

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
Escuela Politécnica Superior



PROYECTO FIN DE CARRERA

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PARQUE DE
MÁQUINAS EN PLANTA DE PRODUCCIÓN
INDUSTRIAL”**

Fecha: 8 de junio de 2009

Aula: 1.2.C16

Hora: 12:00 h

Titulación: Ingeniería Industrial

Alumno: Carlos Flández Izquierdo

Tutor: Antonio María Bodega Hernanz

Agradecimientos

La finalización de este proyecto culmina una de las etapas más importantes de mi vida como estudiante, por lo que me gustaría expresar mi agradecimiento y dedicárselo:

A mis padres, los cuales me han brindado la oportunidad de estudiar lo que siempre he deseado contribuyendo en gran medida a mi formación, y sin cuyo apoyo incondicional no podría haber alcanzado esta meta.

A mi hermano Óscar y a Almudena, los cuales me han ayudado durante todo mi periodo universitario impulsándome a tomar una de las decisiones más importantes de mi vida como fue la de aceptar mi beca Erasmus.

Muy especialmente a mi novia Raquel, persona única e inigualable con la que he compartido absolutamente todo desde mi entrada en la Universidad, y sin la cual me hubiese sido imposible superar los malos momentos.

A mi tutor Antonio María Bodega Hernanz, por tener las agallas suficientes de encauzar mi proyecto hacia el buen camino, y por compartir sus vivencias en momentos de aburrimiento.

A Fernando León de Santos, por haberme dado la oportunidad de entrar a formar parte de una familia tan agradable como es la formada por las personas de esta empresa.

A Antonio Mark's Díaz, por ofrecerme el reto de trabajar en un gran equipo así como por compartir todos sus conocimientos conmigo.

A todos mis compañeros y personal en general de la empresa en la que he realizado este proyecto, sin cuya colaboración no hubiese sido posible su materialización; y muy especialmente a mis compañeros del Dpto. de Ingeniería: Eugenio, Dani y Trivi, de los que he aprendido y espero seguir aprendiendo.

A todo el personal docente que ha contribuido a mi formación a lo largo de mi trayectoria académica, en especial a Miguel Ángel Torres Allén por haber despertado mi vocación por la Ingeniería Industrial e impulsarme hacia su consecución.

A todos mis compañeros de estudios, con los que he compartido nervios, agobios, desilusiones, penas, injusticias, ... pero también risas, alegrías, satisfacciones, esperanzas y buenos recuerdos.

Y por último, a mis "amigos de toda la vida", a los de siempre, que aunque no he compartido con ellos todo lo que me hubiese gustado, siempre han estado ahí, en el parque del barrio dispuestos a sacarme una sonrisa cuando fue necesario.

A todos ellos, Muchas Gracias!

ÍNDICE

1. BLOQUE I: PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS.	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.	3
1.3. ESTAMPACIÓN S.L.	4
1.3.1. <i>Historia e Instalaciones.</i>	4
1.3.2. <i>Actividad Industrial y Equipos.</i>	7
1.3.3. <i>Estructura Organizativa y Perfil.</i>	11
1.3.4. <i>Marco económico actual.</i>	13
1.3.5. <i>Fuerzas de Porter.</i>	22
1.3.6. <i>Cadena de Valor.</i>	23
1.3.7. <i>Análisis DAFO.</i>	24
1.3.8. <i>Matriz ANSOFF.</i>	25
1.3.9. <i>Matriz BCG.</i>	26
1.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.	27
2. BLOQUE II: ESTANDARIZACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA.	32
2.1. INTRODUCCIÓN. SITUACIÓN INICIAL.....	32
2.2. PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN.	33
2.3. RESULTADOS DE MEJORA.	41
2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	45
3. BLOQUE III: CONTROL DE ESFUERZOS Y ACÚSTICO.	47
3.1. INTRODUCCIÓN.....	47
3.2. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.	48
3.2.1. <i>Piezoelectricidad.</i>	49
3.2.2. <i>Electroacústica.</i>	51
3.3. EQUIPO DE CONTROL BRANKAMP.	51
3.4. FORMATO ESTÁNDAR.	58
3.5. MEJORAS PRODUCIDAS.	62
3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	67
4. BLOQUE IV: AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.	68
4.1. INTRODUCCIÓN.....	68
4.2. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.	68
4.3. FUENTES DE RUIDO.....	75
4.4. FACTORES INFLUYENTES.....	76
4.5. MEDIDAS DE CONTROL.....	81
4.5.1. <i>Tipos.</i>	81
4.5.2. <i>Elementos y Sistemas.</i>	87
4.6. PROPUESTAS EN ESTAMPACIÓN S.L.	92
4.7. PLAN DE RUIDOS 2008-2013.....	95
4.8. CERRAMIENTO ACÚSTICO DE TP-28.....	100
4.8.1. <i>Introducción y Planificación.</i>	100
4.8.2. <i>Descripción del Encapsulamiento.</i>	103
4.8.3. <i>Solución Adoptada. Elementos.</i>	105
4.8.4. <i>Mejoras Previstas.</i>	112
4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	113
5. BLOQUE V: PARAMETRIZACIÓN DE TROQUELES.	115
5.1. INTRODUCCIÓN.....	115
5.2. PROCESO DE PARAMETRIZACIÓN.	115
5.2.1. <i>Fases.</i>	116
5.2.2. <i>Formato Estándar.</i>	117
5.2.3. <i>Parámetros Principales.</i>	119
5.3. APLICACIONES: VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	126
5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	132

6.	BLOQUE VI: DISEÑO DE SISTEMA SMED.....	133
6.1.	INTRODUCCIÓN. GENERALIDADES.....	133
6.2.	PROCESO DE CAMBIO DE ÚTILES. FACTORES.	134
6.3.	OPERACIONES.	139
6.4.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	142
6.5.	COSTES DE UN CAMBIO DE ÚTILES.	143
6.5.1.	<i>Coste Total.....</i>	<i>143</i>
6.5.2.	<i>Costes de Organización.....</i>	<i>144</i>
6.5.3.	<i>Costes de Preparación.....</i>	<i>144</i>
6.5.4.	<i>Costes de Parada de Máquina.....</i>	<i>145</i>
6.5.5.	<i>Costes de Transporte.....</i>	<i>146</i>
6.5.6.	<i>Tamaño Económico de Lote.</i>	<i>147</i>
6.6.	SISTEMA SMED EN ESTAMPACIÓN S.L.	149
6.6.1.	<i>Introducción.</i>	<i>149</i>
6.6.2.	<i>Procedimiento.....</i>	<i>154</i>
6.6.3.	<i>Resultados Estimados.....</i>	<i>167</i>
6.6.4.	<i>Estudio de Costes.....</i>	<i>181</i>
6.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	184
7.	BLOQUE VII: RESUMEN.....	185
7.1.	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD TOTAL.	185
7.2.	CONCLUSIONES FINALES.	189
7.3.	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	191

ANEXOS DE MEMORIA

ANEXO I – FORMATOS ESTÁNDAR DE PRENSAS.
ANEXO II – CATÁLOGO GENERAL BRANKAMP.
ANEXO III – TECNOLOGÍA DE LA CURVA ENVOLVENTE.
ANEXO IV – BRANKAMP ULTRAEMISSION.
ANEXO V – REFERENCIA 50/9594.
ANEXO VI – PLANO DE MONTAJE SENSOR ACÚSTICO.
ANEXO VII – INFORME DE RUIDO TP-24.
ANEXO VIII – PRINCIPIOS DE ACÚSTICA.
ANEXO IX – MAPA ESPECTRAL DE RUIDO.
ANEXO X – PLANES DE ELIMINACIÓN DE RUIDO.
ANEXO XI – PLANO CERRAMIENTO DE TP-28.
ANEXO XII – HOJA DE REQUERIMIENTOS DE UTILLAJE.
ANEXO XIII – HOJA DE VALIDACIÓN DE UTILLAJE.

PLIEGOS DE CONDICIONES

- PLIEGO DE CONDICIONES GENERAL DE UTILLAJES EN PRENSA.

PRESUPUESTOS

1. EQUIPO BRANKAMP.
2. INSONORIZACIÓN.
 - 2.1. Cerramiento TP-25.
 - 2.2. Cerramiento TP-28.
 - 2.3. Cerramiento TP-30.
 - 2.4. Cerramiento TP-33.
 - 2.5. Barrera Acústica Opción “A”.
 - 2.6. Barrera Acústica Opción “B”.

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS:

FIG. 1: FACHADA PRINCIPAL DE ESTAMPACIÓN S.L.	5
FIG. 2: VISTA AÉREA DE ESTAMPACIÓN S.L.	6
FIG. 3: ALMACÉN DE UTILLAJE. FIG. 4: ZONA DE MATRICERÍA.	7
FIG. 5: VOLUMEN DE COMPRA 2005-2007.	8
FIG. 6: MODELO PIEZA PARA TALGO. FIG. 7: PROPUESTA DE REDISEÑO ESTAMPACIÓN.	9
FIG. 8: PASILLO PRINCIPAL DE LA PLANTA.	9
FIG. 9: CÉLULA DE SOLDADURA.	10
FIG. 10: FRESADORA CNC.	10
FIG. 11: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE ESTAMPACIÓN.	12
FIG. 12: MAPA DE PROCESOS DE ESTAMPACIÓN.	13
FIG. 13: MATRICULACIÓN ANUAL DE TURISMOS EN ESPAÑA. (FUENTE: ANFAC).....	15
FIG. 14: FUERZAS DE PORTER EN ESTAMPACIÓN S.L.	22
FIG. 15: ESQUEMA GENERAL DE LA CADENA DE VALOR. (FUENTE: HTTP://ACS8D2.WORDPRESS.COM)	23
FIG. 16: CADENA DE VALOR EN ESTAMPACIÓN S.L.	24
FIG. 17: MATRIZ DAFO DE ESTAMPACIÓN S.L.	24
FIG. 18: MATRIZ ANSOFF DE ESTAMPACIÓN S.L.	25
FIG. 19: MATRIZ BCG DE ESTAMPACIÓN S.L.	26
FIG. 20: ROTURA EN MATRIZ DE 50/9594 FIG. 21: PIEZA 50/9594 NOK	52
FIG. 22: ESQUEMA GENERAL FUNCIONAMIENTO BRANKAMP.	52
FIG. 23: DISPLAY INFORMATIVO DE CAUSAS DE PARADA DE MÁQUINA. (FUENTE: CATÁLOGO BRANKAMP)....	53
FIG. 24: GRÁFICA DE FUERZAS EN CADA ETAPA DE ESTAMPACIÓN. (FUENTE: CATÁLOGO BRANKAMP).....	54
FIG. 25: CONTROL DE CURVA ENVOLVENTE DINÁMICA DOBLE. (FUENTE: CATÁLOGO BRANKAMP).....	55
FIG. 26: DETECCIÓN DE ROTURA MEDIANTE SONIDO CORPÓREO.	56
FIG. 27: PIEZAS NOK POR MARCAJE DE PIPAS.	57
FIG. 28: DISPLAY INFORMATIVO CON PARADAS PROGRAMADAS. (FUENTE: CATÁLOGO BRANKAMP).....	58
FIG. 29: MODELO DE TROQUEL CON ELEMENTOS PARA INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL.	61
FIG. 30: DETALLE UBICACIÓN DE SENSOR ACÚSTICO.	62
FIG. 31: CADENA GENERACIÓN DEL RUIDO. FIG. 32: EXPOSICIÓN AL RUIDO SIN MEDIDAS DE CONTROL.	69
FIG. 33: NIVELES MEDIOS DE RUIDO EN PRENSAS 2003-2007.....	70
FIG. 34: NIVELES MEDIOS DE RUIDO EN MÁQUINAS DE SOLDADURA 2003-2007.	71
FIG. 35: NIVELES MEDIOS DE RUIDO SEGÚN ZONA DE PLANTA 2003-2007.....	71
FIG. 36: ESPECTRO DE RUIDO CON NIVELES MEDIOS SEGÚN ZONA DE MÁQUINA 2007.	74
FIG. 37: NIVELES MEDIOS DE RUIDO POR PRENSA Y ZONA DE MÁQUINA 2007.....	74
FIG. 38: AISLAMIENTO DEL YESO Y ATENUACIÓN DEL VIDRIO EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA.	78
FIG. 39: ABSORCIÓN DE LA LANA DE VIDRIO Y ESPUMA DE POLIÉSTER.	79
FIG. 40: AISLAMIENTO LÁMINA DE POLIVINILO DE ESPESOR 3MM.	80
FIG. 41: AISLAMIENTO DE [CHAPA 1MM + GOMA 3MM + ESPUMA 6MM].	80
FIG. 42: AISLAMIENTO DE PLACAS DE YESO + GOMA.	81
FIG. 43: RESORTES AISLANTES DE VIBRACIONES. FIG. 44: ALMOHADILLAS AISLANTES DE RUIDOS Y VIBRACIONES.	81
FIG. 45: ACCIONES DE CONTROL SOBRE LA FUENTE DE RUIDO. FIG. 46: UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS ANTIVIBRATORIOS.	84
FIG. 47: ACCIONES DE CONTROL SOBRE EL MEDIO.	85
FIG. 48: EFECTIVIDAD DE PROTECTORES AUDITIVOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE USO.	85
FIG. 49: ACCIONES DE CONTROL SOBRE EL RECEPTOR.	86
FIG. 50: PRINCIPALES SOLUCIONES CONTRA EL RUIDO INDUSTRIAL.	86
FIG. 51: EJEMPLO DE PANTALLA ACÚSTICA EN ZONA DE PRODUCCIÓN.	87
FIG. 52: INFLUENCIA DE LA UBICACIÓN Y DIMENSIONES DE UNA BARRERA ACÚSTICA.	88
FIG. 53: EJEMPLO DE CERRAMIENTO ACÚSTICO DE MÁQUINA. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	89
FIG. 54: EJEMPLO DE CABINA AUDIOMÉTRICA. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.).....	89
FIG. 55: EJEMPLO DE ACONDICIONAMIENTO DE TECHO. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	91

FIG. 56: LATERAL DE PRENSA TP-28.	FIG. 57: FRONTAL DE PRENSA TP-28.	100
FIG. 58: METODOLOGÍA PARA DISEÑO DE INSTALACIÓN ACÚSTICA.		101
FIG. 59: REGLAS GENERALES DISEÑO DE INSTALACIÓN ACÚSTICA.		103
FIG. 60: ENSAMBLAJE DE PANELES ACUSTICMODUL 80. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		106
FIG. 61: DIMENSIONES SECCIONALES DE LOS PANELES ACUSTICMODUL 80. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		106
FIG. 62: ATENUACIÓN ACÚSTICA DE PANELES ACUSTICMODUL 80. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		107
FIG. 63: DIMENSIONES TRANSVERSALES DE PUERTAS ACÚSTICAS RS-5C. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		107
FIG. 64: AISLAMIENTO ACÚSTICO PUERTAS RS-5. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		108
FIG. 65: DIMENSIONES GENERALES DE PUERTAS ACÚSTICAS RSR. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		109
FIG. 66: AISLAMIENTO ACÚSTICO DE PUERTAS RSR. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		110
FIG. 67: VISORES ACÚSTICOS VRSC Y VRC. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)		111
FIG. 68: MODELO 3D DE TROQUEL ESTÁNDAR.		117
FIG. 69: DISTANCIAS PRINCIPALES EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN TROQUEL.		120
FIG. 70: ELEMENTOS DE AMARRE Y TRANSPORTE DE UN TROQUEL.		122
FIG. 71: HUECOS DE POSICIONAMIENTO DE TROQUEL.		123
FIG. 72: DOBLE HUECO DE POSICIONAMIENTO PARA TROQUEL ESTÁNDAR.		125
FIG. 73: FLUJO DE INFORMACIÓN EN EL CAMBIO DE ÚTILES EN ESTAMPACIÓN S.L.		138
FIG. 74: PROCESO GENERAL DE AJUSTES EN UN CAMBIO DE ÚTILES.		141
FIG. 75: CURVAS DE COSTE ÓPTIMO. (FUENTE: "EL PROCESO DE CAMBIO DE ÚTILES")		148
FIG. 76: N° CAMBIOS DE ÚTIL EN 2008 POR PRENSA.		150
FIG. 77: TIEMPOS TOTALES DE CAMBIO POR PRENSA DURANTE 2008.		151
FIG. 78: TIEMPO MEDIO POR CAMBIO EN CADA PRENSA DURANTE 2008.		152
FIG. 79: PROCEDIMIENTO GENERAL DE ESTUDIO SMED. (FUENTE: SMED IMPLEMENTATION GUIDE 2007, FAURECIA)		154
FIG. 80: CODIFICACIÓN DE LOCALIZACIONES PARA SMED EN TP-29.		177
FIG. 81: PANEL INFORMATIVO DE ALARMAS EN PRENSA.		180
FIG. 82: DIAGRAMA DE RECORRIDOS PARA SMED EN TP-29.		180

TABLAS:

TABLA 1: DATOS INDUSTRIA FABRICANTE DE VEHÍCULOS.	14
TABLA 2: DATOS INDUSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMOCIÓN.	15
TABLA 3: DATOS PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA. (FUENTE: ANFAC)	16
TABLA 4: DATOS EXPORTACIÓN DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA. (FUENTE ANFAC).....	16
TABLA 5: DATOS DE MATRICULACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO.	17
TABLA 6: ÍNDICE DE PRECIOS DE CONSUMO.	17
TABLA 7: RANKING EMPRESAS AUTOMOCIÓN ESPAÑA 2007.....	17
TABLA 8: MATRICULACIÓN DE TURISMOS EN EUROPA.	18
TABLA 9: MATRICULACIÓN MENSUAL DE VEHÍCULOS ESPAÑA. (FUENTE: ANFAC).....	19
TABLA 10: MATRICULACIÓN ESPAÑA 2009 POR TIPO DE VEHÍCULO. (FUENTE: ANFAC)	19
TABLA 11: EXPORTACIÓN ESPAÑA 2009 POR TIPO DE VEHÍCULO. (FUENTE: ANFAC)	20
TABLA 12: ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTO ESTANDARIZACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA.	45
TABLA 13: IMPACTO ECONÓMICO DE LA ESTANDARIZACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA.	46
TABLA 14: FORMATO ESTÁNDAR DE SISTEMA BRANKAMP.	59
TABLA 15: INCIDENCIAS EN 50/9594 SIN UTILIZAR SISTEMA DE CONTROL.	63
TABLA 16: INCIDENCIAS EN 50/9594 USANDO SISTEMA DE CONTROL.	63
TABLA 17: RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN 50/9594 SIN USAR SISTEMA DE CONTROL.	64
TABLA 18: RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN 50/9594 USANDO SISTEMA DE CONTROL.	64
TABLA 19: MEJORAS PRODUCIDAS POR EL USO DE SISTEMA BRANKAMP.	64
TABLA 20: HORAS INVERTIDAS EN MANO DE OBRA PARA PROYECTO BRANKAMP.	65
TABLA 21: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO BRANKAMP.	67
TABLA 22: PANELES AISLANTES PARA TP-14.	69
TABLA 23: VALORES Y ACCIONES SEGÚN RD 286/2006 SOBRE RUIDO. (FUENTE: ÁCUSTICA INTEGRAL S.A.)....	72
TABLA 24: EQUIVALENCIAS ACÚSTICAS-VALORES LÍMITE.	72
TABLA 25: 1ª PROPUESTA DEL PLAN DE RUIDOS 2008-2013.	96
TABLA 26: 2ª PROPUESTA DEL PLAN DE RUIDOS 2008-2013.	97
TABLA 27: 3ª PROPUESTA DEL PLAN DE RUIDOS 2008-2013.	99
TABLA 28: PROGRAMACIÓN PROYECTO ENCERRAMIENTO TP-28.	102
TABLA 29: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PANELES ACUSTICMODUL 80. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	105
TABLA 30: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PUERTAS RS-5C. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	108
TABLA 31: GAMA DE MODELOS ESTÁNDAR PUERTAS RS5C. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	109
TABLA 32: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PUERTAS RSR. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	110
TABLA 33: GAMA DE MODELOS ESTÁNDAR PUERTAS RSR. (FUENTE: ACÚSTICA INTEGRAL S.A.)	111
TABLA 34: ESTIMACIÓN DE ATENUACIÓN ACÚSTICA EN EL CERRAMIENTO DE TP-28.	113
TABLA 35: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO DE RUIDO.	114
TABLA 36: PARÁMETROS DE TROQUELES.	118
TABLA 37: DATOS 2008 DE REFERENCIAS Y PRENSAS A ESTANDARIZAR.	127
TABLA 38: ESTIMACIÓN ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO DE PARAMETRIZACIÓN.	132
TABLA 39: DATOS PRODUCTIVOS DE PRENSAS DURANTE 2008.....	153
TABLA 40: TIEMPOS CAMBIO DE ÚTIL EN TP-29.	160
TABLA 41: MATRIZ ORIGEN-DESTINO PARA SMED. (FUENTE: "EL PROCESO DE CAMBIO DE ÚTILES).....	165
TABLA 42: ESTIMACIÓN TIEMPO DE CAMBIO EN TP-29 APLICANDO SMED.....	172
TABLA 43: TABLÓN INFORMATIVO EN OFICINA DE PRODUCCIÓN.	173
TABLA 44: WHITEBOARD EN ZONA DE PRENSA.	174
TABLA 45: PROTOCOLO DE HERRAMIENTAS EN TP-29.....	175
TABLA 46: HOJA DE LOCALIZACIÓN DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS PARA TP-29.	176
TABLA 47: PROTOCOLO DE ACTUACIÓN SMED PARA OPERACIONES INTERNAS.	178
TABLA 48: PROTOCOLO DE ACTUACIÓN SMED PARA OPERACIONES EXTERNAS.	179
TABLA 49: COSTES DEL CAMBIO DE ÚTIL EN TP-29.	182
TABLA 50: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO SMED.	184
TABLA 51: ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PROYECTO DE ESTANDARIZACIÓN.	185
TABLA 52: ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PROYECTO BRANKAMP.....	186
TABLA 53: ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PROYECTO DE RUIDOS.	187
TABLA 54: ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PROYECTO DE PARAMETRIZACIÓN.	187
TABLA 55: ANÁLISIS RENTABILIDAD PROYECTO SMED.	188

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. BLOQUE I: PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento muestra la explicación y justificación razonada de las diferentes acciones de mejora planteadas en el proyecto cuyo nombre es **“ESTANDARIZACIÓN DEL PARQUE DE MÁQUINAS EN PLANTA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL”**, varias de las cuales están ya funcionando o a la espera de llevarse a cabo.

