6,76	1,41%		
		Colocar plancha de cartón	9	67,00	100	0,08	0,08	5,56	11%	6,17	1,29%		
	Etiquetado de jaula	45	14,00	100	0,68	0,68	9,52	11%	10,57	2,20%			
	Control rugosidad (1/100)	600	1,00	100	3,00	3,00	3,00	14%	3,42	0,71%			
	Controles en banco	20	30,00	100	0,57	0,57	17,10	14%	19,49	4,06%		297,45	69%
	Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)	-	100	16,45	16,45	16,45	11%	18,26	3,80%			
		Verificación visual (en 480 min)	-	100	15,65	15,65	15,65	11%	17,37	3,62%			
		Controles pintura, según gama de control (1/turno)	1	100		0,00	0,00	0,00	11%	0	0,00%		
		Preparar pintura y cambio bote de pintura	1,00	100			0	11%	0,00	0,00%			
		Cargar coronas		100	8,78	8,78	8,78	11%	9,75	2,03%			
		Otros (Preparar cuchillas/Espera carretillero/QB patrón)		100	8,97	8,97	8,97	11%	9,96	2,07%			
		Automantenimiento (tarea unitaria)	1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8)		-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%				
Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)		-	100	9,33	9,33	9,33	11%	10,36	2,16%				
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno		4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%		73,18	17%	
Incidencias	Incidencias		100	3,33	3,33	3,33	11%	3,70	0,77%				
	Rechazos		2,00	100	0,57	0,57	1,14	11%	1,27	0,26%			
	Avería		100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		4,96	1%	
Inactividad	Inactividad	Esperas		100	120,00	120,00	43,41	11%	48,19	10,04%			
	Comentario		100	15,13	15,13	32,70	11%	36,30	7,56%		84,48	18%	
t sin asignar							28,80		413,98				
								480		66			
Ocupación del puesto con descansos:											86,25%		

Figura 67: Saturación operador Línea 16

DECISIÓN:

Recordamos la tabla de la segunda propuesta de tareas, anteriormente descrita y que se pretendía mejorar:

PUESTO	SATURACIÓN	PRODUCCIÓN	OBSERVACIONES
Operador L21	87,93%	700	
Ayudante L21	97,29%		
Operador L16	92,49%	450	
Operador L17	104,5%	750	Se requieren mejoras
Operador Zona Común	72,5%		

Con la nueva propuesta:

PUESTO	SATURACIÓN	PRODUCCIÓN	OBSERVACIONES
Operador L21	87,93%	700	
Ayudante L21	98,37%		
Operador L16	87,25%	600	Embala 500
Operador L17	95,48%	750	Embala 650
Operador Zona Común	97,7%		Embala 100 piezas a L16 Embala 150 piezas a L17

Hemos conseguido reducir la saturación del operador de la línea 17 que superaba el 100%, al igual que al operador de la línea 16, consecuencia de haberle añadido al Operador de zona común el embalaje de parte de sus producciones, y que, aun con esas nuevas tareas, su saturación sigue siendo aceptable.

Con este nuevo supuesto, las líneas 16 y 17 serán por tanto más productivas, pero para ello se necesitará tener formada en pintura también a esta persona (Operador de zona común).

La nueva estrategia es apreciablemente mejor, solventando los problemas que teníamos. Elegimos esta distribución de tareas como distribución final, ya que, como comentamos anteriormente al principio, los operadores tardaran más tiempo en embalar hasta que se hagan con el manipulador, provocando cierta incertidumbre sobre su saturación real. Es por ello que, toda la ayuda que puedan recibir por parte del operador de zona común redundará en más producción en estas líneas.

Queda pues, realizar las nuevas fichas de trabajo con las nuevas tareas e instruir a los trabajadores.

Una vez hecho esto, realizar un estudio de saturación de todas las líneas, para validar todas las suposiciones que hemos hecho y comprobar que se cumple con lo esperado.

6.5 CREACIÓN DE FICHAS DE TRABAJO CON LA PROPUESTA FINAL

6.5.1 TAREAS OPERADOR LINEA 21

1. COMIENZO DE TURNO

- 1.1) Aprovisionar todo el material necesario para la correcta realización de sus tareas, entre ellas, las cajas con las plaquitas de corte y todos los formatos de registros.
- 1.2) Obtener novedades relevantes sobre el estado de la línea con el operador del turno que sale.
- 1.3) Verificación de equipos de medida y su registro.
- 1.4) Registro de cotas inicio de turno.
- 1.5) Automantenimiento de la línea.
- 1.6) Verificar la conformidad del puesto respecto a la "Ficha de estado de

2. TAREAS HABITUALES

- 2.1) Cambio de las plaquitas de corte cuando acabe su vida útil (la cadencia viene marcada en la "Hoja de herramientas" de las tres operaciones de torneado de la línea (OP10, OP20 y OP30)
- 2.2) Tras el cambio de las plaquitas de corte, mecanizar un disco completo, medirlo en banco y corregir parámetros si procede. Si el disco es no conforme (no cumple tolerancias) segregar al contenedor de rechazo según instrucción. Si por el contrario, es conforme, se incorpora a la línea.
- 2.3) Control frecuencial de registro de cotas manuales de la operación de mecanizado (mide la pieza y registra sus valores)
- 2.5) Control frecuencial según gama de control de la operación de taladrado (OP40), verificando las roscas de los taladros con un útil.
- 2.6) Carga el 100% de las piezas de bruto a la línea.

3. OTRAS TAREAS

- 3.1) Completar el parte con la producción realizada.
- 3.2) Al comienzo de cada hora, completar tabla informativa.
- 3.3) Cuando sea necesario segregar rechazos según instrucción.

4. TAREAS FIN DE TURNO

- 4.1) Realizar control de cotas fin de turno.
- 4.2) Dar novedades relevantes al estado de la línea al turno que entra.
- 4.3) 5 minutos antes de finalizar la jornada, introducir los datos de fabricación en sistema informático

6.5.2 TAREAS AYUDANTE LINEA 21

1. COMIENZO DE TURNO

- 5.1) Registros inicio de turno
- 5.2) Verificación de equipos de medida y su registro
- 5.3) Controles pintura, según gama de control
- 5.4) Preparar pintura si es necesario
- 5.5) Verificar la conformidad del puesto respecto a la "Ficha de estado de referencia"

2. TAREAS HABITUALES

- 6.1) Control según gama de control de la operación de pintura (OP110) para asegurar el espesor de la pintura en los diferentes puntos del disco.
 - 6.2) Verificación visual para la detección de imperfecciones o poros y embalaje de discos (OP80) en el contenedor con ayuda del ingrátido
 - 6.3) Cambio de las máscaras de pintura cuando lo indique el frecuencial asegurando la correcta adhesión de la pintura a la pieza.
 - 6.4) Limpieza de la máscara, antes de que sea necesario el siguiente cambio de máscara.
 - 6.5) Carga de bruto de la L16 con ayuda del polipasto.
- NOTA:** La máscara se limpiará en la lavadora, llevando ésta cuando sea necesario, aprovechando cuando vaya a cargar bruto a la L16. (Si la línea 16 está parada, seguir las

3. OTRAS TAREAS

Cuando sea necesario:

- 7.1) Cerrar y etiquetar el contenedor de embalaje cuando esté completo.
- 7.2) Realizar el control de los elementos de embalaje, asegurando la existencia de todos aquellos que les son necesarios y el buen estado de ellos.
- 7.3) Segregar rechazos, según instrucción
- 7.4) Solicitar al carretillero el cambio de contenedores
- 7.5) Rellenar carro cartones

4. TAREAS FIN DE TURNO

- 4.1) Realizar control de cotas fin de turno.
- 4.2) Dar novedades relevantes al estado de la línea al turno que entra.

6.5.3 TAREAS OPERADOR LÍNEA 16

1. COMIENZO DE TURNO

Estas tareas se realizarán antes del primer cambio de cuchillas de la OP30.

- 1.1) Aprovisionar todo el material necesario para la correcta realización de sus tareas, entre ellas, las cajas con las plaquitas de corte y todos los formatos de registros.
- 1.2) Obtener novedades relevantes sobre el estado de la línea con el operador del turno que sale.
- 1.3) Verificación de equipos de medida y su registro
- 1.4) Registro de cotas inicio de turno
- 1.5) Automantenimiento de la línea

2. TAREAS HABITUALES

- 2.1) Cambio de las plaquitas de corte cuando acabe su vida útil (la cadencia viene marcada en la “Hoja de herramientas” de las tres operaciones de torneado de la línea (OP10, OP20 y OP30)
- 2.2) Tras el cambio de las plaquitas de corte, mecanizar un disco completo, medirlo en banco y corregir parámetros si procede. Si el disco es no conforme (no cumple tolerancias) segregar al contenedor de rechazo según instrucción. Si, por el contrario, es conforme, se incorpora a la línea.
- 2.3) Control frecuencial de registro de cotas manuales de la operación de mecanizado (mide la pieza y registra sus valores)
- 2.5) Control frecuencial según gama de control de la operación de taladrado (OP40), verificando las roscas de los taladros con un útil.
- 2.6) Verificación visual y embalaje de discos hasta vaciar el stock final

NOTA: El operador de zona común le ayudará a embalar **aproximadamente 100 discos.**

3. OTRAS TAREAS

- 3.1) Completar el parte con la producción realizada.
- 3.2) Al comienzo de cada hora, completar tabla informativa.
- 3.3) Cuando sea necesario:
 - Segregar rechazos según instrucción.
 - Cerrar y etiquetar jaula completa de producto mecanizado.
 - Realizar control de los elementos de embalaje.