El proyecto ha sido realizado para una empresa dedicada a la estampación de chapa, y consta de cinco partes bien diferenciadas, cuyo principal objetivo ha sido la mejora y el aumento de eficiencia tanto en el Departamento de I+D como en el Dpto. de Producción.

A pesar de que cada parte del proyecto trata diferentes campos, todos ellos se complementan entre sí como parte del plan de mejora continua de la empresa. Y todo ello orientado a un único fin, como es el de aumentar el beneficio.

La memoria de este proyecto se ha dividido en siete bloques. El primero de ellos consta de una introducción general al proyecto y sus objetivos, una descripción de la empresa para la cual se ha realizado el mismo, así como un glosario de los principales términos que irán apareciendo en la memoria, y cuya comprensión es totalmente necesaria para el completo entendimiento de los temas que se tratan.

El segundo bloque abarca el primer tema del proyecto, denominado **“Estandarización de Información Técnica”**, y el cual ha servido de herramienta para llevar a cabo los demás bloques. Inicialmente se describe la situación en la que se encontraba el departamento de I+D antes de que se realizase dicha tarea, posteriormente se expone el proceso de estandarización y por último son analizados los resultados de mejora incluyendo una estimación económica.

El siguiente bloque lleva por título **“Control de Esfuerzos y Acústico”**, y en él se analiza un sistema nuevo introducido a modo de prueba en una de las prensas de estampación. Primeramente se describen sus partes y funcionamiento, y posteriormente se expone un formato creado para facilitar su entendimiento e instalación. Como parte final se analizan los resultados de mejora obtenidos con su utilización y un análisis económico de ello.

El cuarto bloque denominado **“Acondicionamiento y Aislamiento Acústico”** abarca un proyecto de insonorización que se comenzó a llevar a cabo a mediados de 2008, y el cual actualmente se encuentra parado. En primer lugar se describe la situación de la empresa y sus principales fuentes y niveles de ruido. Acto seguido son tratados algunos aspectos generales sobre ruido y el “estado del arte” en cuanto a técnicas de reducción se refiere.

Y por último se analizan las propuestas y la solución elegida a corto plazo, acompañado de una estimación de las mejoras tanto ambientales como económicas.

El cuarto bloque lleva por título “**Parametrización de Troqueles**” y se ocupa de otra parte del proyecto consistente en el diseño de troqueles estándar para determinadas prensas de la planta. Tras una introducción sobre el proceso llevado a cabo, se expone el formato estándar creado para ello, un modelo 3D y los parámetros más influyentes en el diseño. Por último, siguiendo la configuración de los bloques anteriores, se mencionan las ventajas y desventajas de la parametrización así como las mejoras estimadas y su impacto económico.

La última parte del proyecto es analizada en el bloque cinco, donde se describe el análisis de factibilidad para la implantación de un sistema de cambio rápido (**SMED**) de troqueles. Tras una introducción y algunas generalidades sobre los procesos de cambio de útiles, se pasa al diseño de un sistema SMED para una de las prensas de estampación dispuestas en la planta. Se exponen los resultados obtenidos experimentalmente, y posteriormente diversas propuestas de mejora. A modo de aplicación, se establece una simulación del cambio de útiles adoptando el nuevo sistema y un estudio del ahorro económico en el proceso de cambio.

Finalmente, el presente documento dispone de un último bloque dedicado a las **conclusiones generales** justificadas mediante un **balance económico global** de todas las partes del proyecto.

Entre los anexos de la memoria se encuentran diversos documentos de interés, tales como plantillas, formatos, catálogos, planos y tablas.

Como documentos aislados se adjuntan el **Pliego de Condiciones para el Diseño de Utilajes**, y los **Presupuestos** recibidos por parte de proveedores para la realización de las diferentes partes del proyecto implicadas.

Como aclaración, se ha de decir que este documento ha sido impreso a doble cara en su mayoría con objeto de seguir la cultura y el compromiso con el medioambiente que sigue la empresa.

Se advierte que los documentos así como las imágenes, fotos e información técnica que aparecen en el proyecto son propiedad de la empresa, por lo que queda prohibida su reproducción y/o distribución para usos que no sean estrictamente académicos y pertenecientes a la Universidad Carlos III de Madrid.

Nota importante: con objeto de cumplir con la cláusula de confidencialidad correspondiente, y debido a la nueva normativa de la Universidad Carlos III de Madrid sobre la publicación y almacenamiento de proyectos fin de carrera en formato electrónico, se ha decidido de ahora en adelante, denominar a la empresa para la que se ha realizado este proyecto con el nombre ficticio de “**ESTAMPACIÓN S.L.**”.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Como principal objetivo industrial, este proyecto pretende contribuir a la mejora continua de ESTAMPACIÓN S.L., cumpliendo con el estilo de la empresa cuyo lema es “hacer las cosas bien y a la primera”.

A su vez, permite fortalecer la competitividad de la empresa en el sector, posibilitando su expansión y aumentando su cuota de mercado. Como resultado, se busca una reducción del número de rechazos de proyectos por parte de los clientes, así como una modernización de la empresa y sus tecnologías, procesos y pautas de trabajo. Con ello se implementa una alta capacidad de adaptación rápida a los cambios que actualmente demanda el mercado y en concreto el sector de la automoción.

En general, el proyecto ayudará a alcanzar los objetivos estratégicos que ESTAMPACIÓN S.L. tiene para los próximos tres años:

- Conseguir una cuota del mercado europeo de ISOFIX (referencia fabricada en ESTAMPACIÓN S.L.) del 25% (este objetivo va desde el año 2008 hasta el año 2011).
- Conseguir un resultado en la encuesta de Satisfacción de los Empleados de 2 puntos y un 70% de participación.
- Conseguir un resultado en la encuesta de Satisfacción de los Clientes de un 60%.
- Conseguir un resultado operativo del 6%.

En el ámbito financiero, se desea que el proyecto tenga un resultado económico positivo para la empresa, disminuyendo lo máximo posible la financiación necesaria para llevarlo a cabo así como incrementar la confianza de sus inversores.

Para ello, algunas partes del proyecto han sido presentadas en diversas instituciones públicas y ministeriales con objeto de obtener subvenciones y minimizar el impacto en la liquidez de la empresa. Aún así y debido a la situación crítica que sufre el sector de la automoción en la actualidad, algunas partes del proyecto no han podido llevarse a cabo y se encuentran a la espera de obtener la financiación suficiente para reanudarlo.

El objeto económico del proyecto se basa en obtener una rentabilidad a medio y largo plazo para la empresa, contribuyendo a sus beneficios y mejorando los activos de la misma.

Mediante los sistemas implantados y las acciones llevadas a cabo en este proyecto, se busca aumentar la eficiencia tanto en producción como en oficina técnica.

Se han buscado soluciones prácticas, económicas y sencillas pero efectivas, con la intención de reducir costes innecesarios, aumentar la efectividad en las actividades cotidianas, dando lugar a un aumento de producción capaz de ser absorbido por la demanda y en consecuencia aumentando los beneficios netos.

En cuanto a los objetivos laborales se han de destacar varios. El primero de ellos es actualizar, completar y mejorar gran parte de información que diariamente tanto el Dpto. Producción como el Dpto. I+D utilizan tanto para realizar ofertas como consultas de cualquier índole. Con ello se han mejorado las condiciones de trabajo en oficina técnica, aumentando la eficiencia y evitando errores que luego repercutan económicamente.

Por otro lado, una parte del proyecto persigue las mejoras de seguridad y contaminación acústica a las que se encuentran expuestos los operarios diariamente. Se persigue aumentar el confort de la zona de trabajo, para así aumentar la eficiencia de los operarios, cuyo resultado influye en el aspecto económico y de salud e higiene.

1.3. ESTAMPACIÓN S.L.

1.3.1. Historia e Instalaciones.

ESTAMPACIÓN S.L. es la razón social de la empresa para la cual se ha realizado el proyecto. Pertenece a un grupo de empresas industriales, con vocación de presencia global en el sector de la automoción, formado por cinco empresas.

ESTAMPACIÓN S.L. comenzó su actividad en 1960 como industria dedicada al diseño y construcción de utillajes, herramientas y prototipos. En 1965 se inició también la actividad de estampación de piezas y componentes para el sector de la automoción. En la actualidad es una empresa consolidada como industria metalúrgica fabricante de partes, componentes y especialista de soldadura y montaje de conjuntos para numerosos fabricantes y proveedores de primer nivel.



Fig. 1: Fachada principal de ESTAMPACIÓN S.L.

“TUBOS S.A.” nació hace más de 100 años, fundada en 1914 iniciando sus actividades como tornería automática y decoletaje de grandes series. Desde 2000 pertenece al Grupo ESTAMPACIÓN Automoción y actualmente se dedica a la fabricación de piezas en tubo directo o soldado principalmente para la conducción de fluidos o estructurales, utilizados habitualmente en la industria de automoción, vehículos industriales y máquinas de obra pública, con un diámetro de hasta 65 mm.

“Chapas S.L.” es una empresa en funcionamiento desde el año 1981 y desde 2000 pertenece al Grupo ESTAMPACIÓN Automoción. Se dedica a la estampación pequeña y mediana (prensas entre 80 y 250 toneladas) así como montaje y soldadura de componentes. Disponen de prensas de bajo tonelaje y variadas máquinas de soldadura y montaje.

“TROQUELES S.L.” fue creada en el año 1999 con el objeto de potenciar el diseño de productos así como proyectos y construcción de troqueles y prototipos. Realiza los diseños y proyectos para equipos y matricería mediante aplicaciones 3D NX, Solid Edge y Catia V5. Fabrica troqueles progresivos, transfert etc. hasta 3000 mm de longitud, calibres de control y prototipos. Sus principales máquinas son fresadoras, máquinas de erosión, taladros, rectificadoras, roscadora, piedra esmeril, sierras y una prensa hidráulica.

“CURVATUBO S.L.” fue creada en 2003, con la mayoría de las acciones pertenecientes al Grupo ESTAMPACIÓN S.L. La planta está situada en Ílhavo, Portugal y su actividad es el curvado de tubos, especializándose en tubos estructurales, para motores, soldadura de conjuntos, operación de estampado, desengrase y soldadura en horno de atmósfera controlada. Tienen un parque de maquinaria similar a las demás empresas del grupo y además disponen de un horno de atmósfera controlada.

A pesar de que hace algunos años el grupo tuvo centros productivos en Méjico así como joint-venture en Brasil; hoy en día la fabricación se realiza totalmente en Madrid y Portugal.

De igual forma, disponía de delegaciones técnico-comerciales en EE.UU., Inglaterra, Francia, Alemania y España; pero actualmente solo posee representaciones comerciales en España y Alemania.

La presencia del grupo es fundamentalmente nacional, aunque “Curvatubo S.L.” produce en Portugal. Actualmente los principales destinos de los productos que fabrica ESTAMPACIÓN S.L. son países Europeos, siendo mayormente para Francia y Alemania.

Como cabecera de grupo de las empresas vinculadas, ESTAMPACIÓN S.L. desarrolla la planificación estratégica y presta servicios de PRL, de marketing e ingeniería de desarrollo para nuevos productos, en coordinación con los clientes y las empresas del grupo.

Tras rotar a través de diversas ubicaciones principalmente en la Comunidad de Madrid, actualmente se encuentra situada en un Polígono Industrial de la Comunidad de Madrid. A continuación se muestra una fotografía aérea de las instalaciones de ESTAMPACIÓN S.L. Para una mayor claridad de la disposición interna de las instalaciones, véanse los planos adjuntos de la planta en el anexo I (“Formatos Estándar de Prensas”).

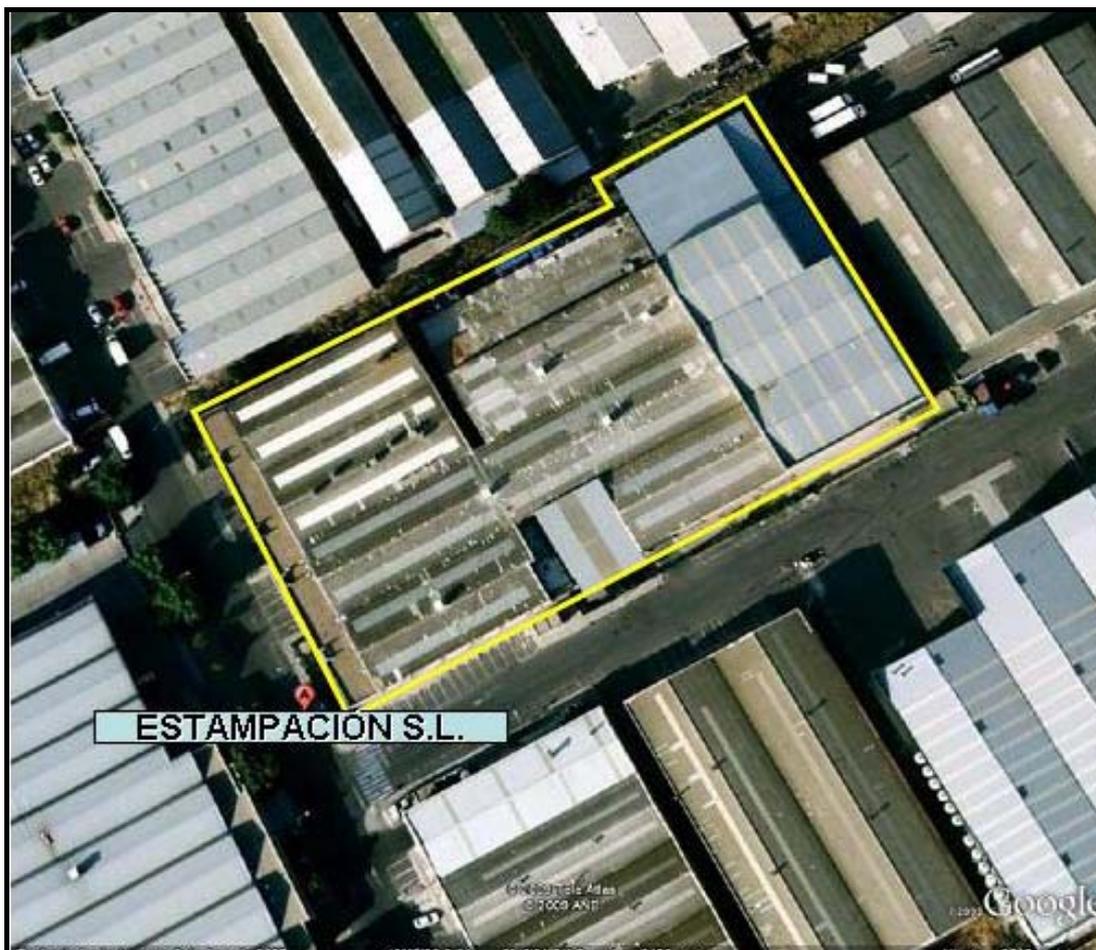


Fig. 2: Vista Aérea de ESTAMPACIÓN S.L.

La organización dispone de modernas instalaciones que en extensión ocupan aproximadamente una superficie de 6000 m² y posee maquinaria de avanzada tecnología, con capacidad para ofrecer la máxima calidad en los productos y servicios que demanda el mercado de componentes y primeros equipos para la industria de automoción.

Las instalaciones de ESTAMPACIÓN S.L. están divididas claramente según la función que realicen. Un primer edificio, junto a la fachada principal, es el formado por el conjunto de oficinas, donde se encuentran la mayoría de departamentos (Ingeniería, Compras, Comercial, Dirección, Financiero, PRL, RRHH y Administración)

A través de unas escaleras es posible descender hasta la planta de producción, la cual está dividida por zonas dependiendo de la actividad que se realice. Así por ejemplo, en la planta hay zonas dedicadas a: matricería, mantenimiento, logística, almacenaje de productos terminados, almacenaje de troqueles, zona de soldadura, dpto. calidad, dpto. producción, etc.



Fig. 3: Almacén de Utillaje.

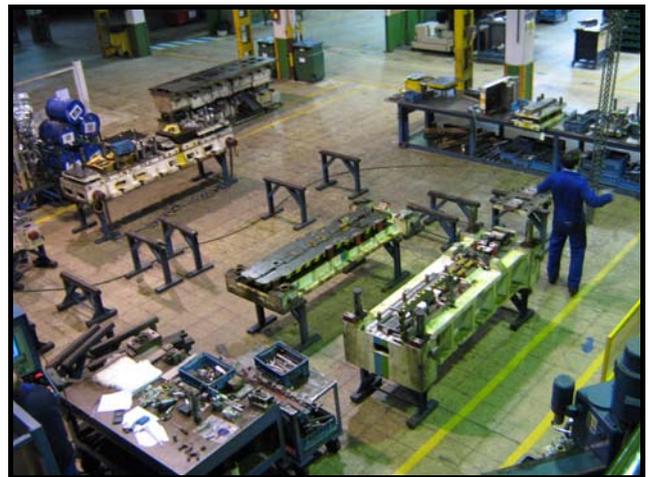


Fig. 4: Zona de Matricería.

1.3.2. Actividad Industrial y Equipos.

La misión de ESTAMPACIÓN S.L. es fabricar y suministrar partes, componentes y conjuntos en base metálica de automoción a las plantas de automóviles y primeros equipos, así como cooperar con los clientes en el desarrollo de la ingeniería de los productos y servicio postventa.

Su actividad se centra en el desarrollo de proyectos, diseño y construcción de troqueles, procesos productivos de estampación, soldadura de conjuntos y curvado de tubos; y durante 2008 sus ventas totales alcanzaron una cifra de 14,700.243 €.

Sus productos son piezas de estampación mediana y grande en prensas desde 250 a 1000 toneladas, montaje y soldadura de conjuntos.

Las materias primas que se utilizan son fundamentalmente:

- Bobinas y chapas de acero.
- Tubos y varillas de acero.
- Bobinas, chapas y tubos de aluminio.
- Otros materiales no férricos.