6.5.4 TAREAS OPERADOR LÍNEA 17

1. COMIENZO DE TURNO

Estas tareas se realizarán antes del primer cambio de cuchillas de la OP30.

- 1.1) Aprovisionar todo el material necesario para la correcta realización de sus tareas, entre ellas, las cajas con las plaquitas de corte y todos los formatos de registros.
- 1.2) Obtener novedades relevantes sobre el estado de la línea con el operador del turno que sale.
- 1.3) Verificación de equipos de medida y su registro.
- 1.4) Registro de cotas inicio de turno.
- 1.5) Automantenimiento de la línea.
- 1.6) Verificar la conformidad del puesto respecto a la "Ficha de estado de referencia"

NOTA: El operador de la zona común le ayudará a embalar **aproximadamente 150 piezas.**

2. TAREAS HABITUALES

- 2.1) Cambio de las plaquitas de corte cuando acabe su vida útil (la cadencia viene marcada en la "Hoja de herramientas" de las tres operaciones de torneado de la línea (OP10, OP20 y OP30)
- 2.2) Tras el cambio de las plaquitas de corte, mecanizar un disco completo, medirlo en banco y corregir parámetros si procede. Si el disco es no conforme (no cumple tolerancias) segregar al contenedor de rechazo según instrucción. Si, por el contrario, es conforme, se incorpora a la línea.
- 2.3) Control frecuencial de registro de cotas manuales de la operación de mecanizado (mide la pieza y registra sus valores)
- 2.5) Control frecuencial según gama de control de la operación de taladrado (OP40), verificando las roscas de los taladros con un útil.
- 2.6) Verificación visual y embalaje de discos hasta vaciar el stock final

3. OTRAS TAREAS

- 3.1) Completar el parte con la producción realizada.
- 3.2) Al comienzo de cada hora, completar tabla informativa.
- 3.3) Cuando sea necesario:
 - Segregar rechazos según instrucción.
 - Cerrar y etiquetar jaula completa de producto mecanizado
 - Realizar control de los elementos de embalaje

6.5.5 TAREAS OPERADOR ZONA COMÚN

1. TAREAS HABITUALES

1.1) Carga discos bruto **L17** con manipulador de ayuda a la carga:

- Coger con manipulador dos discos en la posición aquí mostrada y una vez apoyados sobre el teflón, voltear a mano el disco superior para introducirlos en la máquina:



Figura 68: Posición bruto L17

Cargar la cadena de carga con todas las piezas posibles, y aprovisionar sobre el teflón tantas piezas como quepan para tenerlas listas una vez se acaben las de la cadena.

1.2) Carga discos bruto **L19** con manipulador de ayuda a la carga:

- Por la disposición de las piezas en el contenedor, todas aquellas que vienen con el plano 1/c hacia arriba se cargan con el manipulador de uno en uno.
- El resto de las piezas que vienen como la figura mostrada, se cargan de dos en dos con el manipulador, se dejan sobre el teflón y se voltea el disco superior para introducirlos en la cadena de carga de la máquina.

Cargar con 20 piezas el teflón y llenar las cadenas de carga todo lo posible.

1.3) Verificación visual y embalaje de aproximadamente 150 piezas en la línea 17 con ayuda del manipulador, repartidos durante su jornada.

1.4) Verificación visual y embalaje de aproximadamente 100 piezas en la línea 16 con ayuda del manipulador, repartidos durante su jornada.

2. TAREAS PINTURA

2.1) Cuando sea necesario preparar **pintura L16 y L17**.

2.2) **Limpieza de máscara**, antes de que sea necesario el siguiente cambio de máscara en L16 y L17, según procedimiento. (OP110)

2.3) **Control de la pintura** según gama de control de la operación OP110 en la L16 y L17

3. OTRAS TAREAS

Preparar los embalajes (separadores y bolsas) en los puestos habilitados, para las líneas 16, 17, 19 y Geomet (2 veces/turno: carro robot, carro separadores y bolsas puestos embalaje).

NOTA: Si una o 2 de las líneas: 16-17-19 están paradas, el jefe de turno indicará las tareas a realizar.

6.6 VERIFICACIÓN DE LAS MODIFICACIONES PROPUESTAS

Tras crear las nuevas fichas de trabajo, instruimos a los trabajadores con las nuevas tareas y formas de realizarlas.

Tras ello, volvemos a medir la saturación de todos los operarios de las líneas para garantizar que no están saturados, y validar los estudios comparándolos con nuestras simulaciones, observando en todo momento cualquier anomalía que no pudimos haber contemplado en nuestro estudio.

6.6.1 OPERADOR LINEA 16

OPCION CON MANIPULADOR, SIN PINTURA Y SIN CARGA DE BRUTO										Puesto: Operador L16, 1 op por línea + apoyo					
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F1019					
Condiciones:															
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30												
52,4	480,00	550	50												
			Bruto/conten=	-											
			Discos/conten=	50											
			Kits/conten=	-											
			Planchas cartón=	6											
SUPUESTO 1 - Sin averías ni incidentes															
· Controles: indicados en la gama de control 1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30															
			Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%		
Actividad	Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	100	6,00	100	0,83	0,83	4,98	11%	5,53	1,15%				
		Cambio cuchillas (OP10)	300	2,00	100	1,66	1,66	3,32	11%	3,69	0,77%				
		Cambio cuchillas (OP20)	200	3,00	100	2,46	2,46	7,38	11%	8,19	1,71%				
		Cambio cuchillas (OP20)	400	2,00	100	0,82	0,82	1,64	11%	1,82	0,38%				
		Cambio cuchillas (OP20)	800	1,00	100	0,82	0,82	0,82	11%	0,91	0,19%				
		Cambio cuchillas (OP30)	50	11,00	100	1,00	1,00	11,00	11%	12,21	2,54%				
		Cambio cuchillas (OP30)	150	4,00	100	0,48	0,48	1,92	11%	2,13	0,44%				
		Cambio cuchillas (OP30)	200	3,00	100	0,48	0,48	1,44	11%	1,60	0,33%				
		Cambio cuchillas (OP30)	400	2,00	100	1,00	1,00	2,00	11%	2,22	0,46%				
		Embalaje de disco	1	450,00	100	0,28	0,28	126,00	11%	139,86	29,14%				
		Controles y reg. según GC OP30 (1/25)	25	22,00	100	0,38	0,38	8,36	11%	9,28	1,93%				
		Controles y reg. según GC OP30 (1/50)	50	11,00	100	1,95	1,95	21,45	11%	23,81	4,96%				
		Control y reg. de canal OP40 (1/50)	50	11,00	100	1,26	1,26	13,86	11%	15,38	3,21%				
		Controles y reg. según GC: OP50 (1/50)	50	11,00	100	1,44	1,26	13,86	11%	15,38	3,21%				
		Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial	90	7,00	100	1,44	1,44	10,08	11%	11,19	2,33%				
		Limpieza de mascara pista A	50	11,00	100			0		0,00	0,00%				
		Limpieza de mascara l/c	50	11,00	100			0		0,00	0,00%				
		Preparar jaula de embalaje	50	11,00	100	1,12	1,12	12,32	11%	13,68	2,85%				
		Cerrar jaula de embalaje	50	11,00	100	0,67	0,67	7,37	11%	8,18	1,70%				
		Colocar plancha de cartón	6	92,00	100	0,11	0,11	10,12	11%	11,23	2,34%				
		Sacar etiqueta	50	11,00	100	1,00	1,00	11,00	11%	12,21	2,54%				
		Control rugosidad	550	1,00	100	3,00	3,00	3,00	14%	3,42	0,71%				
		Controles en banco	13	43,00	100	0,48	0,48	20,64	14%	23,53	4,90%		292,56	68%	
		Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)				100	28,89	28,89	28,89	11%	32,07	6,68%		
			Verificación visual (en 480 min)				100	14,88	14,88	14,88	11%	16,52	3,44%		
Controles pintura, según gama de control (1/turno)					1	100	0,00	0,00		0	0,00%				
Preparar pintura y cambio bote de pintura					1,00	100		0	0,00	0,00	0,00%				
Cargar coronas	100		5,50	100	2,29	2,29	12,60	11%	13,98	2,91%					
Otros (Preparar cuchillas/Espera carretillero/QB patrón)					100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
Automantenimiento (tarea unitaria)					1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8)					-	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)					-	100	12,62	12,62	12,62	11%	14,01	2,92%			
Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno					4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%	82,99	19%	
Incidencias	Incidencias				100	15,53	15,53	15,53	11%	17,24	3,59%				
	Rechazos				2,00	100	0,00	0,00	0,00	14%	0,00	0,00%			
	Avería				100	0,00	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%	17,24	4%		
Inactividad	Inactividad				100	129,00	129,00	129,00	11%	143,19	29,83%				
	Comentario				100	3,03	3,03	3,03	11%	3,36	0,70%	146,55	31%		
t sin asignar										43,11					
										480	62				
										Ocupación del puesto con descansos:		86,99%			

Figura 70: Saturación de validación operador L16

Resultado esperado, las observaciones a tener en cuenta en este estudio frente a la simulación, es la implantación en la línea de la medición in process, este programa, lo que hace es detectar desviaciones en las tolerancias geométricas de la pieza corrigiendo automáticamente dichas desviaciones para llegar a las medidas nominales, quitándole esta tarea al operador, y dejándole más liberado para realizar el resto de sus tareas.