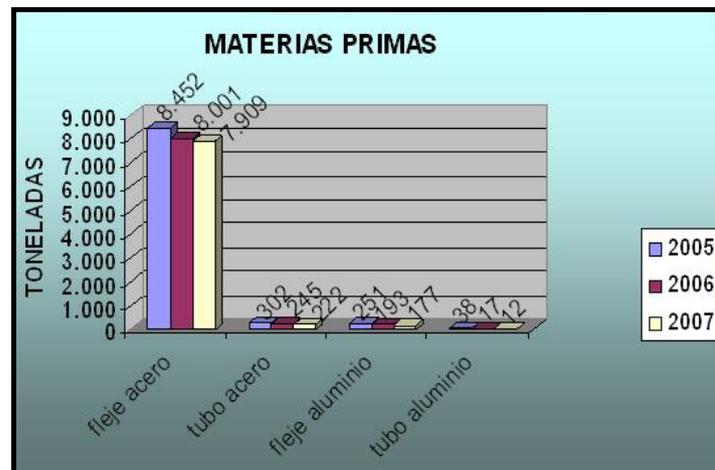


Fig. 5: Volumen de Compra 2005-2007.

Y los procesos encargados de su transformación son:

- Estampación, embutición, punzonado, doblado y recortado.
- Soldadura por hilo y por resistencia.
- Rebarbado.
- Montaje.

Un equipo de Ingeniería altamente cualificado se encarga de diseñar el proceso productivo más adecuado para cada producto. Con la ayuda de programas de simulación y la extensa experiencia se realizan diseños que permitan alcanzar los requisitos de calidad con un coste óptimo.

Debido a su larga trayectoria fabricando productos para la Industria Automovilística, ESTAMPACIÓN S.L. es capaz de apoyar a sus clientes ofreciendo servicios de co-diseño.

El software disponible para llevar a cabo el trabajo es: Solid Edge V9, NX 5.0, Catia V5 r19, Visual Factory SPC 4.0, Autocad 2007, traductores VDA, IGS, CGM, STEP, DWG, DXF y simulador de procesos Autoform 4.1.

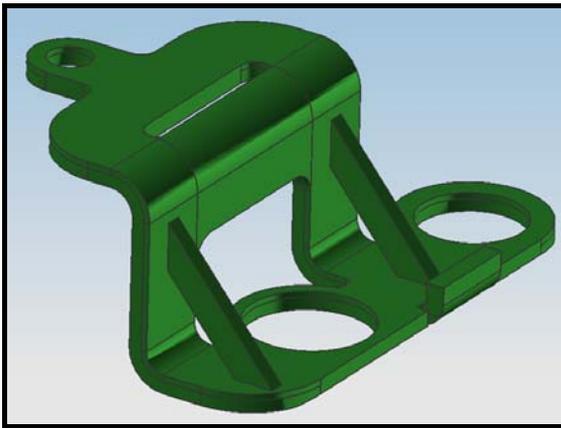


Fig. 6: Modelo Pieza para TALGO.

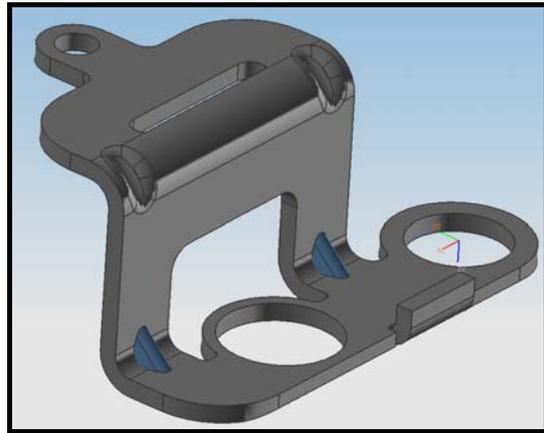


Fig. 7: Propuesta de rediseño ESTAMPACIÓN.

Entre los principales clientes de ESTAMPACIÓN S.L. se encuentran:



La maquinaria de estampación en frío que posee ESTAMPACIÓN S.L. es:

- 1 prensa transfer de 1000 Tm.
- 1 prensa transfer/progresivo de 800 Tm.
- 1 Prensa transfer de 630 Tm.
- 1 Prensa hidráulica de 650 Tm.
- 1 Prensa mecánica de 1000 Tm.
- 1 Prensa mecánica de 500 Tm.
- 3 Prensas mecánicas de 400 Tm.
- 1 Prensa mecánica de 320 Tm.
- 1 Prensa mecánica de 250 Tm.



Fig. 8: Pasillo Principal de la Planta.

Para soldadura:

- 1 máquina de soldadura por resistencia.
- 2 Máquinas de soldadura por hilo
- 1 Robot de soldadura con mesa giratoria, de control y marcado.
- 1 Célula robótica de soldadura, descarga y paletizado isofix.
- 9 células automáticas de soldadura.



Fig. 9: Célula de Soldadura.

Otras máquinas:

- Máquina punzonadora de tubos.
- Máquina conformadora de tubos.
- Banco de recalibrado de tubos.
- Dispositivo de control (calibre) semiautomático.
- 2 Fresadoras.
- 3 Taladradoras.
- 2 Sierras.
- 1 Rectificadora.
- 1 Máquina de electroerosión.
- 1 Torno.
- 4 puentes grúa desde 3.5 a 20Tm.
- 3 Carretillas elevadoras.
- 2 Polipastos.
- 5 Cintas de chatarra subterráneas.
- 23 Cintas transportadoras auxiliares.



Fig. 10: Fresadora CNC.

El Dpto. Calidad se ocupa de diversos ensayos que analizan:

- Composición química de materiales en base hierro, aluminio y cobre.
- Estructura cristalográfica de materiales.
- Penetración de soldadura.
- Características físicas de materiales.
- Índice de embutición.
- Dureza superficial.
- Espesor de recubrimiento superficial.
- Dureza Vickers.
- Ensayos de niebla salina.
- Resistencia de soldadura.

Es el departamento encargado de controlar la aceptabilidad de piezas fabricadas, tolerancias requeridas, etc. A su vez, tiene una estrecha relación con el departamento de Ingeniería dando soporte en los ensayos de investigación solicitados.

Para ello se dispone de numerosas máquinas:

- 1 Tridimensional Mitutoyo PH9.
- 1 Tridimensional Dea Global C Status.
- 1 Espectómetro.
- 1 Proyector de Perfiles Shadomaster.
- 1 Microscopio.
- 1 Microdurómetro.
- 1 Durómetro.
- 1 Máquina de tracción hasta 5000 Kg.
- 1 Cámara de niebla salina.

1.3.3. Estructura Organizativa y Perfil.

El grupo ESTAMPACIÓN en su conjunto posee alrededor de 200 empleados, de los cuales alrededor de 88 pertenecen a ESTAMPACIÓN S.L. De esos 88 empleados, alrededor de 20 personas trabajan en las oficinas, mientras que los restantes pertenecen al personal de planta, es decir, operarios y demás trabajadores de producción. La edad media está en torno a 45 años, y la estructura organizativa que sigue la empresa es funcional, tal y como se muestra a continuación:

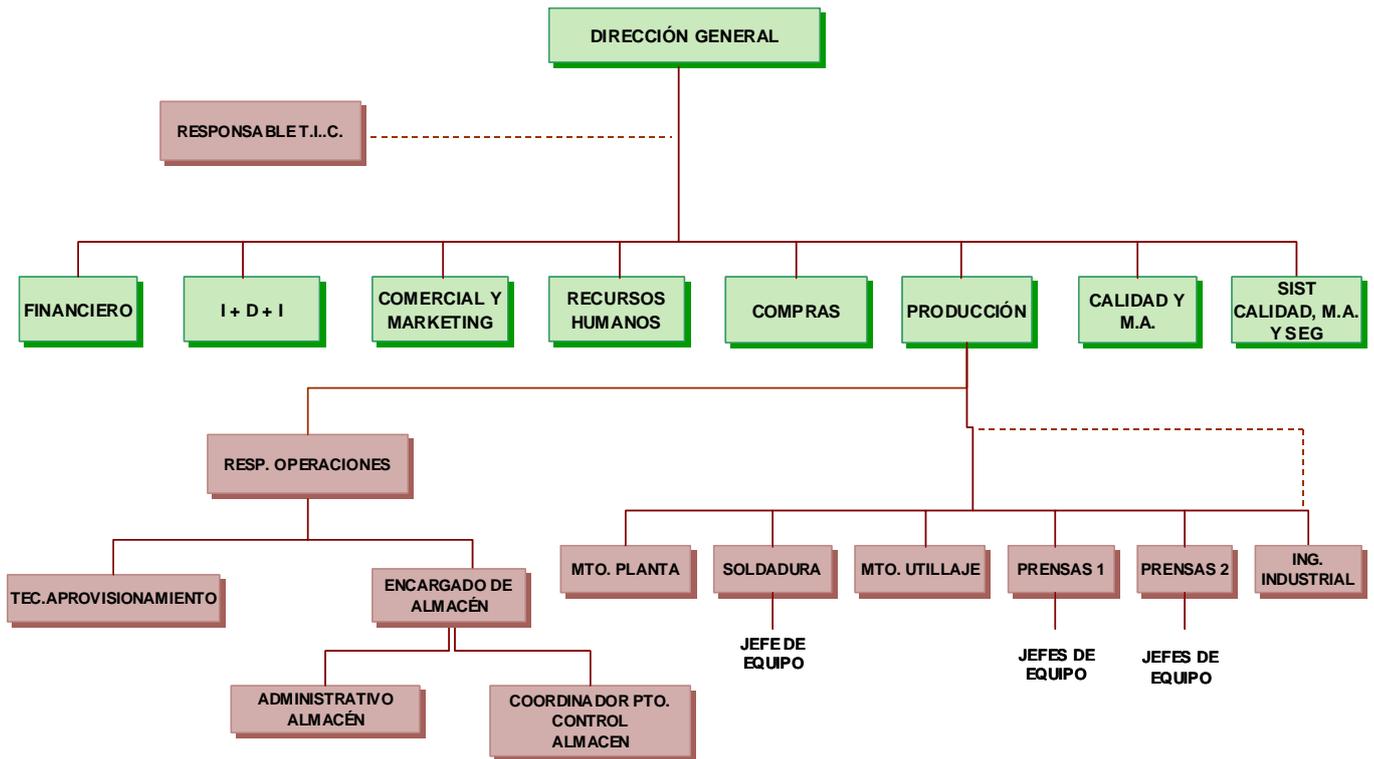


Fig. 11: Estructura Organizativa de ESTAMPACIÓN.

ESTAMPACIÓN S.L. dispone de una organización funcional, en la que existen diversos supervisores, cada cual especializado en determinadas áreas. Ello presenta ventajas y desventajas, sin embargo, se ha demostrado a lo largo de los años que este tipo de estructura da buenos resultados en el marco industrial en el que se encuentra ESTAMPACIÓN S.L., como es el de la industria auxiliar del automóvil.

Como información adicional, se muestra el mapa de procesos que conforman el sistema de gestión que ESTAMPACIÓN S.L. utiliza con objeto de satisfacer a sus clientes:

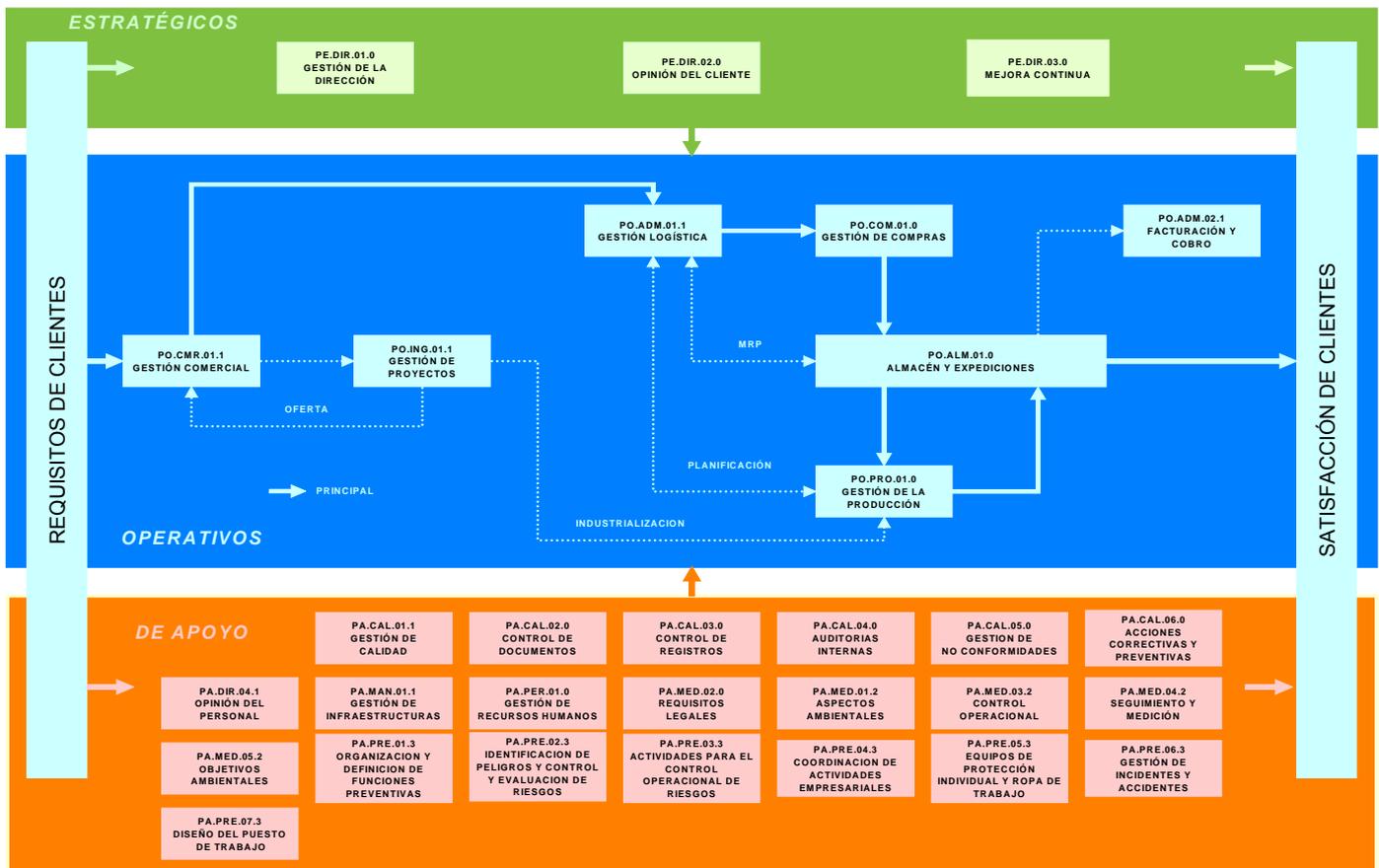


Fig. 12: Mapa de Procesos de ESTAMPACIÓN.

1.3.4. Marco económico actual.

En los siguientes apartados se pretende dar una visión general de la situación industrial y empresarial de ESTAMPACIÓN S.L. mediante la exposición de determinadas herramientas de análisis estratégico.

Antes de comenzar, se requiere situar brevemente el marco industrial y económico dentro del cual se mueve ESTAMPACIÓN S.L., aportando ciertos datos y perspectivas de mercado que están afectando al sector en el que está la empresa.

DATOS SECTORIALES: Industria fabricante de vehículos					
Datos sectoriales	2007	2006	2005	2004	2003
Facturación (millones €)	51.768	48.190	46.825	46.310	43.183
Producción (unidades)	2.889.703	2.777.435	2.752.500	3.012.174	3.029.826
Exportación (unidades)	2.389.224	2.272.872	2.247.303	2.480.976	2.495.521
Empleo (núm. de personas)	69.929	70.601	72.331	72.453	71.038
Matriculación (unidades)	1.939.296	1.953.134	1.959.488	1.891.344	1.716.529
Parque vehículos (unidades)	25.158.244	26.227.295	25.158.244	24.202.293	-
Fuente: ANFAC					

Tabla 1: Datos Industria Fabricante de Vehículos.

Tras varios años de crecimiento vigoroso de la economía mundial, la actividad se ralentizó en el tercer trimestre de 2007, atenuada por diversos efectos adversos, como el incremento continuo e intenso de los precios de las materias primas, los efectos del endurecimiento de la política monetaria, la crisis financiera internacional y el menor crecimiento económico de EEUU.

A pesar de ello el crecimiento económico mundial casi alcanzó el 5%. Esta fortaleza ha sido respaldada por el impulso económico de los países emergentes, mientras que las economías más desarrolladas mostraban cierta debilidad.

La crisis financiera estadounidense ha deteriorado el crecimiento de la economía americana en 2007 y 2008, provocando una caída en la inversión residencial, en equipo y consumo privado. Los principales motores de la economía asiática, China e India, han continuado con crecimientos espectaculares, del 11.2% y 9% respectivamente.

La economía española se encuentra en un momento de sensible recesión, después de años de una fuerte expansión. La inflación, mantenida especialmente por los precios del petróleo y los productos alimenticios, ha aumentado fuertemente y el paro se mostró al alza durante estos últimos meses.

La automoción es la columna vertebral de la industria española. Aporta el 8,4% del PIB, el 7% del empleo industrial y el 26% de las exportaciones.

A continuación se exponen una serie de tablas con datos significativos:

DATOS SECTORIALES: Industria de componentes para automoción					
Millones €	2007	2006	2005	2004	2003
FACTURACIÓN TOTAL	32.873,2	31.724,8	30.171,3	28.793	26.871,7
Destino de la facturación:					
- Exportación	17.877,8	17.362,4	16.037,5	14.808,1	13.683,3
- Suministro Nacional:					
Industria Constructora	10.857,3	10.365	10.242,9	10.409,5	-
Mercado de Recambio	4.138,1	3.996,6	3.890,9	3.576,2	-
IMPORTACIÓN TOTAL	26.137,8	22.679,3	20.255,0	18.727,8	17.781,8
Destino de la importación:					
- Suministro Industria Constructora	14.123,3	10.697,4	9.059,6	9.330,2	9.129,3
- Suministro Industria Componentes	10.427,8	10.451,2	9.833,2	8.186,1	7.404,5
- Suministro Mercado Recambios	1.586,7	1.530,7	1.362,2	1.211,5	1.248
INVERSIONES (% s/facturación)	3,53%	6,7%	5,4%	4,3%	4,5%
EMPLEO (núm. de personas)	245.666	247.772	251.035	252.550	253.059

Fuente: [SERNAUTO](#)

Tabla 2: Datos Industria de Componentes para Automoción.