Tras obtener una tasa de saturación similar al estimado, validamos el estudio y estandarizamos la ficha con las nuevas tareas de este operador.

6.6.2 OPERADOR LINEA 21

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA												Puesto:	Operador L21, 2 op por línea		
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar												REF: F1051			
Condiciones:															
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CC OP30										
41,1	480,00	700			50										
				Bruto/conten=	108										
				Discos/conten=	60										
				Kits/conten=											
SUPUESTO L: Sin averías ni incidentes				Planchas cartón=		7									
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30				Planchas espuma=		6									
				Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuencias	Cambio cuchillas (OP10)	100	7,00	100	0,45	0,45	3,15	11%	3,50	0,73%				
		Cambio cuchillas (OP10)	200	4,00	100	0,90	0,90	3,60	11%	4,00	0,83%				
		Cambio cuchillas (OP20)	100	7,00	100	2,31	2,31	16,17	11%	17,95	3,74%				
		Cambio cuchillas (OP20)	400	2,00	100	0,79	0,79	1,58	11%	1,75	0,37%				
		Cambio cuchillas (OP30)	50	14,00	100	1,46	1,46	20,44	11%	22,69	4,73%				
		Cambio cuchillas (OP30)	100	7,00	100	2,12	2,12	14,84	11%	16,47	3,43%				
		Cambio cuchillas (OP30)	600	2,00	100	0,79	0,79	1,58	11%	1,75	0,37%				
		Carga de disco	1	700,00	100	0,17	0,17	119,00	11%	132,09	27,52%				
		Preparar jaula de embalaje	60	12,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		Cerrar cajón completo	60	12,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		Colocar plancha de espuma	10	70,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		Colocar separador de cartón	8,571428571	82,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		Embalaje de disco (con ingravido)	1	700,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		Controles y reg. según GC OP30	50	14,00	100	3,31	3,31	46,34	14%	52,83	11,01%				
		Controles y reg. según GC OP40	50	14,00	100	0,67	0,67	9,38	14%	10,69	2,23%				
		Controles y reg. según GC OP40	200	4,00	100	0,87	0,87	3,48	14%	3,97	0,83%				
		Controles y reg. según GC OP50	350	2,00	100	0,80	0,80	1,60	14%	1,82	0,38%				
		Control rugosidad	100	7,00	100	1,10	1,10	7,70	14%	8,78	1,83%				
		PINTURA: Cambio de máscara	80	9,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		PINTURA: Limpieza de máscara	80	9,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
		PINTURA: Controles y reg. según GC	700	1,00	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%				
Abrir palet de bruto	108,00	6,48	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%						
Quitar palet de bruto	108,00	6,48	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%						
Llamar al carretillero para cambio palet	108,00	6,48	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%						
Pasar control patrón de calidad	700,00	4,00	100	0,37	0,37	1,48	14%	1,69	0,35%						
Sacar etiqueta de embalaje	60,00	11,67	100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%						
Controles fuera de frecuencia en 100 min *4,8			100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%						
Controles en banco	7	100,00	100	0,67	0,67	67,00	14%	76,38	15,91%			356,36	74%		
Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)			100	32,25	32,25	32,25	11%	35,80	7,46%					
	Control de producto (CP)			100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%					
	Cambio de bote de pintura			100		0,00	0,00	14%	0,00	0,00%					
	Verificación equipos de medida ***			100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%					
	Verificación visual (*4,8)			100	4,17	4,17	4,17	11%	4,63	0,96%					
	Automantenimiento	1,00		100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%					
	Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8) ***			100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%					
	Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)			100	17,37	17,37	17,37	11%	19,28	4,02%					
	Introducción en bonos parte de trabajo			100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%					
	Rellenar carro de cartones	1		100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%					
	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***		4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%			86,35	18%	
Incidencias	Incidencias			100	5,97	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%					
	Segregar rechazo	1		100		0,00	0,00	14%	0,00	0,00%					
	Avería			100		0,00	0,00	11%	0,00	0,00%		0,00	0%		
Inactividad	Inactividad			100	73,10	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%					
	Comentario			100	2,75	0,00	0,00	11%	0,00	0,00%					
t sin asignar								84,87		37,30					
										480	443	92,23%			
												Ocupación del puesto:		92,23%	

Figura 71: Saturación de validación operador L21

El resultado del estudio es el esperado, se prestó especial atención a la posibilidad de que, durante el cambio de cuchillas donde el operador tarda más tiempo y no puede estar atento a otras operaciones, la línea se quedase sin bruto suficiente para poder mecanizar y por tanto la línea se parase. Todo esto debido a que lo que modificamos, fue la tarea de carga de bruto, haciendo que la realizase en su totalidad este operador solo.

Se observó que no, aun realizando el cambio de cuchillas y sus respectivos controles posteriores, las líneas de carga de bruto tienen la suficiente capacidad para abastecer de piezas durante este tiempo a la máquina.

Dicho esto, y tras el resultado obtenido, damos por bueno el estudio y validamos la ficha de tareas para este operador.

6.6.3 OPERADOR LINEA 17

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA										Puesto:		Operador L17, 1 op + ayuda		
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar										REF: F3065				
Condiciones:														
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)			Frec. CC OP30									
44.3	480.00	650			50									
Bruto/conten= 90														
Discos/conten= 45														
Kits/conten=														
Planchas cartón= 6														
Planchas espuma= 0														
SUPUESTO I: Sin averías ni incidentes														
1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30														
		Frecuencia	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coefficiente Descanso	min con descansos	%	min	%		
Actividad	Frecuenciales	Cambio cuchillas (OP10)	160	5,00	100	0,70	3,50	3,89	11%	3,89	0,81%			
		Cambio cuchillas (OP10)	320	3,00	100	1,93	1,93	5,79	11%	6,43	1,34%			
		Cambio cuchillas (OP20)	80	9,00	100	1,93	1,93	17,37	11%	19,28	4,02%			
		Cambio cuchillas (OP20)	320	3,00	100	1,93	1,93	5,79	11%	6,43	1,34%			
		Cambio cuchillas (OP30)	80	9,00	100	1,00	1,00	9,00	11%	9,99	2,08%			
		Cambio cuchillas (OP30)	160	5,00	100	0,25	0,25	1,25	11%	1,39	0,29%			
		Cambio cuchillas (OP30)	640	2,00	100	0,25	0,25	0,50	11%	0,56	0,12%			
		Preparar jaula de embalaje	45	15,00	100	0,60	0,60	9,00	11%	9,99	2,08%			
		Cerrar cajon completo	45	15,00	100	0,57	0,57	8,55	11%	9,49	1,98%			
		Colocar separador de cartón	7,5	87,00	100	0,09	0,09	7,83	11%	8,69	1,81%			
		Embalaje de disco (con ingrávodo)	1	500,00	100	0,34	0,34	170,00	11%	188,70	39,31%			
		Controles y reg. según GC OP30	50	13,00	100	1,69	1,69	21,97	14%	25,05	5,22%			
		Controles y reg. según GC: OP40	50	13,00	100	1,88	1,88	24,44	14%	27,86	5,80%			
		Controles y reg. según GC: OP40 (cajeado)	50	13,00	100	0,73	0,73	9,49	14%	10,82	2,25%			
		Controles y reg. según GC: OP50	50	13,00	100	0,65	0,65	8,45	14%	9,63	2,01%			
Control rugosidad (1/100) ***	650	1,00	100	5,00	5,00	5,00	14%	5,70	1,19%					
Controles en banco	10	65,00	100	0,45	0,45	29,25	14%	33,35	6,95%		377,23	79%		
Actividad	Tareas	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4,8)			100	28,22	28,22	28,22	11%	31,32	6,53%			
		Verificación equipos de medida ***			100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
		Verificación visual (*4,8)			100	6,24	6,24	6,24	11%	6,93	1,44%			
		Automantenimiento		1,00	100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
		Registros (P.Prod., tabla info,...) (registros en 100 min * 4,8) ***			100	10,00	10,00	10,00	11%	11,10	2,31%			
		Manipulación de teclado (manip.teclado en 100 min * 4,8)			100	13,30	13,30	13,30	11%	14,76	3,08%			
		Introducción en bonos parte de trabajo			100	5,00	5,00	5,00	11%	5,55	1,16%			
		Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno ***		4,00	100	1,00	1,00	4,00	11%	4,44	0,93%		85,20	18%
		Incidenias			100	7,85	7,85	7,85	11%	8,71	1,82%			
		Segregar rechazo		1	100	0,28	0,28	0,28	14%	0,32	0,07%			
Actividad	Inactividad	Avería			100	3,90	3,90	3,90	11%	4,33	0,90%		13,36	3%
		Esperas			100	41,13	41,13	41,13	11%	45,65	9,51%			
Actividad	Inactividad	Comentario			100	20,25	20,25	20,25	11%	22,48	4,68%		68,13	14%
		t sin asignar						66,06		17,57				
							480		462	96,34%				
Ocupación del puesto con pintura:										96,34%				

Manipulador mal regulado. Dificulta la tarea.

Figura 72: Saturación de validación operador L17

Destacar, que durante la medición, el manipulador de embalaje, estaba mal regulado, lo que dificultaba la tarea e incrementaba el tiempo de la operación, aun así, la saturación no sale muy distinta a la estimada, valiéndonos el 96,34% obtenido.

Además, se pretende hacer un estudio de capacidad para disminuir la frecuencia de control de cotas manuales en el mecanizado de la OP30 a cada 200 piezas en vez de cada 50 como está actualmente, lo que supondría una disminución en su saturación.

No se observa ninguna anomalía más, por lo que damos por bueno el estudio y validamos la ficha de tareas de este operador.

6.6.4 OPERADOR ZONA COMÚN

OPERADOR-CARGA DE TRABAJO TEÓRICA										Puesto:	Operador Zona común	
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar												
Condiciones: en L16 (F1019) en L17 (F3027) en L19 (3Q0)												
Linea	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30									
L16	480,00	600,0	104									
L17		700,0	Bruto16/conten=		100							
L19		500,0	Bruto17/conten=		72							
L17	EMBALAJE	150,0	Bruto19/conten=		120							
L16		100,0										
SUPUESTO 1: Sin averías ni incidentes												
Controles: indicados en la gama de control 1 disco tras cambio de cuchillas OP10-20; 30												
Actividad	Frecuencial	Frec	Actividad observada	t _{unidad} (min)	T normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Frecuenciales	CARGA EN L17	1	700,00	100	0,18	0,18	126,00	11%	139,86	29,14%		
	CARGA EN L19	1	500,00	100	0,16	0,16	80,00	11%	88,80	18,50%		
	Embalaje L17	1	100,00	100	0,30	0,30	30,00	11%	33,30	6,94%		
	Embalaje L16	1	150,00	100	0,31	0,31	46,50	11%	51,62	10,75%		
	Desplazamiento		1,00	100	31,77	31,77	31,77	11%	35,26	7,35%		
	Limpieza de mascara L16	200	3	100	1,26	1,26	3,78	11%	4,20	0,87%		
	Limpieza de mascara L17	100	6	100	1,26	1,26	7,56	11%	8,39	1,75%		
	Control según gama de control OP110 (pintura) L16		1	100	2,2	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%		
	Control según gama de control OP110 (pintura) L17		1	100	2,2	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%	366,44	76%
	Etiqueta bruto L17 y L19	13		100	0,90	0,90	11,70	11%	12,99	2,71%		
	Abrir palet bruto contenedor L17 y L19	13		100	1,35	1,35	17,55	11%	19,48	4,06%		
	Llevar carro separadores		1,00	100	1,22	1,22	1,22	11%	1,35	0,28%		
	Controles producto, según gama de control (1/día) L16		1	100	1,86	1,86	1,86	11%	2,06	0,43%		
	Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día) L16		1	100	1,66	1,66	1,66	14%	1,89	0,39%		
	Controles producto, según gama de control (1/día) L17		1	100	1,86	1,86	1,86	11%	2,06	0,43%		
Preparar pintura y cambio bote de pintura (1/día) L17		1	100	1,66	1,66	1,66	14%	1,89	0,39%	41,74	9%	
Incidencias	Incidencias						0,00	11%	0,00	0,00%		
	Avería						0,00	11%	0,00	0,00%	0,00	0%
Inactividad	Inactividad	Esperas		13,34			19,04	11%		0,00%		
	Comentario			2,70			2,70	11%	3,00	0,62%	3,00	1%
t sin asignar						90,74		408,18	85,04%			
										480		
										Ocupación del puesto con descansos:		85,0%

Figura 73: Saturación de validación operador común

Resultado notoriamente más bajo que el obtenido en la etapa de simulación (85% frente al 97,7% supuesto).

Los motivos de esta diferencia recaen en los tiempos unitarios de carga de bruto, tanto en la línea 17 como en la línea 19 se han reducido significativamente, y al ser de las tareas con más peso sobre el resultado final, son muy sensibles a pequeñas mejoras. Se diseñó un nuevo tipo de garras para el manipulador de carga de bruto para la línea 19, lo que hace que cargase de dos en dos en vez de una en una, de ahí la reducción de tiempos.

Además la organización de las tareas es buena y se complementan bien entre los trabajadores de las líneas 16 y 17 avisándose entre ellos cuando requieran la ayuda el uno del otro, como es el ejemplo de la limpieza de la máscara, los operadores de las líneas 16 y 17 avisan al operador de zona común de que ya han realizado el cambio de ésta en sus respectivas líneas, para que el operador de zona común tenga en cuenta que ha de limpiarlas y dejarlas listas para el siguiente cambio.

6.6.5 AYUDANTE LINEA 21

AYUDANTE -CARGA DE TRABAJO ESTANDAR										Puesto:	Operador L21, 2 op por línea				
Estimación de la carga de trabajo en el puesto, según las tareas a realizar															
Condiciones:															
t pieza (s)	t turno (min)	Prod. estimada (piezas)	Frec. CC OP30												
44.3	480.00	650	50												
					Bruto/conten=	160									
					Discos/conten=	80									
					Kits/conten=	-									
					Planchas cartón=	11									
					Planchas de espuma	10									
SUPUESTO 1: Sin averías ni incidentes															
.Dos contenedores en el puesto de embalaje															
				Frecuencial	Frec	Actividad Observada	t unitario (min)	Tiempo normal	min reales	Coficiente Descanso	min con descansos	%	min	%	
Actividad	Frecuenciales	Control según gama de control OP110 (pintura)		650	1	100	2,2	2,2	2,2	14%	2,508	0,52%	343,69	79,49%	
		Verificación visual y embalaje de discos (OP80)		1	650	100	0,21	0,21	136,5	11%	151,515	31,57%			
		Carga de disco		1	600,00	100	0,20	0,20	120,00	11%	133,20	27,75%			
		Manip. Embalajes - separador de cartón entre capas		8	82	100	0,11	0,11	9,02	11%	10,0122	2,09%			
		Manip. Embalajes - separador de espuma		8	82	100	0,18	0,18	14,76	11%	16,3836	3,41%			
		Manip. Embalajes - cerrar contenedor y control elementos de embalaje		80	9	100	1,06	1,06	9,54	11%	10,59	2,21%			
		Manip. Embalajes - Preparar cajón nuevo		80	9	90	1,92	1,728	15,55	11%	17,26	3,60%			
		Cambio de mascara cuando lo indique el frecuencial		100	7	100	1,22	1,22	8,54	11%	9,48	1,97%			
		Limpieza de mascara l/c		100	7	100	3,94	3,94	27,58	11%	30,61	6,38%			
		Registros (P.Prod., tabla inf. parte embalaje, registros pintura, etc)				-	100	5,00	5	5,00	11%	5,55			1,16%
	Verificación equipo de medidas y su registro				1,00	100	5,00	5	5,00	11%	5,55	1,16%			
	Controles pintura, según gama de control (l/día)				1	100	1,86	1,86	1,86	14%	2,1204	0,44%			
	Preparar pintura y cambio bote de pintura (l/día)				1,00	100	1,66	1,66	1,66	14%	1,89	0,39%			
	Verificar la conformidad del puesto según "ficha estado ref"				1	100	2	2	2	11%	2,22	0,46%			
	Sacar etiqueta		325	2,00	100	1,13	1,13	2,26	11%	2,51	0,52%				
	Solicitar al carretillero el cambio de contenedores		80	9,00	100	0,32	0,32	2,88	11%	3,20	0,67%				
	Rellenar carro cartonés		325	2,00	100	1,08	1,08	2,16	11%	2,40	0,50%				
	Desplazamientos (desplazamiento en 100 min * 4.8)				-	100	59,28	59,28	59,28	11%	65,80	13,71%			
	Relevos: 2 por descanso y 2 por cambio turno				4,00	100	1,00	1	4,00	11%	4,44	0,93%			
	Incidencias	Incidencias				100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%			0,00
Avería				100	0,00	0	0,00	11%	0,00	0,00%					
Inactividad	Esperas				100	12,48	12,48	12,48	11%	13,85	2,89%	18,29	0,93%		
	Comentario				100	4,00	4	4,00	11%	4,44	0,93%				
t sin asignar								33,73	477,24		99,43%				
												480	Ocupación del puesto con descansos:		99,43%

Figura 74: Saturación de validación ayudante L21

El estudio al ayudante de la línea 21 muestra un resultado similar al que supusimos en la simulación, algunas de las observaciones a tener en cuenta es que anteriormente, el bruto de la línea 16 venía en contenedores en posición contraria a la que entraba a la maquinaria, por lo que el operario tenía que ir volteando las piezas de una en una. Durante la medición, el bruto ya había sido colocado en el contenedor volteado, ahorrando esta operación al trabajador.