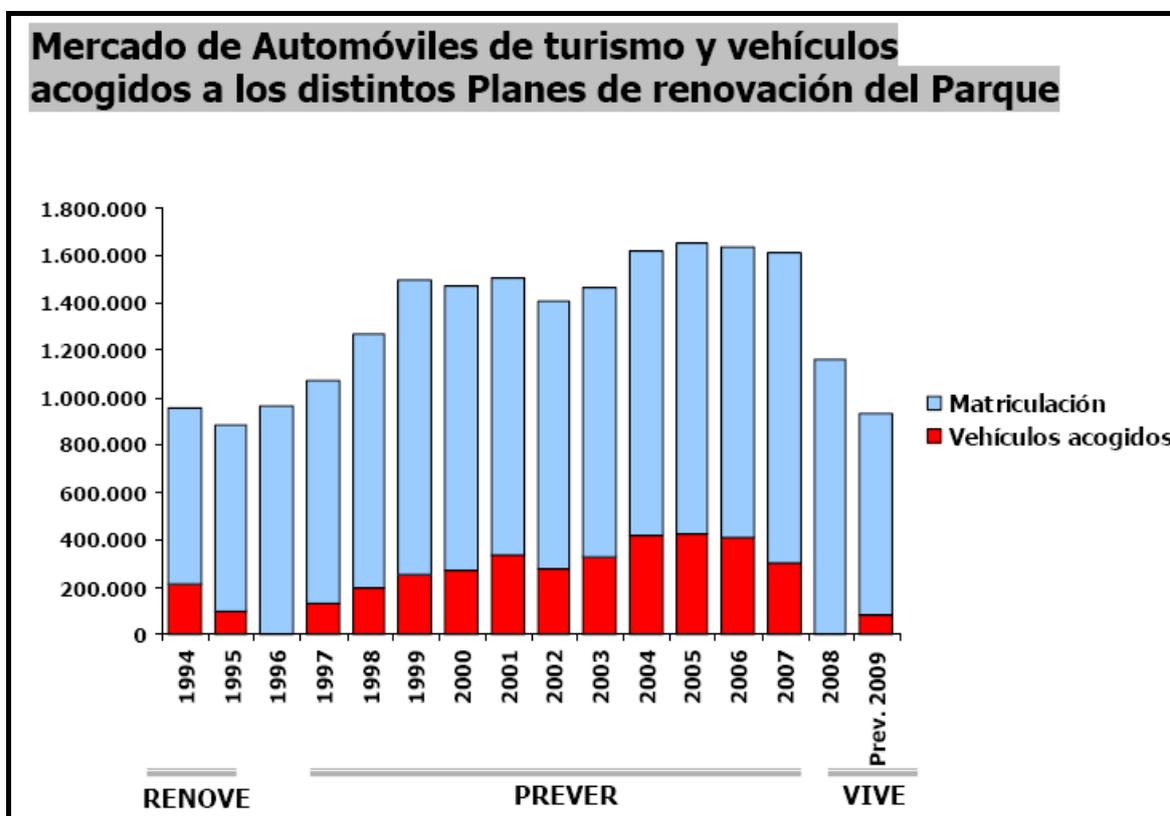


Fig. 13: Matriculación Anual de Turismos en España. (Fuente: ANFAC)

Producción de vehículos

Detalle de producción por tipo

	2005	2006	2007	2008	
	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	%08/07
AUTOMOVILES DE TURISMO	2.098.168	2.078.639	2.195.780	1.943.049	-11,51
TODO TERRENO	84.002	114.092	112.994	70.812	-37,33
VEHICULOS INDUSTRIALES					
COMERCIALES LIGEROS	342.223	347.345	320.989	301.325	-6,13
FURGONES	152.764	158.007	165.601	151.191	-8,70
INDUSTRIALES LIGEROS	50.046	53.925	68.791	50.959	-25,92
INDUSTRIALES PESADOS	17.615	17.454	15.195	16.133	6,17
TRACTOCAMIONES	6.420	6.503	8.807	6.791	-22,89
AUTOBUSES Y AUTOCARES	1.262	1.470	1.546	1.384	-10,48
TOTAL INDUSTRIALES	570.330	584.704	580.929	527.783	-9,15
TOTAL VEHICULOS	2.752.500	2.777.435	2.889.703	2.541.644	-12,04

Tabla 3: Datos Producción de Vehículos en España. (Fuente: ANFAC)

Exportación de vehículos

Detalle de exportación por tipo

	2005	2006	2007	2008	
	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	%08/07
AUTOMOVILES DE TURISMO	1.705.434	1.689.092	1.803.955	1.655.154	-8,25
TODO TERRENO	65.829	95.957	98.661	64.515	-34,61
VEHICULOS INDUSTRIALES					
COMERCIALES LIGEROS	300.625	306.365	285.294	276.900	-2,94
FURGONES	123.268	127.676	137.074	133.919	-2,30
INDUSTRIALES LIGEROS	33.663	35.811	47.427	38.397	-19,04
INDUSTRIALES PESADOS	14.010	13.799	11.195	8.288	-25,97
TRACTOCAMIONES	3.827	3.426	4.522	2.752	-39,14
AUTOBUSES Y AUTOCARES	647	746	1.096	927	-15,42
TOTAL INDUSTRIALES	476.040	487.823	486.608	461.183	-5,22
TOTAL VEHICULOS	2.247.303	2.272.872	2.389.224	2.180.852	-8,72

Tabla 4: Datos Exportación de Vehículos en España. (Fuente ANFAC)

Detalle de matriculación por tipo				
	2007	%07/06	2008	%08/07
Automóviles de turismo	1.614.835	-1,2	1.161.176	-28,1
Vehículos industriales				
Comerciales ligeros (1)	146.055	-4,2	91.229	-37,5
Furgones	129.044	6,5	74.394	-42,3
Industriales ligeros/medios	9.289	9,8	7.024	-24,4
Industriales pesados	13.886	4,8	8.784	-36,7
Tractocamiones	22.085	13,7	16.127	-27,0
Autobuses y autocares y microbuses	4.102	7,6	3.809	-7,1
Total vehículos industriales	324.461	1,9	201.367	-37,9
Total vehículos	1.939.296	-0,7	1.362.543	-29,7

(1).- Incluye pick-up
Fuente: Elaboración ANFAC/IEA en base a datos DGT.

Tabla 5: Datos de Matriculación por tipo de Vehículo.

Índice de precios de consumo						
% cto. Dic/Dic	2003	2004	2005	2006	2007	2008
IPC	2,6	3,2	3,7	2,7	4,2	1,4
Índice precios de automóviles	1,3	2,2	2,3	1,7	0,5	-0,2
Índice precios de carburantes y combustibles	-1,2	10,9	11,7	0,0	16,2	-18,1

Fuente: INE

Tabla 6: Índice de Precios de Consumo.

Fabricantes de vehículos de motor				Venta de vehículos de motor			
Empresa	Ventas (Mill. €)	Plantilla (Nº empl.)	Informe Anual	Empresa	Ventas (Mill. €)	Plantilla (Nº empl.)	Informe Anual
Peugeot Citroen Automóviles	7.708,8	13.352	✓	Volkswagen Audi España	6.150,35	314	-
Ford España	6.841,8	7.612	✓	Peugeot Citroen Automóviles	3.378,33	13.352	✓
General Motors España	6.601,3	7.827	✓	Renault España Comercial	3.178,23	670	✓
Seat	6.250,5	11.700	✓	Peugeot España	2.571	2.571	✓
Daimlerchrysler España	4.902,69	4.447	✓	BMW Ibérica	1.948	220	✓
Renault España	4.889,24	11.064	✓	Toyota España	1.334,49	136	✓
Nissan Motor Ibérica	3.421,09	6.300	✓	Fiat Auto España	1.265,55	164	✓
Iveco España	2.844,79	5.016	✓	Hispanomoción	724	1.304	-
Volkswagen Navarra	2.056,55	3.937	-	Hyundai España Distr. Autom.	685,15	90	-
Sas Autosystemtechnik	733,37	943	-	Man Vehículos Industriales	654,82	544	✓

Fuente: "Ranking 5.000 mayores empresas españolas" (Actualidad Económica, Octubre)

Tabla 7: Ranking Empresas Automoción España 2007.

	ENERO-DICIEMBRE		
	2008	2007	%08/07
Austria	293.697	298.182	-1,5
Bélgica	535.947	524.798	2,1
Dinamarca	149.967	162.684	-7,8
Finlandia	139.647	125.617	11,2
Francia	2.050.282	2.064.543	-0,7
Alemania	3.090.040	3.148.163	-1,8
Grecia	267.242	279.794	-4,5
Irlanda	151.607	186.540	-18,7
Italia	2.160.131	2.493.106	-13,4
Luxemburgo	52.359	51.332	2,0
Holanda	499.980	505.538	-1,1
Portugal	213.386	201.816	5,7
España	1.161.176	1.614.835	-28,1
Suecia	253.982	306.794	-17,2
Reino Unido	2.131.795	2.404.007	-11,3
Total UE	13.151.238	14.367.749	-8,5
Islandia	9.033	15.942	-43,3
Noruega	110.617	129.195	-14,4
Suiza	287.489	284.688	1,0
Total EFTA	407.139	429.825	-5,3
UE15 +EFTA	13.558.377	14.797.574	-8,4
Bulgaria	45.143	43.521	3,7
Rep.checa	143.661	132.542	8,4
Estonia	24.335	30.902	-21,3
Hungría	155.909	171.661	-9,2
Letonia	19.192	32.497	-40,9
Lituania	21.514	20.988	2,5
Polonia	319.965	292.376	9,4
Rumania	285.489	312.532	-8,7
Eslovaquia	70.040	59.700	17,3
Eslovenia	68.533	65.511	4,6
UE nuevos miembros	1.153.781	1.162.230	-0,7
UE 27	14.305.019	15.529.979	-7,9
UE 27 + EFTA	14.712.158	15.959.804	-7,8

Fuente:ACEA

Tabla 8: Matriculación de Turismos en Europa.

MESES	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
ENERO	59.385	101.621	116.423	113.410	114.133	106.247	96.561
FEBRERO	62.107	121.415	120.522	126.099	128.174	127.568	104.032
ENERO-FEBR.	121.492	223.036	236.945	239.509	242.307	233.816	200.593
MARZO	76.503	124.702	173.716	174.117	160.255	163.375	127.279
ENERO-MAR.	197.995	347.738	410.661	413.626	402.562	397.191	327.872
ABRIL	-	123.561	121.685	129.476	145.033	133.148	126.775
ENERO-ABRIL	-	471.299	532.346	543.102	547.595	530.339	454.657
MAYO	-	116.112	153.396	153.658	151.146	139.494	127.471
ENERO-MAYO	-	587.411	685.742	696.760	698.741	669.833	582.118
JUNIO	-	114.960	166.218	169.242	173.141	167.729	145.187
ENERO-JUNIO	-	702.371	851.960	866.002	871.882	837.562	727.305
JULIO	-	121.496	167.426	167.450	173.767	177.375	170.420
ENERO-JULIO	-	823.867	1.019.386	1.033.452	1.045.649	1.014.937	897.725
AGOSTO	-	58.530	99.664	102.389	105.048	95.030	88.292
ENERO-AGOS.	-	882.397	1.119.050	1.135.841	1.150.697	1.109.967	986.017
SEPTIEMBRE	-	65.594	96.754	104.771	111.624	105.458	98.413
ENERO-SEPT.	-	947.991	1.215.804	1.240.612	1.262.321	1.215.425	1.084.430
OCTUBRE	-	77.686	129.384	125.109	115.805	127.293	128.823
ENERO-OCT.	-	1.025.677	1.345.188	1.365.721	1.378.126	1.342.718	1.213.253
NOVIEMBRE	-	63.122	125.206	132.993	130.003	133.480	117.499
ENERO-NOV.	-	1.088.799	1.470.394	1.498.714	1.508.129	1.476.198	1.330.752
DICIEMBRE	-	72.377	144.441	135.881	141.191	139.743	134.336
TOTAL AÑO	121.492	1.161.176	1.614.835	1.634.595	1.649.320	1.615.941	1.465.087

Tabla 9: Matriculación mensual de Vehículos Española. (Fuente: ANFAC)

	FEBRERO	% 09/08	ACUMULADO	% 09/08
TURISMOS	117.683	-43,02	216.525	-46,41
TODOTERRENO	210	-97,91	358	-98,25
COMERCIALES LIGEROS	16.478	-41,98	34.890	-41,49
FURGONETAS	5.255	-68,91	10.157	-68,82
VEH. INDUST. LIGEROS	1.983	-73,44	3.008	-78,44
VEH. INDUST. PESADOS	310	-76,37	492	-83,14
TRACTOCAMIONES	217	-65,50	400	-66,78
AUTOBUSES	95	-6,86	163	-13,76
TOTAL	142.231	-47,59	265.993	-50,28

Tabla 10: Matriculación España 2009 por tipo de vehículo. (Fuente: ANFAC)

	FEBRERO	% 09/08	ACUMULADO	% 09/08
TURISMOS	105.386	-37,72	188.656	-42,38
TODOTERRENO	198	-97,97	259	-98,65
COMERCIALES LIGEROS	15.629	-38,97	32.020	-39,35
FURGONETAS	4.954	-64,68	9.439	-65,29
VEH. INDUST. LIGEROS	1.515	-70,48	2.266	-75,41
VEH. INDUST. PESADOS	277	-72,57	407	-77,74
TRACTOCAMIONES	45	-78,87	70	-88,29
AUTOBUSES	61	-45,54	102	-36,25
TOTAL	128.065	-43,09	233.219	-46,80

Tabla 11: Exportación España 2009 por tipo de vehículo. (Fuente: ANFAC)

Esta coyuntura está marcando un cambio en el patrón de crecimiento que determinará en 2009 aún una menor actividad industrial.

Algunos de los datos más impactantes sobre el sector son:

- Durante finales de 2008 la producción española de vehículos se redujo un 35%.
- Los principales países productores de la UE-15 como Opel, Ford, Mercedes y BMW, los cuales son importantes clientes de ESTAMPACIÓN S.L., han retraído su producción alrededor de un 30% durante 2008, provocando paros de varias semanas en sus plantas de producción y por tanto disminución de actividad en empresas auxiliares suministradoras.
- Durante el último período de 2008, se registró una caída del sector mensual del 28% y trimestral del 15%.
- Las ventas de automóviles en diciembre de 2008 descendieron un 50%. Se cerró el año con un retroceso del 28%; esto es, 400.000 coches menos que en 2007.
- Se estimó que el sector auxiliar de componentes perdió alrededor de 18.000 puestos de trabajo durante 2008.
- Durante finales de 2008 Ford presentó 1.300 despidos en la factoría de Almussafes, GM despidió 600 personas en la planta de Figueruelas y Renault anunció una reducción de su producción anual de 104.000 coches en 2008 a 86.000 en 2009.
- En 2008, los distribuidores tuvieron los turismos 110 días en stock, el doble que en 2007.

- Durante 2008, en el sector de distribución (concesionarios) se despidieron alrededor de 20.000 personas, de las 160.000 que trabajan en dicho sector.
- A finales de 2008 las redes de distribución sacaron a la venta sus vehículos a un precio un 3,5% más barato que un año antes: 20.980 euros. Según datos del INE correspondientes a junio, el precio medio de los automóviles bajó un 0,8% en el último año.
- La facturación por venta de vehículos nuevos durante el primer semestre de 2008 retrocedió un 23.5% hasta situarse en 11.629 millones de euros.
- Para 2009 Ford redujo su producción en 120.000 unidades en la planta de Almussafes y despidió a 5.200 trabajadores de forma temporal.
- La tasa de temporalidad en la industria de fabricantes de componentes se ha reducido del 21,6% al 19,4%.

Para el caso particular de ESTAMPACIÓN S.L., se ha previsto que para 2009 disminuya su producción en torno a un 40%, aunque la situación de crisis se empezó a notar a partir de verano de 2008.

Debido al panorama descrito anteriormente, el presente proyecto tiene como principal función servir de apoyo a la reducción de costes y el aumento de productividad absolutamente necesario para superar la coyuntura crítica actual.

1.3.5. Fuerzas de Porter.

Una vez conocida la situación económica en la que se encuentra embebida la empresa, se hace un pequeño análisis sobre las 5 principales fuerzas que afectan a ESTAMPACIÓN S.L.:

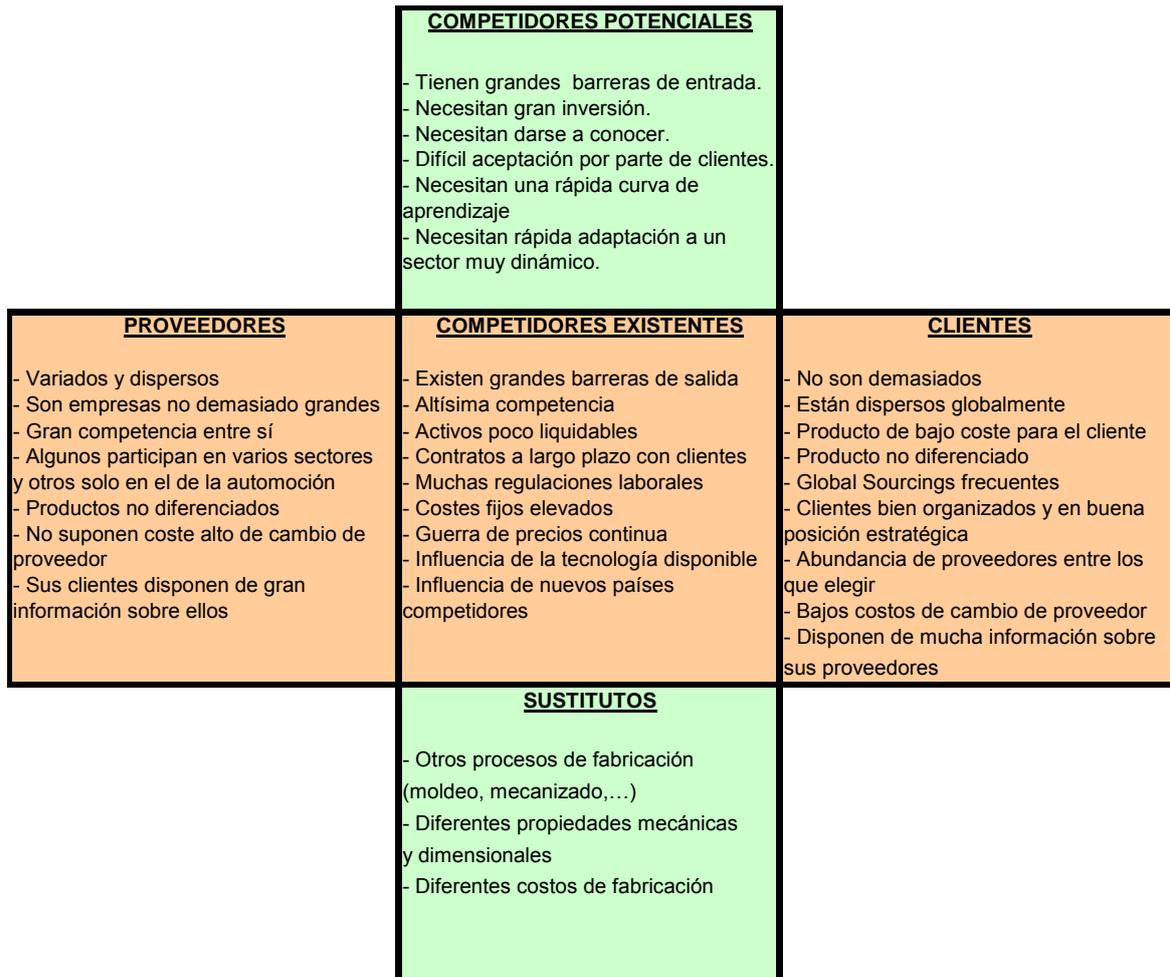


Fig. 14: Fuerzas de Porter en ESTAMPACIÓN S.L.

Analizando las diferentes fuerzas influyentes, se puede concluir que ESTAMPACIÓN S.L. se encuentra en una situación de alta competencia, no especialmente amenazada por productos sustitutos o competidores potenciales, pero en gran desventaja con respecto al poder de negociación con sus clientes. En cuanto a sus proveedores, ESTAMPACIÓN S.L. está en ventaja de negociación, pero ello no es su factor clave para desarrollar una estrategia competitiva adecuada dentro de dicho sector.

1.3.6. Cadena de Valor.

Tras conocer el sector y sus principales características actuales, en las próximas secciones se profundiza un poco más sobre la actividad de ESTAMPACIÓN S.L. en sí misma, comenzando por la cadena de valor que posee.

La actual cadena de valor de ESTAMPACIÓN S.L. tiene la siguiente forma:

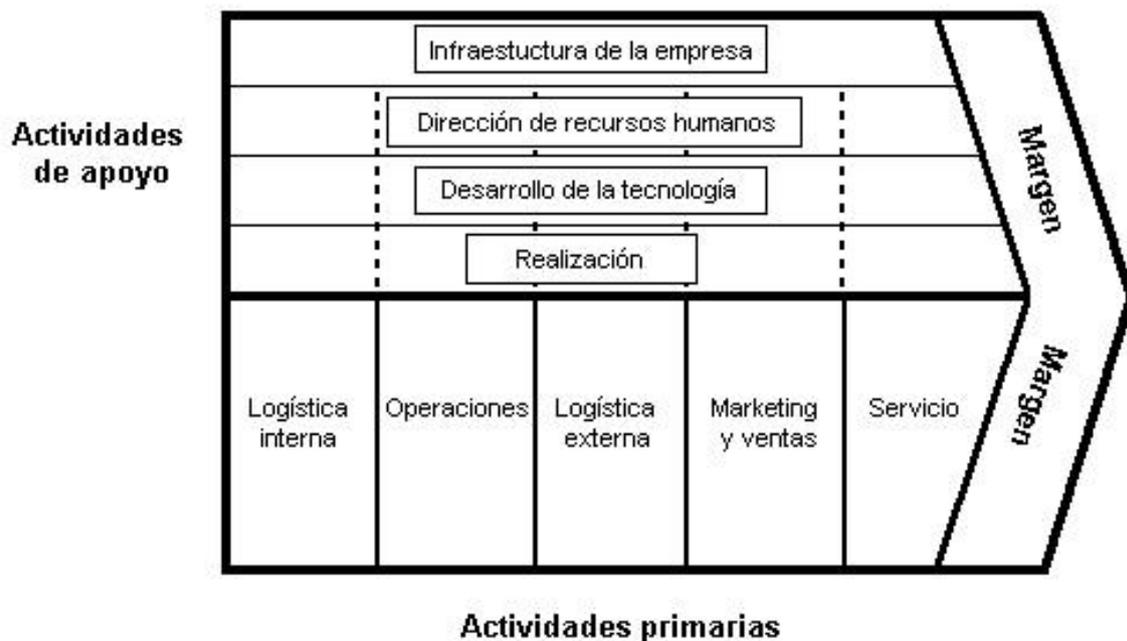


Fig. 15: Esquema General de la Cadena de Valor. (Fuente: <http://acs8d2.wordpress.com>)

Si se realiza una tabla análoga al anterior con información relativa a la empresa, se tiene la siguiente cadena de valor aplicada a la empresa ESTAMPACIÓN S.L.:

Dirección, planificación, PRL, finanzas & contabilidad, calidad y aspectos legales					M A R G E N
	Búsqueda Contratación Formación Motivación		Búsqueda Contratación Motivación	Búsqueda Contratación Formación	
Diseño sistema Planificación e información	Investigación y desarrollo de maquinaria Diseño de procesos Rediseño de producto	Desarrollo sistema de información Mejora de planificación	Investigación del mercado Ayudas de ventas y literatura técnica	Manuales y procedimientos de servicio	
	Materias primas Energía Provisiones Otras partes o materiales	Servicios computacionales Servicios de transportación	Viajes y servicios publicitarios	Materias primas	
Manejo interno de materia prima Inspección interna Recogida y almacenamiento de materia prima	Fabricación de piezas Ensamblaje de conjuntos Embalaje y test calidad	Procesamiento de pedidos Almacenamiento de piezas terminadas Planificación de la distribución al cliente	Publicidad Promoción Fuerza de ventas Ofertas clientes	Garantía de suministro Recambios Modificaciones de diseño	

Fig. 16: Cadena de Valor en ESTAMPACIÓN S.L.

Como se observa, en ESTAMPACIÓN S.L. coexisten una serie de actividades primarias, las cuales están apoyadas por otras actividades secundarias, y que en su conjunto permiten fabricar componentes o productos con un valor añadido para la empresa.

El proyecto que trata esta memoria, se encuentra integrado dentro del apartado de desarrollo de tecnología y permitirá aumentar el margen económico, incrementando la ventaja competitiva de ESTAMPACIÓN frente a sus competidores directos.

1.3.7. Análisis DAFO.

Las características internas de ESTAMPACIÓN S.L. pueden ser mostradas en la siguiente matriz DAFO:

<p align="center"><u>FORTALEZAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Experiencia en el sector - Capital humano - Buena reputación - Capacidad de adaptación - Dinamismo 	<p align="center"><u>DEBILIDADES</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parque de maquinaria limitado - Poca implicación en mejora - Instalaciones técnicas mejorables - Planificación y subsanación de errores deficiente
<p align="center"><u>OPORTUNIDADES</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Expansión hacia otros sectores - Expansión hacia otros mercados - Innovación tecnológica 	<p align="center"><u>AMENAZAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Competidores existentes - Presión por parte de clientes - Crisis financiera y económica

Fig. 17: Matriz DAFO de ESTAMPACIÓN S.L.

A partir de la matriz anterior, se deduce que ESTAMPACIÓN S.L., a pesar de contar con unas fortalezas importantes, sus debilidades a falta de ser subsanadas, unidas al desaprovechamiento de oportunidades y las amenazas cotidianas a las que es sometida, hacen que la empresa se encuentre en una situación crítica.

El presente proyecto tiene el objetivo principal de ayudar a sobrepasar algunas de las debilidades y escudar a la empresa en cierta medida ante las amenazas externas.

1.3.8. Matriz ANSOFF.

Dada la actual crisis por la que ESTAMPACIÓN S.L. está pasando, se hace necesario el crecimiento o al menos la expansión o estabilización hacia otros mercados o sectores afines en los que la empresa pueda participar. Para analizar lo dicho la Matriz Producto/Mercado resulta muy útil e informativa sobre en qué basar el desarrollo futuro de la compañía.

		PRODUCTOS	
		EXISTENTES	NUEVOS
M E R C A D O S	E X I S T E N T E S	<ul style="list-style-type: none"> - Estrechar lazos con clientes habituales - Descuentos o ventajas para clientes regulares - Mejorar la calidad y el servicio con clientes establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Juntas de transmisión - Columnas de dirección - Producto similar pero de otro material (fibras/polímeros)
	N U E V O S	<ul style="list-style-type: none"> - Entrada en nuevos mercados extranjeros - Nuevos mercados nacionales: ferrocarril, aeronáutica, vehículos industriales,... 	<ul style="list-style-type: none"> - No factible a día de hoy - Requiere grandes inversiones y riesgo

Fig. 18: Matriz ANSOFF de ESTAMPACIÓN S.L.

La matriz anterior ha servido como justificación del tipo de estrategia futura a seguir. La actividad de ESTAMPACIÓN S.L. está muy especializada y genera productos muy uniformes. Debido a la delicada situación que atraviesa la empresa, se requiere como estrategia repartir el riesgo en distintos productos, por lo que la entrada en la fabricación de nuevos productos es una apuesta lógica.

Las otras dos estrategias posibles serían el desarrollo y penetración de mercado, afianzando su posición en el mercado actual y buscando la apertura de nuevos mercados simultáneamente con los que ampliar el negocio, aunque esta última se realizaría a largo plazo.

1.3.9. Matriz BCG.

Por último, ahora que se conoce la situación del mercado y del sector donde se mueve ESTAMPACIÓN S.L., se describe visualmente el portafolio de productos que produce la empresa mediante la matriz del Boston Consulting Group:



Fig. 19: Matriz BCG de ESTAMPACIÓN S.L.

Todas las piezas/conjuntos que están actualmente en fase de estudio o están ya siendo producidas en ESTAMPACIÓN S.L. encajan dentro de alguna de las categorías anteriores. Generalmente, las piezas que son aceptadas para su fabricación por parte de la empresa, han tenido un pre-estudio económico y de factibilidad que hace que normalmente dichas piezas se conviertan a medio plazo en "vacas lecheras". Los productos susceptibles de ser "estrella" o "interrogantes" solo son aceptados cuando la capacidad económica de la empresa permite dichas inversiones. Y en cuanto a productos "perro", ESTAMPACIÓN S.L. normalmente los descarta por anticipado, ya que su aceptación podría suponer grandes pérdidas económicas, a no ser que dichos productos sean aceptados con un objeto de estrategia de mercado.

Por último señalar que, por norma general, las piezas que ESTAMPACIÓN S.L. decide fabricar finalizan su ciclo siendo productos "estrella" o "vacas lecheras", no suelen pasar a ser productos "perro" ya que el contrato con el cliente es prefijado con anterioridad, fijándose un volumen de piezas anual, características y condiciones. Únicamente por causas o errores internos de ESTAMPACIÓN S.L., o causas externas como la actual crisis económica, puede convertirse un producto rentable en un producto problemático desde el punto de vista económico.

1.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

A continuación y antes de presentar la primera parte del proyecto, se ha establecido una lista con la definición de términos que irán apareciendo a lo largo de la memoria y cuya comprensión es clave para el correcto entendimiento de la misma.

Con ello se pretende que el lector recuerde dichas palabras y no sea necesaria su explicación durante la lectura.

Los términos están agrupados según el conjunto de máquinas o partes de la planta en donde se aplican, y a su vez ordenados alfabéticamente:

PRENSAS DE ESTAMPACIÓN Y LÍNEA DE SUMINISTRO:

- **Alimentador:** Máquina en línea de suministro encargada de alimentar el fleje de chapa a la prensa de estampación. En ocasiones realiza también la función de enderezador.
- **Altura de cierre:** Distancia entre placa de mesa inferior y mesa superior de la prensa cuando ésta ha realizado el curso máximo y posee la regulación de husillo (o de carro) arriba.
- **Banda de octava:** Intervalo de frecuencias entre dos sonidos cuyas frecuencias centrales son dobles una de la otra.
- **Carro (punzón):** Parte superior de la prensa que se desplaza linealmente de forma vertical para ejecutar el impacto necesario que se requiera.
- **Colas de aceite:** Guías verticales lineales por las que desliza el carro. Por ellas también desliza el aceite lubricante que necesita la prensa, el cual cae en unas cubetas que lo recogen para su reutilización mediante bombeo.
- **Curso fijo:** Longitud lineal fija que se desplaza el carro en cada ciclo de prensa.
- **Curso graduable:** Longitud lineal que se desplaza el carro en cada ciclo, pero con posibilidad de ser graduado o regulado.
- **Desapilador:** Mecanismo perteneciente a una prensa encargado de desapilar los paquetes de formatos de chapa, y transportar cada formato al interior de la prensa para su procesado.
- **Devanadora:** Máquina en línea de suministro encargada de devanar la bobina de chapa que posteriormente entrará en la prensa.

- **Enderezadora:** Máquina en línea de suministro dotada de rodillos aplanadores cuyo objetivo es enderezar el fleje de chapa antes de ser alimentado.
- **Línea de suministro:** Línea adyacente a la prensa, compuesta generalmente por devanadora, enderezador y alimentador, cuya función acondicionar y proporcionar materia prima a la prensa.
- **Mandril:** Utilizado en este proyecto para designar el eje de la devanadora donde se sujeta el rollo de fleje. Su diámetro puede ser regulado para tener la posibilidad de portar bobinas con diferentes diámetros interiores.
- **Mesa de prensa:** Plancha gruesa de acero situada en la parte baja de la prensa, sobre la cual se sitúa la placa de mesa. Mesa de prensa y placa de mesa son términos que suelen ser confundidos, denominando a la placa de mesa como “mesa de prensa”. Está apoyada en el bastidor de la prensa y su función es soportar el peso y los esfuerzos durante el proceso de estampación.
- **Mesa superior:** Plancha gruesa de acero acoplada al carro de la prensa y bajo la cual se amarra la parte superior del troquel (machos).
- **Micros:** Sensores de todo tipo instalados en la prensa para diversas funciones, principalmente por cuestiones de seguridad o funcionamiento.
- **Paso del alimentador:** Longitud que avanza la banda en cada ciclo de prensa. Generalmente es el alimentador el encargado de realizar el paso, y puede ser regulado en función de los requerimientos del proceso.
- **Paso en la mesa (hueco de chatarra):** Cavidades o huecos disponibles en algunas placas de mesa y mesas de prensa cuya función es facilitar la caída de chatarra a un posible foso interno situado en los cimientos de la prensa.
- **Paso entre montantes:** Longitud horizontal entre los montantes, ya sean frontales o laterales, de una prensa de estampación. Esta magnitud es muy importante a la hora de conocer el espacio disponible tanto para instalación de troqueles como para salida de pieza/chatarra.
- **Placa de mesa:** Plancha gruesa de acero situada sobre la mesa de prensa. Está provista de ranuras en T en las cuales se amarra la parte inferior de los troqueles (matrices). Su función es soportar y transmitir los esfuerzos durante el proceso de estampación.
- **Proceso paso a paso:** Aquel en el cual un operario debe transferir la materia prima manualmente a través de las diferentes fases de estampación o doblado. No existe línea de suministro.

- **Proceso por formatos:** Aquel en el que la materia prima alimentada a la prensa no es fleje de acero sino formatos rectangulares de chapa con unas dimensiones concretas. Requieren transferizado y pueden venir agrupados en paquetes o ser cortados antes de entrar en la prensa.
- **Proceso progresivo:** Aquel en el que la materia prima es fleje de acero proveniente de una bobina, la cual a través de la línea de suministro es alimentada a la prensa. El fleje avanza sin ser separado hasta la última fase del proceso, donde se obtiene la pieza final. En cada fase se realizan determinadas operaciones de corte, punzonado, embutición y/o plegado.
- **Proceso transferizado:** Aquel en el que existe un formato inicial de chapa que es transportado de una fase a otra del troquel mediante un mecanismo de transferizado.
- **Punto de fuerza:** Aquel en el que la fuerza de la prensa alcanza su valor máximo. Se usa como parámetro de prensas mecánicas y suele indicarse en milímetros o en grados, según sea distancia entre biela y PMI de la rueda excéntrica, o ángulo girado por la excéntrica respectivamente.
- **Ranuras de amarre:** Ranuras en T existentes tanto en la placa de mesa como en la mesa superior de una prensa. Su función es permitir la introducción de tornillos-tuerca que, alojados en ella y en las ranuras del troquel, permitan la sujeción de cada mitad del troquel a ambas mesas.
- **Regulación del carro (graduación de altura):** Característica de algunas prensas que permite variar en algunos centímetros la distancia del carro a la mesa sin variar el curso de la prensa. Para mayor aclaración véase figura 69.
- **Topes de posicionamiento:** Piezas metálicas, generalmente cilíndricas, alojadas en huecos de la placa de mesa, y cuya función es hacer de topes para instalar el troquel en la posición correcta.
- **Transfer:** Mecanismo para ir transportando el formato inicial de chapa a través de las distintas fases del troquel. Generalmente consiste en dos barras provistas de pinzas de agarre y situadas en los laterales de prensa. Dichas barras realizan los movimientos de apertura/cierre y avance/retroceso requeridos.
- **Troquel = útil = utillaje:** Herramienta (o máquina) encargada de proporcionar a la chapa la forma deseada. Está formado por matrices y machos que, en los pasos necesarios, van dando forma a la chapa hasta conseguir la pieza final.

TROQUELES:

- **Carros móviles:** Módulos pertenecientes a un troquel, provistos de desplazamiento para realizar diferentes operaciones. Se distinguen entre carros de corte, punzonado y plegado.
- **Carro portaútiles:** Máquina similar a un transpalet eléctrico pero de mayores dimensiones, cuya función es extraer los troqueles de las prensas y transportarlos donde sea necesario. Dispone de una base donde se deposita el troquel así como de cables y ganchos para amarrarlo y extraerlo.
- **Columnas guía:** Columnas metálicas existentes en los troqueles cuya función es guiar al troquel durante su recorrido vertical garantizando el correcto alineamiento entre matrices y machos.
- **Elementos de amarre para carro portaútiles:** Elementos metálicos formados por una horquilla y un pasador, los cuales están alojados en la base inferior de los útiles y sirven como enganches para su extracción mediante el carro portaútiles.
- **Elementos de centraje de banda y pieza:** Elementos de diversas geometrías cuya función es permitir un correcto alineamiento de la banda durante el proceso de conformado, así como guiar la pieza en todo momento.
- **Elementos de centraje y guiado de utillaje:** Todos y cada uno de los elementos del troquel que permiten su guiado constante y alineación correcta durante los movimientos que se realicen.
- **Elementos de reducción de esfuerzo:** Elementos tales como cilindros, resortes y elastómeros entre otros, cuya función es amortiguar o reducir el esfuerzo que se produce en el proceso de estampación.
- **Expulsores:** Herramientas alojadas dentro del troquel y encargadas de liberar la banda, la pieza y/o los retales para evitar atascos o facilitar el desplazamiento de la pieza durante el proceso.
- **Finales de carrera:** Topes dispuestos entre las bases del troquel, cuya misión es evitar desperfectos en el útil si la máquina trabajase fuera de sus parámetros correctos de recorrido.
- **Guías de entrada de banda:** Elemento guía dispuesto a la entrada del troquel y que sirve para iniciar el centrado de la banda en el útil. Suele consistir en una pletina en forma de U o en dos pletinas verticales situadas a una distancia entre sí igual al ancho de la banda correspondiente.

- **Micro:** Cada uno de los sensores de los que dispone un troquel. Entre los más característicos están: micros de seguridad, de final de banda, de control de paso y micro de caída de pieza.
- **Pipa = pepita = retal:** Chatarra producida en procesos de corte y punzonado, y la cual debe ser eliminada o extraída del interior del troquel para evitar problemas de funcionamiento o calidad.
- **Pisador (placa pisadora):** Parte móvil del útil encargada de “pisar” la chapa manteniéndola firme mientras se realiza en ella la operación correspondiente.
- **Rampa de caída:** Chapas metálicas acopladas al troquel para favorecer la salida de pieza o de chatarra. Pueden ser permanentes o ser acopladas en el momento de comenzar la producción.
- **Ranuras de amarre:** Ranuras de las placas superior e inferior del troquel, con forma de U, y que sirven para amarrar el troquel a las mesas superior e inferior de la prensa mediante tornillos.
- **Ranuras de posicionamiento:** Ranuras también pertenecientes a las bases del troquel, normalmente una en forma de V y otra plana, que alojan a los topes de posicionamiento permitiendo una instalación eficaz y rápida del troquel.
- **Soportes para transporte:** Tacos o pivotes situados en las bases del troquel y necesarios para su transporte de forma segura y correcta. Pueden ser soportes atornillados normalizados para bases de palastro, o pivotes salientes si son bases de fundición.
- **Tirantes de seguridad:** Pletinas de acero que conectan la base superior con la base inferior del útil, y que impiden la apertura del útil durante operaciones de transporte, almacenaje o caída fortuita.

2. BLOQUE II: ESTANDARIZACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA.

2.1. INTRODUCCIÓN. SITUACIÓN INICIAL.

Este segundo bloque de la memoria se encarga de describir la primera parte llevada a cabo en el presente proyecto.

Tal y como indica el título, se ha estandarizado la información relativa al parque de las 11 prensas de estampación en frío que posee ESTAMPACIÓN S.L., incluyendo todas las máquinas adyacentes a cada prensa tanto en su línea de suministro como dentro del perímetro alrededor de la misma.

El principal objetivo de ello ha sido idear un formato estándar en formato electrónico que recoja, de forma normalizada, toda la información necesaria y suficiente utilizada en la actividad diaria de la empresa y correspondiente a cada prensa.

Se ha de destacar que este proceso de estandarización ha servido como base para la consecución de las sucesivas partes del proyecto.

En la situación inicial antes del comienzo del proyecto, toda la información disponible de la prensas se encontraba en formato papel. El Dpto. de Ingeniería disponía de un archivador con fotocopias de especificaciones técnicas y planos necesarios de cada máquina, sacados a partir de los documentos originales proporcionados por los proveedores de las prensas.

Los documentos originales se encontraban en las oficinas del Dpto. de Producción, donde había un archivador para cada prensa con todas sus especificaciones técnicas y planos de máquina en formato papel.

Sin embargo, toda esa información disponible estaba totalmente desactualizada, ya que se correspondía con la información primitiva correspondiente a la adquisición de cada prensa. Dado que varias de las prensas se adquirieron hace más de 20 años e incluso algunas de ellas fueron compradas de segunda mano; durante todo este tiempo han sufrido notables modificaciones que no fueron correctamente actualizadas. Incluso algunas de las prensas no disponían de ningún tipo de información técnica, debido a su antigüedad o a su pérdida.

Dada esta situación, la empresa requería una actualización y modernización de toda esa información, la cual es utilizada diariamente por el Dpto. de Ingeniería.

Como aclaración, se ha de decir que la denominación de cada prensa en ESTAMPACIÓN S.L. se realiza siguiendo la nomenclatura TP-XX, donde XX son dos dígitos que identifican a la máquina. Actualmente las 11 prensas de las que dispone la empresa son: TP-04, TP-06, TP-14, TP-24, TP-25, TP-27, TP-28, TP-29, TP-30, TP-31 y TP-33.

2.2. PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN.

El proceso de estandarización se ha llevado a cabo mediante las siguientes tareas:

1) Recopilación de la información disponible en ESTAMPACIÓN S.L. de cada prensa:

Lo primero ha sido ver qué información referente a cada prensa existe dentro de los archivadores ubicados en el Dpto. de Ingeniería y de Producción.

En el archivador de Ingeniería existen principalmente dos tipos de información fotocopiada, especificaciones técnicas de las prensas y sus planos.