Aun con eso, se observa una saturación del 99.43% (con coeficientes de descanso incluidos), lo cual, es capaz de realizar la producción y tareas asignadas, aunque no es del todo recomendable dejarlo tan saturado.

7 ■ CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Una vez finalizado el trabajo, se procede a la evaluación de los objetivos inicialmente definidos, de manera que, a continuación, se exponen las siguientes conclusiones:

- Se ha obtenido un conocimiento sobre todo el proceso productivo de una línea de mecanizado de discos de freno, su funcionamiento y todas las operaciones allí involucradas, con la capacidad de detectar anomalías si las hubiera en la metodología de trabajo.
- Se ha conseguido realizar estudios de saturación de los puestos de trabajo, desde la toma de tiempos en la etapa de cronometraje, como su posterior interpretación de resultados en los análisis de saturación.
- Con la implantación de las mejoras oportunas se redujo la saturación del operador y del ayudante de la línea 21 en un 29,93% entre los dos trabajadores, lo que permitió añadir las operaciones de pintura.
- Se realizó una primera simulación donde se reorganizaron las tareas del operador y del ayudante de la línea 21 añadiéndole a este último las tareas de pintura. Pasando de una saturación inicial de 79,7% para el operador y un 93,7% para el ayudante a un 87,93% y un 78,23% respectivamente.
- Como consecuencia de los problemas organizativos que mostraba la primera simulación se realizó una segunda simulación de reparto de tareas, intercambiando operaciones del ayudante de la línea 21 con el operador de zona común. Se consiguió reducir la saturación de este último que inicialmente se encontraba al 98,5% a un 72,5% de saturación además de solventar los problemas que veníamos presentando.
- Se realizó una tercera simulación de reparto de tareas, para que las saturaciones estuvieran más equilibradas, ya que el operador de zona común quedó muy liberado de la etapa anterior en comparación con otros trabajadores. Es por ello, que añadimos al operador de zona común las tareas de embalaje de parte de la producción de las líneas 16 y 17. Como consecuencia, liberamos saturación a los operadores de dichas líneas, pasando de un 92,49% a un 87,25% de saturación para el operador de línea 16 y de un 104,5% a un 95,48% para el operador de la línea 17, a costa de aumentar la saturación del operador de zona común de un 72,5% a 97,7%.

- Se han estandarizado todas las fichas de trabajo con el reparto de tareas finales entre los operadores involucrados.
- Se ha conseguido resolver el problema que se planteaba con la incorporación de las operaciones de pintura. Incluso se ha mejorado indirectamente algunos de los puestos que se han modificado, debido a que cuando se realizaron los estudios de saturación para conocer el estado inicial, varios puestos superaban el 100% de saturación o estaban muy cerca. Con la nueva distribución todos ellos han pasado a márgenes más aceptables.
- La línea 21 ha quedado optimizada y puede servir como referencia de tiempos para otras líneas similares que se quieran mejorar, cumpliendo la misma función que la línea 12 en el presente trabajo.
- Si se quiere implantar alguna modificación en la forma de trabajo de las líneas 16, 17 y 21, se puede partir de los estudios de saturación ya realizados, simulando aquellas tareas que se vean afectadas para visualizar los efectos que tendrían.

8. ESTUDIO ECONÓMICO

8. ESTUDIO ECONÓMICO

8.1 RECURSOS UTILIZADOS

Los recursos utilizados han sido principalmente equipos informáticos y periféricos de éstos.

Los recursos de hardware son:

- Ordenador de Sobremesa HP Pavilion 690-0301ns, AMD Ryzen 5, 8GB, 1TB, GTX1050 2GB
- Cámara Canon IXUS 185.
- Proyector Acer PD125.
- Cronómetro

Los recursos de software son:

- Sistema operativo Windows 10.
- Aplicaciones ofimáticas: Microsoft Office 365.

Los recursos clasificados como material de oficina son los presentados a continuación:

- Papel DIN A4 80 g/m².
- Suministros de impresora.

8.2 COSTES DEL PROYECTO

8.2.1 COSTES DIRECTOS

8.2.1.2 COSTE DE PERSONAL

A lo largo de este apartado, se consideran las horas trabajadas para la realización del proyecto para poder obtener los costes totales de personal.

Lo primero a considerar es el tiempo que trabaja una persona a lo largo de un año.

Tabla 8.1: *Días útiles al año*

Concepto	Días/año
Días anuales totales	365
Sábados y domingos	-104
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos	-12
Días de petición/enfermedad	-15
Total días hábiles	214

A los 365 días existentes durante el año, restamos los días que no se van a trabajar: sábados y domingos, vacaciones, enfermedad, etc.

A los días que finalmente tenemos, se multiplican por 8 horas/día, para conseguir el número de horas que se trabaja a lo largo de todo un año: **1.712 h/año**.

La persona que realiza este proyecto, será un Ingeniero Industrial o graduado en Ingeniería Mecánica/ Ingeniería en Organización. Su coste anual se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 8.2: *Coste total de un trabajador en un año*

Concepto	Euros/año
Sueldo neto e incentivos	25.000,00
Prestaciones a la Seguridad Social	8.750,00
Coste total	33.750,00

Una vez que tenemos conocimiento de las horas que se van a trabajar y cuanto coste va a tener, calculamos el coste por hora del trabajador. Para ello dividimos el coste total del ingeniero entre el número de horas anuales. El coste total por hora será por tanto de 19,71 €/hora.

Para terminar, se deben calcular el número de horas en los que se ha desarrollado el proyecto.

Tabla 8.3: horas empleadas en la realización del proyecto

Concepto	Horas
Planificación de tareas	50
Estudio y documentación	200
Trabajo de campo	500
Realización de memoria	100
Horas Totales proyecto	850

El coste de personal se obtiene multiplicando las horas totales que se han empleado en este proyecto por el coste de las horas de trabajo, por lo tanto el presupuesto correspondiente al coste de personal asciende a **16.753,50 €**.

8.2.1.3 COSTE DE MATERIAL AMORTIZABLE

Para calcular los costes del material amortizable, se considerara un coste actual y la amortización lineal de un número de años de amortización que dependerán del material que estemos tratando. Como material amortizable nos referimos básicamente a equipos informáticos y software. Dado que la mayoría de estos aparatos se quedan obsoletos aproximadamente en el mismo tiempo que se produce la amortización, no se considerará valor residual. Además se tendrá en cuenta el número de horas que se trabajará con cada uno de los equipos.

También se tendrá en cuenta, en el precio del ordenador, las licencias del sistema operativo (Windows 10) y el paquete ofimático (Microsoft Office 365), ya que están instalados y se han utilizado para la ejecución de este trabajo.

Se ha utilizado un ordenador de sobremesa para pasar los datos del cronometraje y realizar los estudios de saturación, así como la realización de las fichas de los puestos de trabajo.

No se utilizó ningún software a mayores que no contase en el paquete ofimático Microsoft Office 2010 luego no se tendrá en cuenta ningún coste amortizable más por software.

También se calcularan las amortizaciones de la cámara y del proyector así como del cronometro pese al leve coste de este último.

Tabla 8.4: Costes amortizables del proyecto

Concepto	Euros	Años	Días	Horas	Coste final
Ordenador de Sobremesa HP Pavilion 690-0301ns, AMD Ryzen 5, 8GB, 1TB, GTX1050 2GB	599,00	10	214	600	20,99
Microsoft Windows 10	74,99	5	214	600	5,25
Microsoft Office 365	119,99	5	214	600	8,41
Cámara Canon IXUS 185	97,00	10	214	200	1,13
Proyector Epson EH-TW650	505,00	10	214	100	2,94
Cronometro	10,00	5	214	200	0,23
Total	1.405,98				38,95

El resultado se conseguirá: dividiendo entre los años de amortización, los días que se trabajan en un año (214) y entre las 8 horas que se trabaja durante una jornada de un día. Finalmente, para conocer el coste por las horas que se han dedicado en este proyecto concreto, se multiplicará por el número de horas dedicadas.

Por tanto, el coste de amortización es de 38,95 €.

8.2.1.4 COSTE DE MATERIAL NO AMORTIZABLE

El coste de material no amortizable se refleja en la siguiente tabla. Los conceptos relacionados son los de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla 8.5: Costes no amortizables

Concepto	Euros
Papel DIN A4 80 g/m ²	25
Suministros de impresora	120
Otros	30
Total sin IVA	178
IVA 21%	37,38
Total IVA incluido	215,38

Resumiendo, los costes de material no amortizable ascienden a 215,38 €.

Por lo tanto, finalmente, la suma de los costes directos es de:

Tabla 8.6: Costes directos totales

Concepto	Costes (€)
Coste de personal	16.753,50
Coste de material amortizable	38,95
Coste de material no amortizable	215,38
Total	17.007,83

8.2.1.5 COSTES INDIRECTOS

Este tipo de costes se refieren a gastos que son imprescindibles en la realización del proyecto, pero que no se pueden añadir a ninguno de los apartados anteriores. Por ejemplo: calefacción/climatización, consumo de electricidad de los equipos, iluminación, teléfono, etc.

A continuación se muestra los gastos indirectos de éste proyecto:

Tabla 8.7: Costes indirectos del proyecto

Concepto	Coste(€)
Consumo de electricidad de los equipos	250,00
Calefacción/climatización	150,00
Iluminación	50,00
Otros	100,00
Total	550,00

Los costes indirectos son: 550,00 €.

8.3 COSTE TOTAL DEL PROYECTO

Una vez que hemos calculado, tanto los costes directos como los indirectos, sumaremos los dos para ver cuál es el coste total del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costes:

Tabla 8.8: Coste total del proyecto

Concepto	Euros
Total costes directos	17.007,83
Total de costes indirectos	550,00
Total de costes proyecto	17.557,83

El coste total del proyecto asciende a 17.557,83€.

9. BIBLIOGRAFÍA

Por orden alfabético las fuentes necesarias para la realización de este proyecto han sido:

- Amelia Nápoles Alberro, Xavier Salueña Berna.” Módulo 5. Mecanizado por arranque de viruta” Edicions UPC. 2000

- C. Vera Álvarez, F. Aparicio Izquierdo, V. Díaz López. “Teoría de los Vehículos Automóviles” (2ªed), E.T.S. Ingenieros Industriales. 2001

- Ernest Doebelin, “Sistemas de medición e instrumentación”, McGraw Hill, 5ª Edición.

- Francisco Espin Carbonell.” Technical SMED. Preparation Time Reduction” Área de Innovación y Desarrollo, S.L. 2013

- N. Fuentes, J. M. Lledós. “Manual del Cronometrador” (2ªed). ASETEMYT. 2004

- Manuel F. Suárez-Barraza, José-Á. Miguel-Dávila. “Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua”. 2009

- María Manzano Ramírez, Víctor Gisbert Soler,” Lean Manufacturing: Implantación 5s” (Edición 20). 2016

- Rafael Muñoz Ramírez “La industria de automoción: Su evolución e incidencia social y económica”. Cuadernos de Estudios Empresariales N.º 3. 1993

- Rubén Cariño G. “Seis Sigma y la capacidad del proceso en proyectos”. Boletín IIE. 2002

- Thomas D. Gillespie. “Fundamentals of Vehicle Dynamics” SAE. 1992.

10. ANEXOS

10.1 ANEXO 1: DATOS CRONOMETRAJE

A continuación, se adjunta todas las anotaciones que se realizaron durante el cronometraje del operador de la línea 21 para conocer el estado del cual partíamos.

Fecha toma de tiempos:		30/10/2018				
Producción realizada:		151				
ET	Medido	t total min	t parcial min	MIN	SEG	Observ.
D	0,19	0,32	0,32	0	19	
CO	0,48	0,80	0,48	0	29	CARRETILLERO
D	1,06	1,10	0,30	0	18	
QB	1,30	1,50	0,40	0	24	
Q	1,42	1,70	0,20	0	12	RADIAL
D	1,50	1,83	0,13	0	8	
MT	2,00	2,00	0,17	0	10	OP30
D	2,06	2,10	0,10	0	6	
CC	4,34	4,57	2,47	2	28	OP20 1X400 2X200
MT	4,53	4,88	0,32	0	19	OP30
D	5,10	5,17	0,28	0	17	
CO	5,12	5,20	0,03	0	2	
D	5,20	5,33	0,13	0	8	
BQ	5,50	5,83	0,50	0	30	1/2HORAS
D	5,57	5,95	0,12	0	7	
MT	6,08	6,13	0,18	0	11	OP30
W	6,30	6,50	0,37	0	22	
D	6,40	6,67	0,17	0	10	
E	6,52	6,87	0,20	0	12	
QB	7,15	7,25	0,38	0	23	
Q	7,28	7,47	0,22	0	13	RADIAL
D	7,35	7,58	0,12	0	7	
W	7,42	7,70	0,12	0	7	
D	7,49	7,82	0,12	0	7	
I	8,04	8,07	0,25	0	15	REPROCESAR
MP	8,13	8,22	0,15	0	9	
E	8,41	8,68	0,47	0	28	
QB	9,03	9,05	0,37	0	22	
D	9,11	9,18	0,13	0	8	
MT	9,18	9,30	0,12	0	7	OP30
D	9,27	9,45	0,15	0	9	
QM	10,20	10,33	0,88	0	53	1-/50
QR	10,50	10,83	0,50	0	30	1/100 RUGOSIDAD
E	11,12	11,20	0,37	0	22	
QB	11,21	11,35	0,15	0	9	
QR	11,29	11,48	0,13	0	8	RUGOSIDAD
D	11,43	11,72	0,23	0	14	
MT	11,48	11,80	0,08	0	5	
D	11,57	11,95	0,15	0	9	
QR	12,05	12,08	0,13	0	8	RUGOSIDAD
MP	12,13	12,22	0,13	0	8	
D	12,18	12,30	0,08	0	5	
D	12,29	12,48	0,18	0	11	
W	12,39	12,65	0,17	0	10	HAA
E	12,52	12,87	0,22	0	13	
QR	13,38	13,63	0,77	0	46	OP50 1*/50
W	13,45	13,75	0,12	0	7	HAA
QR	16,42	16,70	2,95	2	57	OP30 (2 CONCENTRICIDADES)
E	16,51	16,85	0,15	0	9	
QB	16,59	16,98	0,13	0	8	
QR	17,21	17,35	0,37	0	22	
D	17,27	17,45	0,10	0	6	
MT	17,40	17,67	0,22	0	13	OP30
D	17,50	17,83	0,17	0	10	
QR	18,15	18,25	0,42	0	25	
MP	18,25	18,42	0,17	0	10	
CC	22,28	22,47	4,05	4	3	OP30 2X50 2X100 2X200
D	22,34	22,57	0,10	0	6	
QB	23,00	23,00	0,43	0	26	
QR	23,05	23,08	0,08	0	5	RUGOSIDAD
D	23,12	23,20	0,12	0	7	
MT	23,45	23,75	0,55	0	33	OP30
D	23,55	23,92	0,17	0	10	
QR	24,02	24,03	0,12	0	7	
D	24,07	24,12	0,08	0	5	
I	24,40	24,67	0,55	0	33	REPROCESAR

Figura 75: Datos de cronometraje (parte 1)

I	24,40	24,67	0,55	0	33	REPROCESAR
MP	24,50	24,83	0,17	0	10	
E	25,05	25,08	0,25	0	15	
I	25,32	25,53	0,45	0	27	REPROCESAR
W	25,47	25,78	0,25	0	15	
W	25,58	25,97	0,18	0	11	
E	26,10	26,17	0,20	0	12	
I	26,40	26,67	0,50	0	30	REPROCESAR
D	26,47	26,78	0,12	0	7	
E	26,55	26,92	0,13	0	8	
QB	27,25	27,42	0,50	0	30	
D	27,32	27,53	0,12	0	7	
MT	27,45	27,75	0,22	0	13	
D	27,55	27,92	0,17	0	10	
D	28,21	28,35	0,43	0	26	
CD	30,30	30,50	2,15	2	9	9
D	30,52	30,87	0,37	0	22	
I	31,24	31,40	0,53	0	32	REPROCESAR
MP	31,34	31,57	0,17	0	10	
E	31,57	31,95	0,38	0	23	
QB	32,27	32,45	0,50	0	30	
Q	32,48	32,80	0,35	0	21	RADIAL
MP	32,57	32,95	0,15	0	9	
E	33,52	33,87	0,92	0	55	
QB	34,23	34,38	0,52	0	31	
Q	34,35	34,58	0,20	0	12	RADIAL
D	34,42	34,70	0,12	0	7	
MT	35,03	35,05	0,35	0	21	OP30
W	35,11	35,18	0,13	0	8	
D	35,21	35,35	0,17	0	10	
MP	35,33	35,55	0,20	0	12	
E	36,24	36,40	0,85	0	51	
QB	36,48	36,80	0,40	0	24	
D	36,56	36,93	0,13	0	8	
MT	37,17	37,28	0,35	0	21	
D	37,27	37,45	0,17	0	10	
I	38,47	38,78	1,33	1	20	A T ASCO PIEZAS HAA
MT	39,05	39,08	0,30	0	18	
E	39,54	39,90	0,82	0	49	
MP	40,01	40,02	0,12	0	7	
E	40,18	40,30	0,28	0	17	
QB	40,48	40,80	0,50	0	30	
E	40,58	40,97	0,17	0	10	
QB	41,17	41,28	0,32	0	19	
Q	41,27	41,45	0,17	0	10	PORO
MP	41,37	41,62	0,17	0	10	
QM	42,29	42,48	0,87	0	52	
QR	42,45	42,75	0,27	0	16	RUGOSIDAD
I	43,20	43,33	0,58	0	35	REPROCESAR
QR	43,32	43,53	0,20	0	12	RUGOSIDAD
E	43,47	43,78	0,25	0	15	
MP	43,56	43,93	0,15	0	9	
E	44,07	44,12	0,18	0	11	
QB	44,28	44,47	0,35	0	21	
QR	44,57	44,95	0,48	0	29	
CC	45,38	45,63	0,68	0	41	OP30 2X50
QR	45,50	45,83	0,20	0	12	RUGOSIDAD
CC	46,35	46,58	0,75	0	45	OP10 1X200
MT	47,00	47,00	0,42	0	25	OP30
QR	47,47	47,78	0,78	0	47	OP50
QR	51,35	51,58	3,80	3	48	OP30
QB	52,00	52,00	0,42	0	25	
RECH	52,29	52,48	0,48	0	29	
CD	57,00	57,00	4,52	4	31	21
D	57,24	57,40	0,40	0	24	
QB	57,58	57,97	0,57	0	34	
D	58,08	58,13	0,17	0	10	
MT	58,22	58,37	0,23	0	14	RADIAL C
MP	58,34	58,57	0,20	0	12	
E	59,16	59,27	0,70	0	42	
QB	59,40	59,67	0,40	0	24	
D	59,47	59,78	0,12	0	7	
MT	59,58	59,97	0,18	0	11	RADIAL C