Las especificaciones de cada prensa aparecen en listas creadas por cada proveedor de la máquina. Suelen ser características dimensionales, de potencia o energía, de funcionamiento y eléctricas. A dichas listas de especificaciones acompañan planos de diferentes partes de la máquina, principalmente placa de mesa, mesa superior, planos dimensionales de la prensa completa, de movimientos del transfer para las que lo poseen y en algunas también aparecen planos con los requerimientos dimensionales del utillaje que utilizan.

En las carpetas ubicadas en el Dpto. de Producción, además de la información original descrita anteriormente, se encuentran todo tipo de manuales de funcionamiento, esquemas hidráulicos y eléctricos, cuadros de control, descripciones más detalladas referentes a cada prensa, así como otros planos de conjunto y de detalle pertenecientes a partes más específicas de las prensas tales como embragues, excéntricas, frenos, carros móviles, transfers, motores, etc.

En cuanto a las máquinas en línea de suministro, solo algunos planos o documentos hacen referencia a ellas, siendo en muchos casos máquinas inexistentes actualmente en la planta o con especificaciones erróneas.

Hay que remarcar que en lo que se refiere a las prensas TP-06 y TP-30, la información disponible era nula o casi nula. En el primer caso debido a que se trata de una prensa de origen ruso pero comprada por ESTAMPACIÓN S.L. de segunda mano, y por lo tanto la información se perdió o no llegó a la empresa. Y en el segundo caso, únicamente se dispone del plano correspondiente a la mesa de prensa, realizado hace varios años por el personal técnico de ESTAMPACIÓN S.L.

2) Creación de una propuesta de formato estándar con información referente a cada prensa:

Una vez obtenida una idea general sobre qué tipo de información referente a cada prensa existe en ambos departamentos, se pasa a seleccionar qué tipo de información, de entre toda la disponible, es importante para la actividad diaria de ESTAMPACIÓN S.L. Es decir, existen ciertos parámetros y planos que tanto el Dpto. I+D como el Dpto. de Producción utilizan y consultan constantemente a la hora de realizar el trabajo que desempeñan.

Tras una reunión con responsables de ambos departamentos, se acuerda introducir en dicho documento estándar una serie de especificaciones, planos de prensas y máquinas adyacentes que son considerados de interés común para ambas partes.

Conociendo qué información debe ser tenida en cuenta, se crea un formato acorde con los existentes en ESTAMPACIÓN S.L., y el cual recoja todo lo citado. Dicho formato prescinde totalmente de cualquier información superflua, es decir, detalles que no sean utilizados o se consulten con poca frecuencia, ya que la función de la estandarización es agilizar el manejo de información, evitando confusiones y todo aquello que produzca ralentización en el desempeño de las tareas.

El aspecto que finalmente se adopta para el formato estándar puede verse en el **ANEXO I**, el cual contiene los formatos relativos a cada prensa realizados por el autor de esta memoria.

Observando el **ANEXO I**, es fácil darse cuenta de que existen una gran cantidad de parámetros y características correspondientes a cualquier máquina que no aparecen. Tal y como se ha dicho antes, ello es debido a que no son necesarios para cumplir con el objetivo que persigue la estandarización de información.

En la primera parte del formato, se exponen las especificaciones técnicas correspondientes a la prensa de estampación en cuestión, así como una serie de anotaciones o epígrafes adicionales con información que pudiese ser de importancia en determinados casos, como por ejemplo: descripción de la prensa, montaje de elementos, dispositivos, espacio necesario o ubicación. Las especificaciones técnicas son de dos tipos:

- **Dimensionales**: corresponden a longitudes y están referidas a:
 - Placa de mesa.
 - Mesa superior.
 - Espacio disponible.
 - Huecos y ventanas.

Estas especificaciones son de gran importancia para el tema que se está tratando, ya que permiten conocer las limitaciones de espacio existentes a la hora de instalar un troquel. A su vez, permiten conocer el espacio disponible para la salida de piezas o de chatarra.

Por otro lado, proporcionan información muy orientativa a la hora de realizar los ajustes de altura en la máquina, ya que para ello se requiere el conocimiento tanto del curso del punzón como de la altura de cierre sobre la placa de mesa.

- Energéticas: que hacen alusión a características de la prensa como:
 - Fuerza de la prensa.
 - Cadencia.
 - Energía de la que dispone el volante de inercia.
 - Peso que soportan las mesas.

Estas últimas permiten conocer la factibilidad, en cuanto a fuerza se refiere, para poder fabricar una pieza o no. Conociendo la fuerza de la que se dispone así como el punto de fuerza de las excéntricas, se sabe si una prensa es apta o no para realizar las operaciones de conformado necesarias. Si bien es cierto, los valores teóricos que han sido obtenidos de los fabricantes no son los que actualmente y tras años de funcionamiento una prensa es capaz de ofrecer, ya que el desgaste por el uso ha producido que dichos valores sean menores que los teóricos.

Por ello, y debido a la falta del equipo necesario para realizar los ensayos pertinentes, los valores reales son estimados actualmente por trabajadores tanto de oficina técnica como de producción cuya experiencia en la empresa les ha permitido tener una idea muy acertada sobre la fuerza que realmente las máquinas ofrecen. Además, con el dato de la cadencia de cada máquina, el ingeniero es capaz de tener una idea a primera vista sobre la planificación de la prensa necesaria para satisfacer el volumen anual solicitado por el cliente.

En la segunda parte del formato, se ha elaborado una tabla con las especificaciones técnicas de las máquinas adyacentes a la prensa, es decir, las que se encuentran en la línea de suministro principalmente. Al igual que antes, únicamente se han tenido en cuenta aquellas características necesarias para las funciones diarias en ESTAMPACIÓN S.L.

Los conceptos son en su mayoría dimensiones que afectan al movimiento o funcionamiento de la línea, aunque también influye la velocidad del alimentador o el peso que soporta la devanadora. La importancia de estos datos reside en lo siguiente: se puede tener la prensa perfecta para realizar una determinada referencia (pieza) en progresivo, sin embargo, si no se dispone de una adecuada línea de suministro cuyas características permitan la alimentación de la materia prima en correctas condiciones, es casi seguro que la osadía de intentar llevar a cabo el proceso acabe provocando grandes pérdidas de dinero a la empresa.

La tercera parte del formato se encarga de presentar únicamente las especificaciones del dispositivo de transferizado, es decir, de las dimensiones, longitudes y movimientos que realizan las barras transfer. Esta parte solamente aplica a tres de las once prensas existentes. Sin embargo, es de total importancia el conocimiento de sus características, ya que permiten a los ingenieros de procesos conocer la viabilidad de producir una pieza mediante transferizado; o comparar la rentabilidad de producción mediante transfer u otro procedimiento.

La parte final del documento es un anexo con planos referentes a:

- Plano dimensional general de prensa.
- Plano de placa de mesa.
- Plano de mesa superior.
- Otros: por ejemplo requerimientos de utillaje.
- Plano de movimientos del transfer.
- Plano general de la planta y detalle de la zona de trabajo.

El plano dimensional general es uno de los planos más utilizados y con mayor información sobre la máquina. En él, aparece representado un esquema general de toda la prensa, normalmente planta, alzado y una vista lateral.

La ventaja de este plano es que en él aparecen las principales dimensiones que interesan tanto a ingenieros como a personal de producción, tales como dimensiones de placa de mesa y mesa superior, paso entre montantes, ventanas de chatarra/salida de piezas, curso, regulación y altura de cierre. Con solo un golpe de vista, se es capaz de tener una idea general sobre qué tipo de prensa se está observando.

Una información de las más importantes para el personal de producción y que está contenida en este plano es el diagrama de regulación, el cual indica (para prensas con curso graduable) las diferentes posiciones de curso que permite la máquina y las respectivas alturas de cierre sobre placa de mesa que producen. Esta información es de gran valor a la hora de realizar el ajuste de la prensa antes de comenzar la producción de una determinada pieza, dado que la operación de ajuste consume gran cantidad de tiempo y se requiere una información clara y precisa.

Igualmente, en el plano dimensional general aparecen bien identificadas la posición del operario, el sentido de alimentación de materia prima a la prensa así como dimensiones y ubicación de las pantallas de seguridad; siendo todo ello información que permite conocer el posicionamiento de la máquina y elementos próximos, así como las posibles limitaciones de movimiento o de espacio. El plano en general se ha realizado tratando de reproducir, aunque no en gran detalle, la apariencia exterior de la prensa suficiente como para ser fácilmente reconocida de entre todas las prensas por parte de sus usuarios (a modo de ejemplo véanse planos en el **ANEXO I**)

Los planos de placa de mesa y mesa superior son planos que detallan la geometría y dimensiones de dichos elementos. En ellos aparecen, a su vez, características que poseen las mesas como por ejemplo topes de posicionamiento, las ranuras en forma de "T" y los pasos en la mesa (también denominados huecos de chatarra).

También aparecen en detalle la sección de las ranuras en "T" que tienen las mesas con las tolerancias dimensionales que requieren para ofrecer una adecuada fijación de los troqueles.

Al igual que antes, se hace de obligada necesidad la especificación de la posición del operario y del sentido de alimentación de la banda o materia prima, permitiendo tener una orientación clara del proceso. La información más consultada en estos planos son las dimensiones globales, que permiten saber las dimensiones máximas de troquel que admiten las mesas, así como la existencia o no de topes de posicionamiento de troquel y la existencia o no de hueco para chatarra en la placa de mesa, lo cual da una idea de las posibilidades de evacuación de chatarra para cada proceso (como aplicación véanse los planos en el **ANEXO I**)

Otro tipo de plano que forma parte del formato estándar es el plano de requerimientos de utillaje. Está compuesto por la vista en perspectiva de un troquel esquemático genérico en el que se acotan las dimensiones máximas que puede tomar un troquel para la prensa en cuestión.

Aparecen detalladas diversas secciones de las ranuras de amarre del troquel y un esquema con dimensiones y geometría detallada de los topes de posicionamiento en la placa de mesa y su acoplamiento con las ranuras de posicionamiento que posee el troquel. Como complemento suele acompañar una tabla con algunas características de la prensa.

Estos planos tienen la ventaja de que permiten a sus lectores obtener la información necesaria sobre las restricciones dimensionales que deben cumplir los troqueles que vayan a ser utilizados en la prensa, sin necesidad de consultar los demás planos para ver la geometría de la prensa y sus posibilidades.

El siguiente plano con los movimientos del transfer acompaña a los formatos que corresponden a prensas con sistema de transferizado. En él se representa una vista simplificada en perfil de la prensa que posee el sistema transfer, y en la cual aparecen representadas las barras de transferizado en posición de apertura y en posición de cierre. Es decir, las posiciones extremas que pueden ocupar las barras durante su movimiento y su ubicación respecto a una referencia como puede ser la placa de mesa.

Adicionalmente, hay una sección del perfil que tienen las barras con sus dimensiones y un operario representado donde corresponda.

Este esquema es de gran utilidad a la hora de aclarar visualmente la información correspondiente a las especificaciones del transfer más arriba mencionadas. Con ello, la persona que visualice el plano puede hacerse una idea del tamaño de formatos que el sistema puede manejar, así como conocer ciertas características del utillaje a emplear y del proceso a seguir, tal como por ejemplo el número de pasos, anchura del útil, tipo de pinzas a utilizar, tipo de operaciones factibles a realizar, etc.

Por último, existe un archivo de Autocad 2007 que contiene un cuadro de rotulación central con el esquema de la planta completa de ESTAMPACIÓN S.L. Fue comenzado hace varios años por el equipo técnico de la empresa y se ha ido actualizando en función de las modificaciones que la planta ha sufrido. Durante el proyecto de estandarización se han realizado las siguientes tareas sobre dicho archivo:

- Adición de los planos en planta de las prensas:

Sobre el plano general de ESTAMPACIÓN S.L. existente aparecían las zonas que ocupan las prensas representadas únicamente por cuadriláteros que limitaban su perímetro. Como parte de la estandarización, se han añadido los planos en planta detallados de cada prensa, además de toda la línea de suministro, reja perimetral, pasillos que limitan la zona de máquina y cualquier otro elemento (contenedores, cuadros de control, utillajes,...) que influya tanto en espacio como en posición para el desarrollo de cualquier actividad productiva.

Con ello se consigue tener una visualización clara de la disposición y orientación de las máquinas dentro de la planta, así como del espacio disponible y de los elementos que la rodean. La aplicación de ello puede ser muy importante ya que en todo momento es necesario conocer el layout que posee la fábrica con objeto de poder diseñar un proceso productivo lo más eficiente posible. De igual forma ayuda a conocer las posibilidades reales a la hora de querer instalar nueva maquinaria.

- Adición del layout detallado de cada prensa:

Además de lo anteriormente expuesto, alrededor del plano general de la planta se han dibujado respectivos cuadros de rotulación correspondientes a todos y cada uno de los layout detallados del espacio circundante a cada prensa. En ellos aparece la prensa de forma esquemática acompañada de todas las máquinas en su línea de producción y de todos los elementos que rodean a la misma estableciendo como límites los pasillos o paredes de la planta. Estos planos están dibujados en planta y acompañados de cortes longitudinales y transversales que permiten ver los alzados de la línea de suministro con las dimensiones reales.

El objetivo de estos planos adicionales es permitir ver en detalle, cuando el lector lo necesite, el aspecto y las dimensiones del espacio que ocupan todos los elementos que rodean a la prensa. Con ello se obtienen las mismas ventajas que las explicadas en el punto anterior, ya que se tiene una visualización exacta de todos los espacios disponibles y ubicaciones que afectan al proceso (**Véase ANEXO I**)

3) **Realización de los formatos para cada prensa:**

Una vez fijada la forma que adopta el formato estándar, se pasa a rellenar las tablas de especificaciones con los datos actuales y la realización de los planos acordados. Para llevar a cabo este apartado, previamente se ha de obtener una información clara y real de las prensas a estandarizar. Son tres los tipos de fuentes de información consultadas:

- Documentación disponible en formato papel:

La primera y más importante información consultada ha sido la disponible en los archivos de ambos departamentos, ya que la configuración del formato estándar adoptado guarda un gran parecido con dichos documentos.

Igualmente los planos a realizar han sido dibujados de forma semejante a los existentes en los archivos. Sin embargo, como se dijo anteriormente gran parte de la información contenida en estas carpetas es errónea y está desactualizada, por lo que ha requerido una contrastación con otras fuentes de información adicionales.

- Trabajo de campo y medidas en planta:

Todos y cada uno de los datos dimensionales tanto de las tablas como de los planos que componen el formato estándar, han sido corroborados mediante medidas en la propia planta con ayuda de un flexómetro y un medidor por ultrasonidos. Sin lugar a dudas, esta es la fuente de información más fidedigna, ya que representa la realidad de la planta de forma actualizada.

A su vez, el personal de producción tales como jefes de equipo o encargados de planta han aportado gran información sobre las máquinas, ya que son personas que pasan una gran cantidad de tiempo en contacto directo con las máquinas, y ello les permite tener un conocimiento "real" de ellas. De igual forma, la mayoría de las máquinas disponen de unas placas identificativas con sus características más importantes, siendo fuentes de información muy útiles.

Sin embargo, tal y como se dijo antes, existen una par de prensas sin ningún tipo de información en los archivos, por lo que gran cantidad de datos correspondientes a ellas no han podido ser corroborados con exactitud; únicamente los directamente mensurables en planta. Tampoco el personal de producción ha sabido dar datos exactos de dichas prensas, por lo que sus formatos estándar solo disponen de algunas especificaciones y planos.

- Fabricantes y proveedores de maquinaria:

Como último recurso de información, se ha contactado vía telefónica con los proveedores de prensas que posee ESTAMPACIÓN S.L., principalmente de la marca ARISA. Solo disponen en formato electrónico de los planos correspondientes a las dos prensas más modernas que tiene ESTAMPACIÓN S.L., la TP-29 y la TP-31, por lo que han enviado dichos planos y han sido incluidos en los formatos estándar de estas prensas. De los restantes modelos, al ser prensas con bastante antigüedad, solo disponen de planos en papel, que fueron escaneados y enviados a ESTAMPACIÓN S.L.

Respecto a las prensas con mayor escasez de datos que posee ESTAMPACIÓN S.L., de marcas WILLKINS & MITCHELL (TP-04) y VORONHETZ (TP-06), se ha intentado localizar a los proveedores pero ha sido imposible, posiblemente porque ya no existan.

En cuanto a la maquinaria en líneas de alimentación, no ha sido necesario contactar con los proveedores directamente, pero se ha realizado una actividad de búsqueda en sus páginas web con objeto de obtener una información más completa y contrastada.

4) Presentación y puesta a disposición general.

El último paso para completar esta primera parte del proyecto ha sido la presentación de los resultados al Director de Ingeniería. Tras su aprobación se ha decidido poner a disposición de todo el personal de ESTAMPACIÓN S.L. los formatos estándar electrónicos aptos para ser utilizados.

Actualmente la estandarización se encuentra disponible dentro de una unidad de red general para ESTAMPACIÓN S.L. en la cual existe una carpeta cuyo nombre es ESTANDARIZACIÓN PRENSAS. Dentro de dicha carpeta existen once subcarpetas con la denominación de cada prensa, las cuales contienen un archivo word correspondiente al formato estándar de la prensa en cuestión, y varios archivos de AutoCad 2007 que poseen los planos disponibles antes descritos. Junto con las subcarpetas correspondientes a las prensas se encuentra también el plano general de la planta de ESTAMPACIÓN S.L. a último nivel, que posee a su vez los planos del layout detallados de cada prensa.

Hay que destacar, que todos y cada uno de los planos, principalmente los de layout, deben ser actualizados cada vez que se produzca una alteración en la planta, con el objetivo de poseer siempre información fiable. El software para la realización de los planos ha sido elegido pensando en la proliferación del mismo entre las empresas en relación con ESTAMPACIÓN S.L., dando lugar a un formato compatible y legible por la inmensa mayoría de ellas.

2.3. RESULTADOS DE MEJORA.

Aunque la estandarización lleva poco tiempo en uso, ha sido posible observar ciertas mejoras en varios colectivos de ESTAMPACIÓN S.L. Los grupos favorecidos por esta tarea son:

- **Personal del Dpto. de I+D:**

Se trata del grupo de personas al que inicialmente iba destinado dicho proyecto, ya que es el departamento que mayor uso hace de la información referente a prensas y líneas de alimentación. Las actividades que involucran el uso de esta información por parte de los ingenieros del departamento son principalmente:

- **Elaboración de ofertas:**

A diario se realizan ofertas por petición de clientes, y en todas ellas se rellena un formato de oferta que incluye varias características tanto de la prensa como de la materia prima a utilizar.

Para ello se requería la consulta frecuente, por parte del ingeniero, de los archivadores que disponían de dicha información, provocando confusión o errores debido al mal estado o desactualización de la misma, y produciendo ineficiencia en dicha actividad. A partir de ahora, desde el propio ordenador, cualquier ingeniero puede acceder a esa información mucho más rápidamente y con la certeza de que son datos actuales.

- **Estudios de factibilidad:**

A la hora de realizar el estudio de factibilidad para la fabricación de una pieza a petición de un cliente, el ingeniero encargado de ello necesita conocer con exactitud de qué parque de prensas dispone para ello y cuales son las características de las máquinas, no solo en lo referente a fuerza sino también dimensionalmente. En gran cantidad de ocasiones las piezas en estudio son directamente descartadas por exceso de dimensiones o de requerimientos de fuerza que las prensas o líneas de alimentación son incapaces de manejar.

Antes de disponer de la estandarización, el ingeniero invertía gran cantidad de tiempo buscando información sobre ello y en ocasiones cerciorándose por cuenta propia teniendo que bajar a la planta y comprobar dimensiones y características. Ahora, basta con visualizar en la pantalla del ordenador algunos planos o especificaciones para saber si descartar la pieza directamente o pasar a su estudio de proceso de fabricación. Ello significa un gran ahorro de tiempo.

- Petición de ofertas:

Generalmente cuando ESTAMPACIÓN S.L. pide ofertas a sus proveedores sobre cualquier tipo de maquinaria, se requiere enviar cierta información sobre ubicación, características e implantación. El caso más práctico es la petición de oferta de troqueles. Los troquelistas necesitan conocer gran cantidad de datos relativos a la prensa en la que va a ir instalado el troquel. El ingeniero de ESTAMPACIÓN S.L. encargado de la petición debía buscar toda esa información y mandársela vía email o telefónica.