Figura 76: Datos de cronometraje (parte 2)

MT	59,58	59,97	0,18	0	11	RADIAL C
MP	60,17	60,28	0,32	0	19	
D	60,30	60,50	0,22	0	13	
E	60,50	60,83	0,33	0	20	
MT	61,02	61,03	0,20	0	12	OP30
E	61,15	61,25	0,22	0	13	
D	61,23	61,38	0,13	0	8	
CD	63,41	63,68	2,30	2	18	11
MT	63,51	63,85	0,17	0	10	op10
D	64,05	64,08	0,23	0	14	
I	64,14	64,23	0,15	0	9	SATURACIÓN
CC	65,00	65,00	0,77	0	46	OP20 1X100 B,EXT
W	65,10	65,17	0,17	0	10	
D	65,22	65,37	0,20	0	12	
E	65,32	65,53	0,17	0	10	
QB	65,57	65,95	0,42	0	25	
Q	66,20	66,33	0,38	0	23	
MP	66,32	66,53	0,20	0	12	
I	66,55	66,92	0,38	0	23	REPROCESAR
D	67,06	67,10	0,18	0	11	
E	67,29	67,48	0,38	0	23	
QB	68,03	68,05	0,57	0	34	
D	68,16	68,27	0,22	0	13	
MT	68,20	68,33	0,07	0	4	
D	68,28	68,47	0,13	0	8	
R	68,50	68,83	0,37	0	22	
D	69,05	69,08	0,25	0	15	
MT	69,12	69,20	0,12	0	7	W
E	69,37	69,62	0,42	0	25	
MT	69,44	69,73	0,12	0	7	
E	71,00	71,00	1,27	1	16	
MT	71,15	71,25	0,25	0	15	OP30
W	72,32	72,53	1,28	1	17	CORRECTORES
D	72,43	72,72	0,18	0	11	
E	72,55	72,92	0,20	0	12	
QB	73,25	73,42	0,50	0	30	
D	73,35	73,58	0,17	0	10	
MT	73,55	73,92	0,33	0	20	RADIAL C
D	74,05	74,08	0,17	0	10	
Q	74,17	74,28	0,20	0	12	CARAS VIBRADAS
E	74,55	74,92	0,63	0	38	
QB	75,14	75,23	0,32	0	19	
D	75,20	75,33	0,10	0	6	
MT	75,34	75,57	0,23	0	14	AGUJERO
CO	75,42	75,70	0,13	0	8	
RECH	76,10	76,17	0,47	0	28	
D	76,24	76,40	0,23	0	14	
MP	76,31	76,52	0,12	0	7	
E	76,45	76,75	0,23	0	14	
QB	76,55	76,92	0,17	0	10	
QM	77,15	77,25	0,33	0	20	
MP	77,28	77,47	0,22	0	13	
QB	77,45	77,75	0,28	0	17	
D	77,58	77,97	0,22	0	13	
MT	78,10	78,17	0,20	0	12	RADIAL
D	78,21	78,35	0,18	0	11	
QM	78,44	78,73	0,38	0	23	
QR	78,54	78,90	0,17	0	10	RUGOSIDAD
I	79,02	79,03	0,13	0	8	REPROCESAR
QR	79,16	79,27	0,23	0	14	RUGOSIDAD
RECH	79,53	79,88	0,62	0	37	
MP	80,05	80,08	0,20	0	12	

Figura 77: Datos de cronometraje (parte 3)

MP	80,05	80,08	0,20	0	12	
E	80,32	80,53	0,45	0	27	
QB	80,55	80,92	0,38	0	23	
Q	81,12	81,20	0,28	0	17	RADIAL PISTAS
QR	81,23	81,38	0,18	0	11	RUGOSIDAD
I	81,32	81,53	0,15	0	9	REPROCESAR
QR	81,44	81,73	0,20	0	12	RUGOSIDAD
E	82,04	82,07	0,33	0	20	
CC	84,27	84,45	2,38	2	23	OP30 2X50 2X100 (C; 1/C)
D	84,30	84,50	0,05	0	3	
MT	85,15	85,25	0,75	0	45	OP30 CORRECTORES
MP	85,20	85,33	0,08	0	5	
E	85,38	85,63	0,30	0	18	
QB	86,02	86,03	0,40	0	24	
QR	86,52	86,87	0,83	0	50	RUGOSIDAD RMR
QR	87,10	87,17	0,30	0	18	OP50
I	87,25	87,42	0,25	0	15	REPROCESAR
QR	88,00	88,00	0,58	0	35	OP50
QR	91,45	91,75	3,75	3	45	OP30
E	91,53	91,88	0,13	0	8	
QB	92,21	92,35	0,47	0	28	
QR	92,30	92,50	0,15	0	9	RUGOSIDAD
D	92,35	92,58	0,08	0	5	
MT	92,57	92,95	0,37	0	22	DISTANCIAS
D	93,00	93,00	0,05	0	3	
QR	93,31	93,52	0,52	0	31	RUGOSIDAD
D	93,57	93,95	0,43	0	26	
CD	99,38	99,63	5,68	5	41	25
D	100,00	100,00	0,37	0	22	

Figura 78: Datos de cronometraje (parte 4)

Dónde:

1. La primera fila muestra las abreviaturas con las operaciones, ya definidos sus significados en el apartado 6.1.2 de la memoria.
2. La segunda fila muestra el tiempo en el que ocurre la operación, en sistema sexagesimal, que es el que mide el cronómetro.
Ejemplo: Si una operación ocurre 1 minuto y medio de iniciar el estudio equivale a 1,30 minutos.
3. La tercera fila, es ese mismo tiempo, pero pasado a segundos y dividido entre 60 para saber cuántos minutos dura esa operación.
Ejemplo: Ese mismo minuto y medio, equivale a 1,5 minutos.
4. La cuarta fila es la duración de la operación unitaria, se obtiene de restar 2 datos de la tercera fila de dos operaciones consecutivas.
5. La quinta y sexta fila son el desglose de la duración de la operación, en minutos y segundos
6. La última fila, son observaciones que se han podido ver durante la medición.

10.2 ANEXO 2: RECOGIDA DE DATOS PARA ESTUDIO DEL CP-CPK

La Figura 79 muestra los datos recogidos de las 13 características de la pieza de las cuales se quiere estudiar su capacidad de proceso.

Cota	Diametro externo (270.78-271.22) "SC"	Diametro buje interno (156.03-156.47)	Bisel Ø ext-pista B (0.31-0.49)	Distancia descarga-plano C (30.92-31.28)	Bisel plano C-agujero (3.02-3.38)	Concentricidad Ø externo (0.22 max)	Concentricidad buje externo (0.22 max)	Diametro buje ext (150.03-150.47)	Diametro canal (165.85-166.15)	Bisel Ø ext-pista A (0.31-0.49)	Profundidad anillo bruto 1/C (0.5-1.1)	Distancia pestaña buje ext-pista A (1.62-1.98)	Distancia plano C-canal (26.22-26.58)
Limite superior	271,22	156,47	-0,31	31,28	-3,02	0,22	0,22	150,47	166,15	-0,31	-0,5	1,98	26,58
Limite inferior	270,78	156,03	-0,49	30,92	-3,38	0	0	150,03	165,85	-0,49	-1,1	1,62	26,22
600,1	270,99	156,36	-0,413	31,055	-3,068	0,12	0,15	150,29	166,02	-0,4	-0,726	1,835	26,397
700,1	271	156,26	-0,41	31,043	-3,062	0,12	0,16	150,25	166,11	-0,4	-0,891	1,793	26,366
0,1	270,83	156,19	-0,48	31,129	-3,048	0,1	0,06	150,21	165,92	-0,42	-0,957	1,868	26,502
100,1	270,97	156,26	-0,49	31,094	-3,052	0,09	0,05	150,18	165,99	-0,49	-0,989	1,646	26,536
200,1	270,87	156,21	-0,45	31,046	-3,093	0,11	0,06	150,18	166,02	-0,49	-0,811	1,741	26,515
300,1	270,85	156,15	-0,45	31,038	-3,094	0,12	0,07	150,22	166,02	-0,48	-0,835	1,837	26,477
400,1	270,87	156,15	-0,48	31,035	-3,13	0,12	0,07	150,18	166,1	-0,37	-0,739	1,686	26,434
500,1	270,86	156,13	-0,49	31,091	-3,143	0,12	0,07	150,16	165,93	-0,49	-0,874	1,854	26,39
600,1	270,86	156,14	-0,49	31,092	-3,083	0,12	0,07	150,15	166,01	-0,47	-0,764	1,728	26,497
700,1	270,92	156,26	-0,47	31,037	-3,095	0,12	0,07	150,16	165,99	-0,48	-0,74	1,746	26,322
1	271,04	156,21	-0,447	31,036	-3,183	0,01	0,2	150,31	165,93	-0,32	-0,747	1,921	26,248
250,1	271,09	156,29	-0,314	31,122	-3,08	0,04	0,07	150,3	166,11	-0,464	-0,947	1,923	26,556
350,1	271,03	156,3	-0,396	31,076	-3,066	0,06	0,07	150,3	166,1	-0,372	-0,713	1,888	26,531
400,1	271,03	156,29	-0,429	31,043	-3,143	0,06	0,05	150,3	166,11	-0,314	-0,835	1,706	26,466
600,1	271,06	156,32	-0,385	31,08	-3,081	0,04	0,05	150,27	165,99	-0,345	-0,868	1,921	26,41
1,1	271,04	156,32	-0,41	31,103	-3,075	0,14	0,16	150,25	166,07	-0,4	-0,772	1,747	26,284
100,1	271,07	156,23	-0,4	31,025	-3,086	0,12	0,16	150,27	166,06	-0,37	-0,734	1,911	26,508
200,1	271,04	156,24	-0,41	31,08	-3,094	0,1	0,16	150,26	166,05	-0,39	-0,773	1,732	26,548
300,1	271,05	156,39	-0,41	31,076	-3,12	0,13	0,16	150,23	166,11	-0,38	-0,81	1,686	26,518
400,1	271,04	156,31	-0,41	31,051	-3,065	0,12	0,16	150,25	166	-0,39	-0,905	1,825	26,493
500,1	271,04	156,33	-0,41	31,039	-3,105	0,14	0,12	150,25	166,01	-0,38	-0,702	1,854	26,406
300,1	270,98	156,15	-0,484	30,929	-3,2	0,15	0,14	150,115	165,958	-0,44	-0,55	1,66	26,256
400,1	271,055	156,2121	-0,4452	31,0152	-3,1185	0,1	0,12	150,115	165,88753	-0,45	-0,55	1,7	26,3
500,1	271,0123	156,200222	-0,4	31,05252	-3,252	0,17	0,15	150,15	165,945	-0,456	-0,56454	1,7	26,3656
700,1	271,0525	156,1215	-0,44	31,0455	-3,2255	0,1	0,12	150,2285	165,88521	-0,44	-0,55	1,66	26,36
1,1	270,99	156,27	-0,31	31,012	-3,144	0,12	0,16	150,27	166,04	-0,39	-0,762	1,745	26,385
100,1	271,03	156,31	-0,41	31,064	-3,08	0,12	0,16	150,23	165,92	-0,37	-0,783	1,765	26,364
200,1	271,02	156,29	-0,4	31,044	-3,042	0,12	0,16	150,28	166,06	-0,38	-0,838	1,833	26,333
300,1	271,05	156,18	-0,41	31,063	-3,08	0,12	0,11	150,32	166,13	-0,31	-0,814	1,692	26,458
400,1	271,03	156,26	-0,41	31,037	-3,052	0,12	0,16	150,27	166,06	-0,38	-0,781	1,918	26,563
500,1	271,07	156,24	-0,4	31,05	-3,175	0,12	0,15	150,28	166,07	-0,4	-0,852	1,75	26,534
600,1	270,95	156,18	-0,413	31,044	-3,074	0,1	0,12	150,28	166,11	-0,4	-0,701	1,724	26,394
50,1	270,91	156,11	-0,4	31,054	-3,097	0,11	0,09	150,34	166,09	-0,39	-0,721	1,647	26,355
150,1	270,93	156,17	-0,4	31,09	-3,031	0,1	0,12	150,35	166,01	-0,39	-0,598	1,659	26,314
250,1	271,06	156,09	-0,36	31,084	-3,072	0,1	0,13	150,29	166,1	-0,41	-0,762	1,698	26,387
350,1	270,97	156,12	-0,36	31,098	-3,178	0,2	0,2	150,26	165,97	-0,39	-0,762	1,789	26,23
450,1	271,04	156,41	-0,39	31,041	-3,041	0,1	0,13	150,32	166,11	-0,39	-0,745	1,727	26,473
550,1	270,98	156,08	-0,42	31,026	-3,162	0,1	0,13	150,35	165,88	-0,39	-0,728	1,776	26,359
700,1	270,98	156,19	-0,4	31,08	-3,039	0,12	0,1	150,3	166,09	-0,38	-0,673	1,824	26,48
1,1	271,06	156,17	-0,378	31,056	-3,04	0,06	0,09	150,33	166,13	-0,429	-0,716	1,694	26,358
150,1	271,07	156,18	-0,358	31,079	-3,068	0,05	0,05	150,39	166,15	-0,343	-0,8	1,731	26,356
200,1	270,96	156,17	-0,351	31,085	-3,092	0,05	0,05	150,37	165,9	-0,369	-0,762	1,782	26,421
250,1	271,03	156,28	-0,339	31,116	-3,059	0,05	0,05	150,35	166,08	-0,382	-0,668	1,91	26,32
300,1	271,1	156,17	-0,448	31,141	-3,034	0,04	0,05	150,29	166,03	-0,349	-0,875	1,821	26,504
400,1	271,03	156,13	-0,365	31,052	-3,165	0,06	0,05	150,27	166,05	-0,364	-0,945	1,856	26,296
550,1	271,01	156,23	-0,393	31,066	-3,097	0,05	0,05	150,25	166,01	-0,333	-0,837	1,852	26,543
250,1	271,06	156,28	-0,366	31,037	-3,028	0,05	0,05	150,28	166,02	-0,348	-0,822	1,806	26,403
650,1	271,07	156,3	-0,397	31,073	-3,174	0,05	0,05	150,31	165,97	-0,369	-0,622	1,799	26,462
1	270,99	156,31	-0,44	31,049	-3,141	0,12	0,152	150,36	166,11	-0,44	-0,66	1,656	26,2645
50,1	271,0525	156,115	-0,4443	31,0152	-3,22545	0,15	0,18	150,1055	165,8965	-0,44556	-0,664512	1,772	26,3255
150,1	271,056	156,115	-0,487	31,05252	-3,25256	0,1	0,12	150,11256	165,8841	-0,4445	-0,8784	1,66	26,3356
300,1	271,07	156,27	-0,485	31,134	-3,062	0,14	0,14	150,26	166,1	-0,44	-0,66	1,66	26,32
400,1	271,025	156,1211	-0,4	31,015	-3,12525	0,1	0,15	150,185	165,88	-0,44	-0,55	1,669	26,3
500,1	271,05	156,12285	-0,4	31,0252	-3,2696	0,1	0,1	150,1116	165,88952	-0,44	-0,66	1,66	26,3
600,1	271,11	156,33	-0,485	31,05	-3,333	0,15	0,18	150,225	165,99663	-0,48522	-0,6968945	1,77452	26,3965
650,1	271,05	156,332	-0,4	31,025	-3,25853	0,12	0,14	150,121215	165,984552	-0,458565	-0,87447	1,7756	26,34585
700,1	270,8958	156,22413	-0,441152	30,966	-3,25656	0,1	0,11	150,1015	165,95855	-0,445	-0,78556	1,7447556	26,352
1,1	271,01	156,16	-0,41	31,107	-3,063	0,12	0,16	150,26	166,05	-0,39	-0,976	1,856	26,506
100,1	271,07	156,37	-0,4	31,074	-3,139	0,12	0,16	150,34	165,99	-0,38	-0,894	1,764	26,497
200,1	271,03	156,33	-0,41	31,062	-3,053	0,1	0,16	150,27	166,1	-0,4	-0,676	1,752	26,478
30,1	271,05	156,21	-0,4	31,055	-3,138	0,12	0,16	150,34	166,03	-0,38	-0,685	1,891	26,56
400,1	271,06	156,31	-0,4	31,113	-3,126	0,14	0,16	150,28	166,12	-0,38	-0,596	1,875	26,477
500,1	271,07	156,19	-0,41	31,096	-3,131	0,14	0,16	150,28	166,12	-0,38	-0,829	1,755	26,479
600,1	271,05	156,27	-0,41	31,074	-3,128	0,13	0,14	150,38	166,02	-0,38	-0,736	1,78	26,501
700,1	271,07	156,28	-0,38	31,031	-3,11	0,14	0,16	150,25	165,99	-0,4	-0,954	1,698	26,481
1,1	271,03	156,32	-0,355	31,039	-3,034	0,05	0,03	150,31	166,08	-0,335	-0,972	1,817	26,43
150,1	271,04	156,18	-0,369	31,098	-3,156	0,03	0,04	150,28	166,11	-0,326	-0,664	1,803	26,338

Figura 79: Datos estudio de capacidad