En gran cantidad de ocasiones el proceso se demoraba por falta de datos que se debían volver a enviar con posterioridad o información errónea que debía ser corregida y vuelta a enviar. Todo ello entorpecía el trabajo de los proveedores que a su vez perjudicaba posteriormente a ESTAMPACIÓN S.L.

Una vez seleccionado el proveedor y adjudicado el proyecto de troquel, debido a estos problemas de transparencia en la información, a la hora de instalar el troquel en ESTAMPACIÓN S.L. se descubrían gran cantidad de errores que impedían proseguir con el proceso, obligando a los troquelistas a realizar modificaciones.

Esto es uno de los mayores problemas con los que contaba ESTAMPACIÓN S.L., ya que la pérdida de tiempo era enorme incurriendo en grandes sumas de dinero.

Con la nueva estandarización, la forma de proceder es mucho más sencilla y eficiente. Basta con adjuntar vía email toda la subcarpeta correspondiente a una prensa y el plano de la planta. En pocos segundos el proveedor dispone de toda la información actualizada que necesita referente a la prensa, la planta y la línea de alimentación para desarrollar su trabajo.

- Estudios de implantación de nuevos equipos:

Cada vez que se estudia la posibilidad de implantar un nuevo equipo o sistema en relación con la línea de producción o variar el layout de planta, es necesario ver su viabilidad tanto de espacio como de adaptación e instalación. Generalmente el proveedor del nuevo equipo se desplaza a la planta de ESTAMPACIÓN S.L. con objeto de hacerse una idea de la ubicación e instalación así como de tomar los datos necesarios para ello.

Con los nuevos formatos estándar, ESTAMPACIÓN S.L. puede colaborar en esa tarea enviando la información y planos referentes a la prensa y layout en donde va a ser instalado el nuevo equipo. Un claro ejemplo de ello son los cuatro últimos sistemas estudiados en ESTAMPACIÓN S.L., como son: sistema de control de esfuerzo, sistema de aislamiento acústico de prensas, instalación de nuevos compresores de aire y sistema de refrigeración.

El último en estudio fue el sistema de insonorización (que se describe en epígrafes posteriores) por lo que fue el único en el que se han utilizado los formatos estándar. Sin embargo, en todos ellos la utilización de la estandarización habría agilizado y facilitado a los proveedores el estudio de viabilidad.

Mediante el envío de planos referentes a planta, máquina y layout, los proveedores son capaces de hacerse una idea de la ubicación e instalación de sus equipos, e incluso pueden superponer los planos de la nueva máquina con los planos de ESTAMPACIÓN S.L.

- Control y seguimiento de proyectos:

En menor medida aunque no por ello menos importante, está la aplicación de los formatos estándar en el control y seguimiento diario de los proyectos en funcionamiento. Continuamente, ya sea debido a variaciones, problemas que surgen o simplemente seguimiento de los proyectos de referencias actuales, los ingenieros están constantemente en contacto con proveedores y clientes, actividad que requiere la consulta frecuente de datos referentes a máquinas o planos de las mismas.

Una vez más, la capacidad de acceder instantáneamente a dicho tipo de información permite el desempeño de dicha tarea de forma mucho más dinámica y precisa.

- Mejora de procesos:

Otra de las importantes aplicaciones de la estandarización es su uso en la mejora o diseño de procesos. Debido a que la implementación y estudio de una mejora requiere tener información completa y actualizada del lugar y máquinas a las que afecta, su disponibilidad sin necesidad de tener que recopilar dicha información in situ o por adelantado permite ahorros de tiempo de estudio importantes.

La optimización de procesos de fabricación necesita del conocimiento completo del layout de la planta, como por ejemplo: posición de contenedores de chatarra, espacio disponible, contenedores de piezas, posibles salidas de pieza, instalación de cintas transportadoras y de chatarra, entrada de material, etc. Dicha información puede ser fácilmente obtenida a partir de los planos de layout contenidos en los formatos estándar.

A modo de ejemplo, puede destacarse la utilización que se le ha dado en el proceso de mejora mediante sistema SMED tratado en la última parte de este proyecto.

- **Personal del Dpto. de Producción:**

Otro de los departamentos más beneficiados con la puesta en marcha de la estandarización ha sido el Dpto. de Producción, ya que todo su personal está a diario manejando datos y características tanto de las prensas como de sus máquinas adyacentes. Las actividades mayoritarias en las que hacen uso de dicha información son:

- Planificación de la producción:

A pesar de que las personas encargadas de la planificación son gente con un amplio conocimiento sobre las máquinas de la planta, en ocasiones necesitan consultar datos o medidas sobre ellas que, con los formatos estándar, se evitan realizar. A su vez, permite que la planificación sea más ordenada, precisa y ágil.

- Instalación de nueva maquinaria o sistemas:

En este aspecto, la aplicación es la misma que en el Dpto. de Ingeniería, con la excepción que en el Dpto. de Producción todas las actividades tienen mayor contacto directo con la planta, es decir, el personal de producción pasa gran cantidad de horas en contacto con las máquinas, permitiéndoles tener una visión real de lo que ocurre en torno a ellas. Aún así, a la hora de tomar decisiones en común con Ingeniería, la consulta de información actualizada y ordenada se convierte en un requisito imprescindible.

- Procesos de mejora:

En este aspecto, se aplica lo mismo que lo expuesto para el Dpto. de I+D, ya que los procesos de mejora son inminentemente una responsabilidad de ambos departamentos y se llevan conjuntamente.

- Contacto con proveedores:

El Dpto. de Producción tiene unos proveedores, que aunque no son los mismos que los del Dpto. de Ingeniería, también necesitan tener una información sobre la planta, ya sea para la compra de una nueva herramienta o para cualquier otro suministro. Por tanto, es útil disponer de unos formatos estándar para enviar a los proveedores que lo soliciten, ahorrando tiempo y errores.

- PRL y Auditorías:

En última instancia, los planos de layout y de planta de ESTAMPACIÓN S.L. contenidos en los formatos estándar, permiten al responsable de PRL en gran cantidad de ocasiones la identificación de posibles riesgos en la planta de producción, ya sea por una inadecuada ubicación o distribución de los elementos en la misma. Todo ello, complementado con la observación visual directa en planta del responsable, contribuye a la disminución de la probabilidad de accidentes en ESTAMPACIÓN S.L.

Esta aplicación es extensible a la actividad realizada por los auditores en ESTAMPACIÓN S.L., facilitándolos la disposición general de la planta sobre un plano en papel.

A modo de resumen, las mejoras globales que se han experimentado en ESTAMPACIÓN S.L. como consecuencia de la puesta en marcha del proceso de estandarización de su parque de prensas han sido:

- ✓ Actualización de toda la información de interés sobre prensas y máquinas en línea de alimentación. Información real.
- ✓ Conversión de la información a formato electrónico, lo cual es imprescindible para el desarrollo empresarial de hoy en día.
- ✓ Agilización en el manejo de información.
- ✓ Clarificación y simplificación a lo justo y necesario.
- ✓ Disponibilidad rápida de la información. Ahorro de tiempo.
- ✓ Disminución de errores informativos.
- ✓ Eliminación de la proliferación de copias desactualizadas a distinto nivel.

2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

A pesar de todas las mejoras antes mencionadas, en el ámbito industrial cualquier mejora debe medirse con valores económicos, ya que el único objetivo de toda empresa es el aumento de beneficios. Por ello, en este apartado se trata de establecer una pequeña estimación sobre el impacto económico que la estandarización de la información técnica del parque de prensas ha producido sobre ESTAMPACIÓN S.L.

Debido al escaso espacio de tiempo que lleva en funcionamiento el proyecto, así como a la complejidad que supone una valoración económica sobre un tema tan inconmensurable como el impacto de un nuevo sistema de información, la estimación que se expone a continuación se basa en meras suposiciones obtenidas de experiencias que se han dado en el Dpto. de I+D durante 2008 y registradas en el sistema informático.

Los costes de la realización de la estandarización han sido:

Concepto	Descripción	Importe (euros)
Mano de Obra	Director Ingeniería, Ingeniero de Procesos e Ingeniero de Desarrollo	6800
Inversiones	Equipamiento y Herramientas	1000
Gastos Generales	Instalaciones, CAD, maquinaria...	1500

Tabla 12: Análisis Económico Proyecto Estandarización de Información Técnica.

COSTE TOTAL DE LA ESTANDARIZACIÓN: 9300 €

Como puede observarse no se ha requerido ninguna inversión inicial de importancia, ya que la mayoría del equipo utilizado para desempeñar el trabajo existía previamente en la empresa.

Las posibles estimaciones económicas de mejora han sido basadas en las acciones correctivas obtenidas de las hojas de gestión correspondientes al año 2008:

INCIDENCIAS 2008 MEJORABLES MEDIANTE LA ESTANDARIZACIÓN								
Tipo de problema	Descripción / Causas	Acciones a tomar	Personal implicado	Duración / Retrasos (días)	Coste mano de obra	Costes materiales	COSTE TOTAL	Influencia de la Estandarización
Retrasos de entregas	Falta de información o información errónea	-	1	10	0	2400	2400	Mediante una información fiable y actualizada se evitarían retrasos tanto de los proveedores como a los clientes
Funcionamiento de troquel	Elementos no previstos (rampas, expulsores,...)	Instalarlos	1	5	1480	1000	2480	Conociendo el layout de planta y las características de la prensa, los troqueles vendrían con la mayoría de elementos necesarios ya instalados
Proceso de fabricación	Características/dimensiones de máquina no consideradas (salidas de pieza/chatarra, pasos,...)	Modificar proceso o añadir elementos necesarios	1	5	1480	0	1480	Mediante una información completa del layout de planta, la zona implicada en producción tendría los elementos necesarios para llevarla a cabo desde un comienzo
Línea de suministro	Características/dimensiones de máquinas en línea no consideradas (avance, paso,...)	Modificar proceso o añadir elementos necesarios	1	2	592	0	592	El conocimiento exacto de las especificaciones técnicas de la línea de suministro evitarían fallos a posteriori o imprevistos
							TOTAL	6952

Tabla 13: Impacto Económico de la Estandarización de Información Técnica.

A la vista de lo anterior, durante 2008 se podría haber evitado un coste debido a retrasos de alrededor de 7000 €. Extrapolando lo anterior se podría estimar un flujo neto de aproximadamente -2300 € durante el primer año de vida del proyecto debido a la utilización de la información estandarizada.

En lo sucesivo, se requeriría un proceso de mantenimiento de la información a último nivel, actualizándola e introduciendo mejoras.

3. BLOQUE III: CONTROL DE ESFUERZOS Y ACÚSTICO.

3.1. INTRODUCCIÓN.

El presente bloque tiene como función la exposición de la segunda parte del proyecto. Tras la estandarización de la información sobre prensas, se ha llevado a cabo un proceso de seguimiento y control de un proyecto paralelo que se está realizando en ESTAMPACIÓN S.L.

Dicho proyecto ha consistido en la instalación de un nuevo sistema en una de las prensas, por lo que la estandarización ha servido de herramienta para facilitar su puesta en marcha.

Este sistema se encarga de la monitorización de procesos de estampación mediante la medición de esfuerzos y frecuencia acústica en el seno de los utillajes de estampación en frío y de las prensas mecánicas que se utilizan para ello.

El sistema fue instalado hace varios meses y actualmente está en fase de pruebas, por lo que solo ha sido aplicado para una de las referencias que se fabrican en dicha prensa.

Debido al deseo de ir instalando este sistema progresivamente en todas y cada una de las prensas, se ha decidido crear un formato estándar que permita un entendimiento de su funcionamiento por parte de todo el personal de ESTAMPACIÓN S.L., así como un conocimiento tanto del sistema como de los requerimientos para su instalación.

Además del control de procesos y el aseguramiento de la máquina, entre las características de la producción moderna también se encuentran la comunicación directa y la determinación electrónica en línea de los datos relevantes de producción y calidad.

La idea de esta estandarización es disponer en un mismo archivo Excel, de todos los sistemas que se vayan instalando en cada una de las máquinas. Cada hoja de Excel corresponderá a una prensa y en dicha hoja existirá una tabla estándar para cada troquel o referencia que utilice el sistema de control instalado en dicha prensa. Este archivo se ubicará en la unidad de red general de ESTAMPACIÓN S.L. de forma que toda persona que quiera consultar información sobre un sistema de control determinado, pueda realizarlo rápidamente desde su puesto informático.

De esta forma se tiene abierta la posibilidad de dar los pasos decisivos para optimizar el rendimiento y la utilización de cada máquina individualmente o incluso de la totalidad de la producción.

3.2. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.

La estampación en frío del acero consiste en un proceso sin arranque de viruta donde la chapa de acero es sometida a deformaciones plásticas y corte de formas para la consecución de productos metálicos por medio de prensas donde se montan los troqueles.

Durante ese proceso, tanto los componentes de las prensas como los de los troqueles sufren esfuerzos y generan ruidos a lo largo del procesamiento de la chapa.

Las secuencias de éstos son repetitivas una vez estabilizado el proceso de producción en serie y ese ritmo se distorsiona cuando se presentan sobrecargas en la prensa, roturas en algún elemento de los troqueles (punzones, separadores), roturas o presencia de trozos de recorte de la chapa de acero que marcan el producto. En definitiva, algún elemento que pueda provocar una avería en la máquina o en el utillaje o que pueda afectar a la calidad de los productos.

La calidad se ha convertido hoy en día en el factor fundamental en la competencia comercial porque asegura cuotas tanto en el mercado actual como en el futuro.

Es necesario el control de procesos ya que una planta de producción rentable y moderna se caracteriza por el aseguramiento de un nivel alto y constante de calidad en la producción, por la aplicación de procesos estables de fabricación y por la utilización flexible de las herramientas y máquinas disponibles.

La ventaja del control objeto de esta parte del proyecto es que en caso de transgredir los límites de control la prensa se para inmediatamente. De esta forma se reducen las sobrecargas y los daños en la máquina, e incluso se puede llegar a eliminarlos completamente.

A veces se producen grandes desperfectos en los costosos utillajes por culpa de causas que parecen insignificantes: Se trata de un síntoma típico de que las herramientas están sobrecargadas. Precisamente es en las máquinas de funcionamiento rápido donde los daños en las herramientas perjudican más el resultado final de la producción.

Es necesario, no sólo supervisar la producción de la planta, sino que el operario que trabaja con la máquina conserve una visión general del proceso de elaboración con monitores.

Ajustando los límites del control que mejor se adecuan a la aplicación, se protege la máquina. De esta forma se consigue que el operario permanezca ampliamente informado sobre el proceso de elaboración en curso.

Las informaciones individuales de gran exactitud que estos sistemas pueden proporcionar son una gran ayuda para conseguir el mejor ajuste posible de la máquina, en la mejora de la utilización de las herramientas, en la valoración de los procesos de elaboración, la valorización de las tareas de los trabajadores, etc.

Además, con este tipo de controles en el seno del trinomio máquina-utillaje-producto, se proporciona la seguridad necesaria para la utilización de

máquinas de producción durante las pausas y durante los períodos de producción con baja presencia de personal después de los turnos regulares de trabajo.

Así se pueden alcanzar grados de aprovechamiento de la capacidad de más del 100%. De este modo aprovechamos mejor la posibilidad de aplicar modelos flexibles de organización del trabajo, disminuyendo los problemas de fatiga física y mental derivados de un exceso de atención.

El control debe instalarse y cambiarse con mucha facilidad en las máquinas que ya están en producción. Por ello son necesarios unos sensores de reducidas dimensiones.

Por último, las elevadas velocidades de los procesos actuales provocan que el operario no pueda cumplir con las exigencias de fiabilidad, no siendo posible el paro de la prensa antes del siguiente golpe, con el daño que esto provoca en equipos y troqueles.

Además, considerando los controles estadísticos establecidos para procesos habituales, no se detectan los problemas esporádicos provocados por un resto de material en la pieza, que llegarían directamente al cliente, con el perjuicio que ello conlleva.

3.2.1. Piezoelectricidad.

La piezoelectricidad es una propiedad de determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.

Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría. El efecto de una compresión o de una cizalla consiste en disociar los centros de gravedad de las cargas positivas y de las cargas negativas. Aparecen de este modo dipolos elementales en la masa y, por influencia, cargas de signo opuesto en las superficies enfrentadas.

Pueden distinguirse dos grupos de materiales piezoeléctricos:

- los que poseen carácter piezoeléctrico de forma natural (cuarzo) y
- los llamados ferroeléctricos, que presentan propiedades piezoeléctricas tras ser sometidos a una polarización (cerámicas).

Las ecuaciones constitutivas de los materiales piezoeléctricos combinan tensiones, deformaciones y comportamiento eléctrico:

$$D = \epsilon E$$

donde D es el desplazamiento eléctrico, ϵ es la permitividad y E es el campo eléctrico:

$$S = sT$$

donde S es la deformación y T es la tensión.

Estas ecuaciones pueden combinarse en una ecuación que considera la relación entre carga y deformación:

$$\begin{aligned} \{S\} &= [s^E] \{T\} + [d^T] \{E\} \\ \{D\} &= [d] \{T\} + [\epsilon^T] \{E\} \end{aligned}$$

donde d representa las constantes piezoeléctricas del material, y el superíndice E indica que la magnitud está medida bajo campo eléctrico constante o cero, y el superíndice t señala que se trata de una forma traspuesta de matriz.

Esto se puede reescribir en forma matricial como:

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{11}^E & s_{12}^E & s_{13}^E & 0 & 0 & 0 \\ s_{12}^E & s_{11}^E & s_{13}^E & 0 & 0 & 0 \\ s_{13}^E & s_{13}^E & s_{33}^E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_{44}^E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & s_{44}^E & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & s_{66}^E = 2(s_{11}^E - s_{12}^E) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & d_{31} \\ 0 & 0 & d_{31} \\ 0 & 0 & d_{33} \\ 0 & d_{15} & 0 \\ d_{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{31} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{11} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

Una de las aplicaciones más extendidas de este tipo de cristales es su utilización como sensor de vibración. Cada una de las variaciones de presión producidas por la vibración provoca un pulso de corriente proporcional a la fuerza ejercida.

De esta forma se convierte fácilmente una vibración mecánica en una señal eléctrica lista para amplificar. Basta con conectar un cable eléctrico a cada una de las caras del cristal y enviar esta señal hacia un amplificador.

3.2.2. Electroacústica.

La electroacústica es la parte de la acústica que se ocupa del estudio, análisis, diseño de dispositivos que convierten energía acústica en eléctrica, (transductores) así como de sus componentes asociados. Esta conversión de entes de naturaleza completamente distinta, se realiza acudiendo a principios electromecánicos y electromagnéticos.

La electroacústica estudia el tratamiento electrónico del sonido, incluyendo la captación, procesamiento, amplificación, etc.

En el proyecto se utilizan sensores de sonido propagado a través de estructuras sólidas.

Los elementos de procesamiento de audio son dispositivos que alteran o modifican de alguna forma características del sonido, cuando éste está representado por una variable eléctrica.

Las características que modifican son de índole variada como: amplitud, rango dinámico, respuesta en frecuencia, respuesta en el tiempo, timbre, etc. El procesamiento se lleva a cabo de manera electrónica, utilizando entre otras la tecnología de semiconductores y la tecnología digital en general.

Las ondas sonoras hacen vibrar el material contenido en el interior del transductor. La fricción entre las partículas del material genera sobre la superficie del mismo una tensión eléctrica.

La señal eléctrica de salida es análoga en cuanto a forma a la onda sonora que la generó.

3.3. EQUIPO DE CONTROL BRANKAMP.

Desde hace algunos meses se venían detectando grandes cantidades de piezas "NO OK" para la referencia 50/9594 (véase **ANEXO V**) fabricada en la prensa TP-33 para General Motors. Igualmente había problemas y desperfectos en punzones y matrices del troquel que conforma dicha pieza, generalmente provocado por sobreesfuerzos.



Fig. 20: Rotura en Matriz de 50/9594



Fig. 21: Pieza 50/9594 NOK

En el **ANEXO V** aparecen las diferentes etapas que forman el proceso de fabricación. Dada esta definición de producto y su proceso, se producían roturas en el segundo paso de embutición en función del espesor y propiedades de la materia prima.

A pesar de haber trabajado intensamente en la definición del proceso seguían apareciendo roturas en el segundo paso de embutición, tal y como se observa en la Fig. 21.

Por ello se decidió proceder a la instalación de un sistema que controlase el esfuerzo de manera automática. De esta forma se evitarían pérdidas de dinero debido a la fabricación de piezas que no superan los controles de calidad pertinentes, y lo que es peor, la rotura o desperfectos en troqueles cuya reparación es muy cara.

El sistema de control de esfuerzos que se ha instalado es un:

EQUIPO DE CONTROL DE ESFUERZOS Y ACÚSTICO BRANKAMP PK550-7 (BR-PKU-X00550-07) CPU + 7 amplificadores (BR-PCB-004534), 7 sensores piezoeléctricos BR-SEN-004638 (de esfuerzo o combinables) y acústicos.

El esquema general de funcionamiento es el siguiente:

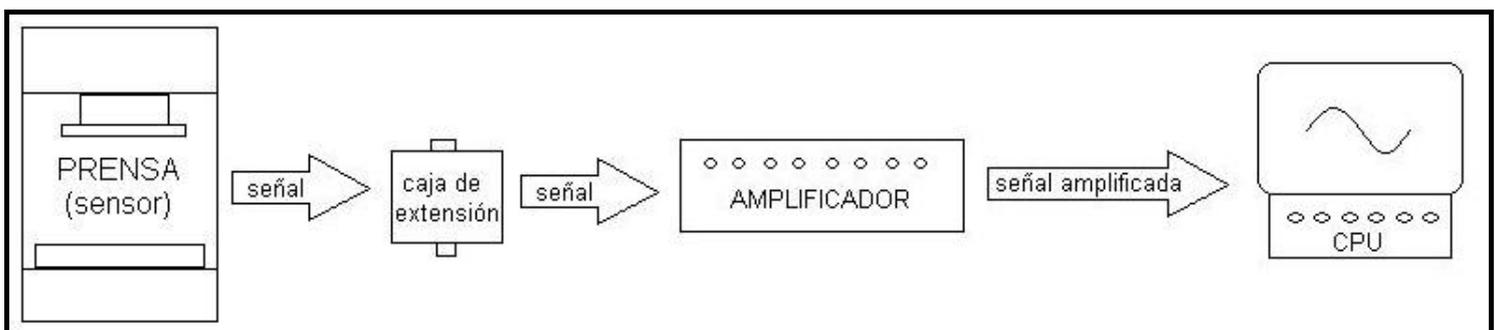


Fig. 22: Esquema General Funcionamiento BRANKAMP.

En la prensa, útil o elemento a monitorizar se colocan tantos sensores (piezoeléctricos o acústicos dependiendo de la aplicación) como sea necesario y posible según el número de canales de que disponga nuestro dispositivo.

Dichos sensores generan una señal que se transmite por cable hasta las cajas de extensión, normalmente dispuestas en el útil.

De ellas parten nuevos cables que transportan la señal hasta el amplificador, el cual las amplifica y las envía a la unidad de proceso donde se analizan.

Los sistemas de control de procesos proporcionados por estos sistemas ofrecen las siguientes funciones:

- Protección de la máquina.
- Protección de la herramienta.
- Monitorización de procesos.
- Aseguramiento de la calidad.
- Aprovechamiento de la capacidad de la máquina.

Para mayor información sobre estas funciones consultar el catálogo general BRANKAMP en el **ANEXO II**.

MONITORING			STROKES / MIN: 0081
TIME	DATE	EVENT	DEVICE PROTOCOL
09:14	9. 3	ENVELOPE CHANNEL: 1,3	Page Up
11:25	9. 3	TREND CHANNEL: 3	
12:36	9. 3	ORDER QUANTITY REACHED	
12:36	9. 3	=====NEW PART NO.=====	
15:44	9. 3	ENVELOPE CHANNEL: 2	
19:08	9. 3	ABOVE ENVELOPE CHANNEL: 1	
19:08	9. 3	TREND CHANNEL: 1	
22:11	9. 3	MEASUREMENT RANGE EXCEEDED CHANNEL: 2	
22:30	9. 3	BELOW ENVELOPE CHANNEL: 1,2,3,4,5	
04:05	10. 3	GHOST SHIFT COUNT REACHED!	

Fig. 23: Display Informativo de causas de parada de máquina. (Fuente: Catálogo BRANKAMP)

La figura de arriba es una de las múltiples opciones que pueden ser visualizadas en el display de la CPU del dispositivo Brankamp. Muestra la fecha y hora exactas en la que se ha producido el paro de la prensa, especificando el canal que ha detectado los problemas.

A partir de ello se pueden deducir fácilmente las causas que han producido la parada, permitiendo localizar las zonas conflictivas de la máquina y actuar sobre ellas.

Dependiendo del número de sensores que se utilicen en el proceso, recibiremos distintos canales con curvas diferentes.

En función de las variaciones de cada canal en cada curva, se definirá el rango admisible para asegurar que el proceso es estable. Dicho rango (envolvente) puede ser diferente según la zona.

El dispositivo en particular que ha adquirido ESTAMPACIÓN S.L., dispone de las siguientes funciones y controles comunes a todos los aparatos BRANKAMP de la serie PK:

1) Control de esfuerzo máximo.

Dicho control es utilizado para medir la fuerza total del proceso. Extrayendo las señales de los sensores instalados en la biela o el bastidor, protege la máquina de cualquier sobrecarga controlado mediante un límite prefijado en referencia al esfuerzo máximo permitido de la máquina o la herramienta utilizada en el proceso.

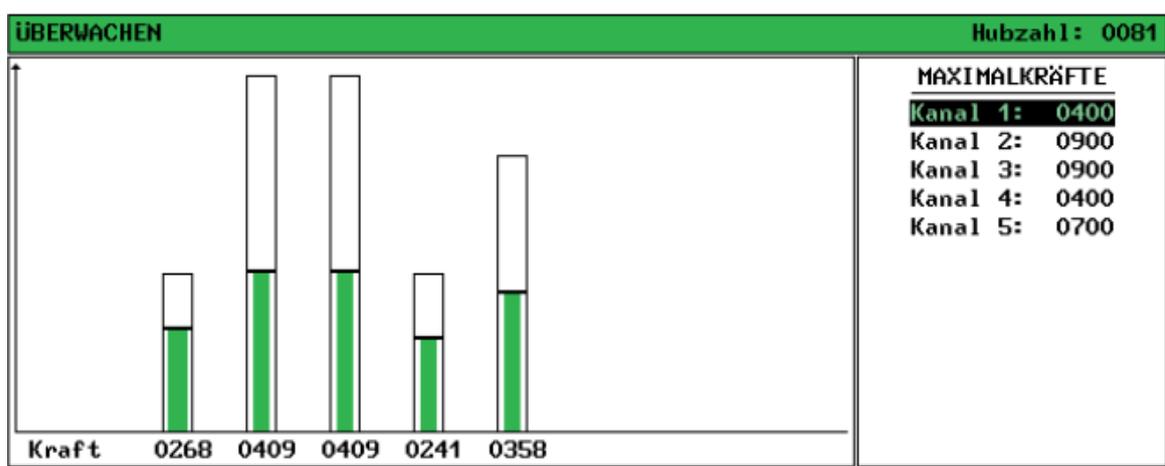


Fig. 24: Gráfica de Fuerzas en cada etapa de estampación. (Fuente: Catálogo BRANKAMP)

La gráfica anterior es una herramienta muy potente que permite fijar los esfuerzos máximos permisibles en todos y cada uno de los procesos de estampación que tienen lugar dentro de la máquina y los cuales poseen sensores.

En una sola gráfica es posible visualizar los esfuerzos que se producen en cada proceso de estampación (barras verdes) en comparación con su correspondiente límite máximo (altura total de las barras), Todo ello permite una regulación y ajuste óptimo de la prensa.

La fuerza total del proceso se mide con ayuda de un sensor en el bastidor de la prensa o en el troquel. Para proteger la máquina contra una sobrecarga, se controla la superación de un límite prefijado de esta fuerza total.

2) Control de la curva envolvente.

El sistema de vigilancia con curva envolvente es aplicado para protección de la herramienta y garantía sobre la calidad de la pieza.

En sincronización al giro del cigüeñal, se miden las fuerzas relativas del proceso obtenidas con la aplicación de micro sensores. De esta manera se obtienen las curvas fuerza/ángulo, que controladas por una envoltura dinámica, se permite una vigilancia exhaustiva en todo el proceso, activando el paro de la máquina en milésimas de segundo ante cualquier anomalía.

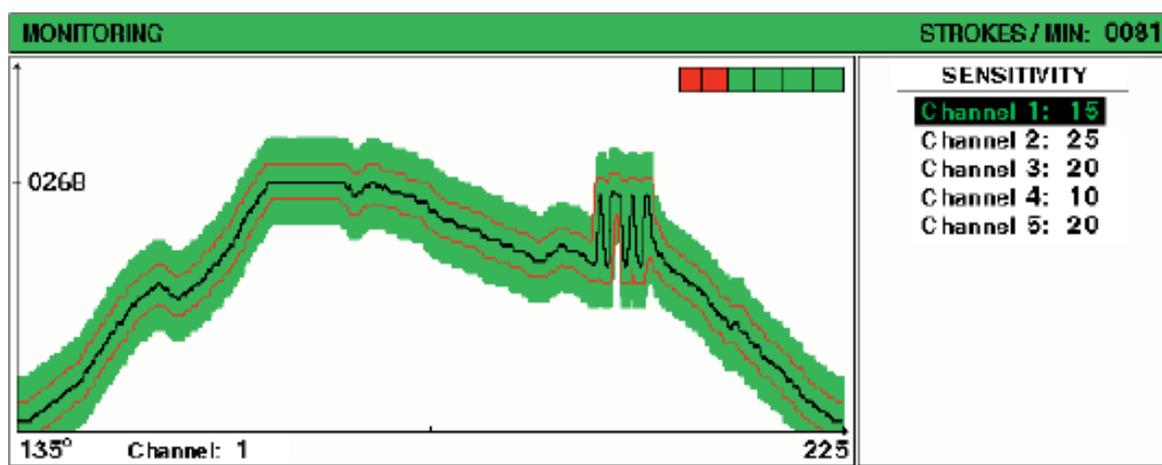


Fig. 25: Control de Curva Envolvente dinámica doble. (Fuente: Catálogo BRANKAMP)

El diagrama muestra una curva doble porque posee dos límites por encima de la curva real, y dinámica porque representa el esfuerzo que registra un sensor en tiempo real y en función del ángulo que gira el cigüeñal (excéntrica).

Se trata de una curva que posee autoaprendizaje, es decir, dependiendo del perfil que dibuja la curva real, las curvas envolventes límite se adaptan a ella detectando variaciones bruscas que se salgan de dichas curvas, provocando el paro de la máquina. Basta con cambiar de canal para poder monitorizar otra parte de la máquina que tenga sensor.

Es necesario que los límites de intervención se adapten permanentemente a las situaciones del proceso en ese instante.

Variaciones en las propiedades de los materiales, en la lubricación o en la temperatura de los troqueles no surten efecto para la precisión del control.

Nota: El gran avance en el control por curva envolvente, es que aparte de controlar todo el proceso desde que entra el pisador en contacto hasta que se retiran los punzones, a diferencia de otros equipos existentes que sólo controlan el esfuerzo máximo del proceso y no son capaces de visualizar el proceso, los límites son dinámicos, adaptándose éstos a las pequeñas variaciones de la estampación así como, cambios de temperatura, densidades de aceites, etc. Consiguiendo de esta manera un ajuste óptimo de los límites de paro para detener la prensa realmente cuando ha sucedido una rotura en la herramienta o desajuste de la misma, evitando paros innecesarios.

Para una mayor información sobre esta función véase el documento "Tecnología de la curva envolvente" en el **ANEXO III**.

3) Control del sonido corpóreo.

Con el control acústico tenemos posibilidad de reconocer inmediatamente faltas (como rotura de punzones pequeños, resortes separadores o desviadores,...) mediante la instalación en la herramienta superior e inferior de sensores acústicos intercambiables, que trabajando sobre la frecuencia acústica de rotura, no nos influye en ningún momento sobre las variaciones de lubricación o temperatura de la herramienta. Ello permite una gran eficacia de detección y fácil manejo.

Esta función, para el caso de ESTAMPACIÓN S.L. tiene una doble importancia, ya que la prensa en cuestión es una de las que, a medio plazo, se tenía pensado insonorizar (véase bloque 4).

El problema de la insonorización es que no permite al operario detectar, por medio de la percepción auditiva, una posible rotura de prensa o de troquel; lo cual es totalmente detectable en la actualidad ya que en cuanto se produce dicha incidencia el sonido que produce la estampación cambia por completo.

Por tanto, el sistema de control funciona también como "watchdog" ante roturas en prensas insonorizadas.

Además de por razones de confort y cumplimiento con el RD 286/2006, la insonorización se hace necesaria para evitar que el ruido proveniente del entorno que rodea a la prensa, distorsione las señales detectadas por el sensor acústico provocando resultados erróneos en el análisis y en consecuencia la distorsión del proceso a controlar.

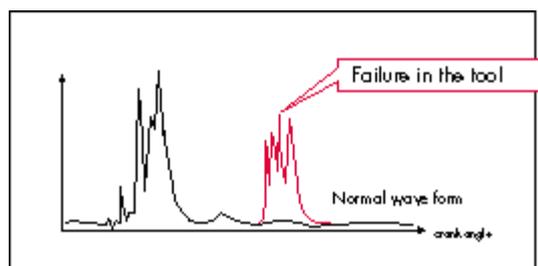


Fig. 26: Detección de rotura mediante sonido corpóreo.
(Fuente: Brankamp S.A.)

En la herramienta superior e inferior se instalan sensores para el sonido corpóreo. El sonido corpóreo sirve para reconocer de inmediato fallos resultantes entre golpe y golpe (pipas adherentes, rotura de punzones pequeños, pérdida de carga de muelles de gas).

4) Control de retales o pepitas.

Desarrollado por y para la detección de las pepitas, retales, o pequeños trozos del recorte del material que quedan entre matrices y marcan las piezas; creando así un problema de calidad que solo podemos resolver con la selección unitaria.

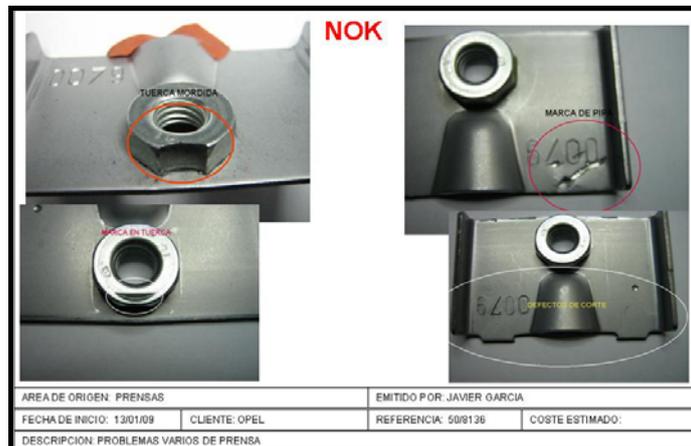


Fig. 27: Piezas NOK por marcaje de pipas.

El sistema de control de retales “Ultra-emission” es de gran eficacia. Su aplicación se realiza mediante la incorporación de un canal adicional y específico perteneciente a un sensor especial.

Actualmente el dispositivo instalado en la TP-33 no está utilizando este control debido a que no es necesario y la fabricación de la referencia problemática no presenta defectos debido a pepitas.

Para un mayor detalle sobre esta función véase el documento "Brankamp Ultraemission" en el **ANEXO IV**.

5) Control de avance.

Bien es cierto que algunos problemas de estampación se pueden evitar antes de que se produzcan, es por esta razón que BRANKAMP ha desarrollado un software específico, para acoplar al equipo los controles de avance y caída de pieza deseados por el cliente (N.P.N o P.N.P). Siendo éste una gran ayuda para la regulación de los mismos, ya que sólo pulsando una tecla se auto-regulan los límites de vigilancia de todos ellos en pocos segundos, ahorrando tiempo de preparación de máquina y un preciso control del avance de material.

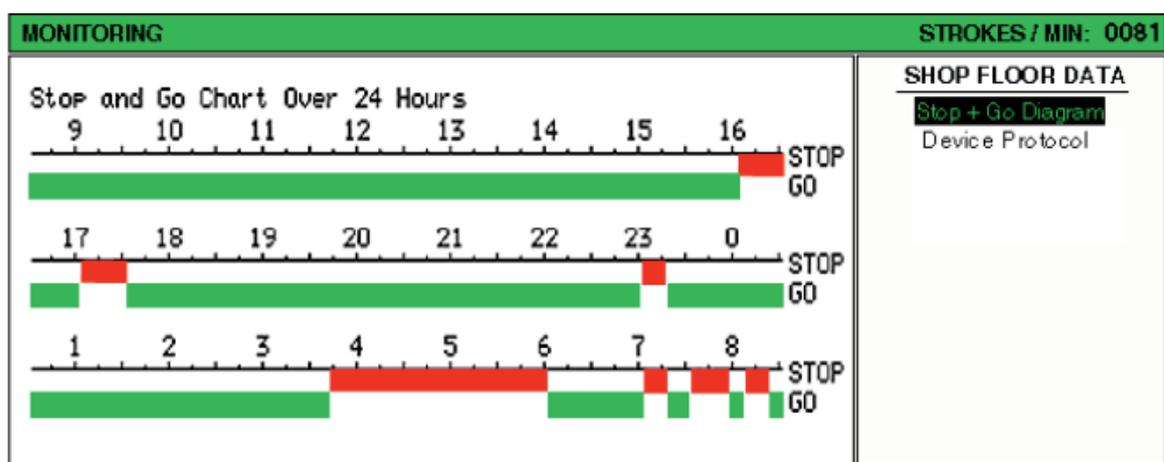


Fig. 28: Display Informativo con paradas programadas. (Fuente: Catálogo BRANKAMP)

La figura anterior es un informe que presenta la CPU del dispositivo y que muestra la programación de paradas en la máquina en un período de 24 horas debidos a los cambios de turno previstos o descansos programados. Esta herramienta incrementa la capacidad de utilización de la máquina.

3.4. FORMATO ESTÁNDAR.

Una vez instalado el dispositivo nuevo en la prensa, tan sólo una pequeña parte de personal de producción conocía el funcionamiento, la función y los requerimientos de instalación del sistema.

Tal y como se dijo anteriormente, el sistema Brankamp se encuentra en fase de pruebas, actualmente solo se encuentra instalado en la TP-33 y únicamente para uno de sus troqueles problemáticos.

La idea a largo plazo que se tiene por parte de ESTAMPACIÓN S.L. es la de ir instalando el mismo sistema en todas y cada una de las prensas operativas de la planta, por lo que tras una reunión con el Director de Ingeniería, se concluyó la necesidad de plasmar en una memoria la descripción del sistema, su funcionamiento y aplicaciones. Y a su vez, establecer una tabla o esquema estándar que sirviese como resumen de todo el sistema Brankamp y los requerimientos para su instalación.

Con todo ello se pretende dejar por escrito el Know-How perteneciente a dicho sistema, de tal forma que en futuras adquisiciones para las demás prensas, la personas implicadas tengan un entendimiento completo y una idea clara de cómo se ha de proceder.

De igual forma, la memoria y el formato estándar permitirán al personal de ingeniería y producción tener una información clara y concisa para su consulta ante cualquier actividad o problema que lo requiera.

Como formato estándar se ha decidido optar por una tabla en Excel (ver siguiente página). En ella, para el sistema instalado en la TP-33 y el troquel en pruebas, aparecen los diferentes elementos principales que componen el dispositivo de control.

		EQUIPO DE CONTROL DE ESFUERZOS Y ACÚSTICO BRANKAMP PK550-7 (BR-PKU-X00550-07) CPU + 7amplificadores (BR-PCB-004534), 7sensores piezoeléctricos BR-SEN-004638 (de esfuerzo o combinables) y acústicos.						
		REFERENCIA 50/9594						
		TIPOS DE SENSORES		ELEMENTOS RESTANTES DEL EQUIPO				
		SENSOR UNIVERSAL PIEZOELÉCTRICO BR-SEN-004638	SENSOR ACÚSTICO CORPÓREO BOSCH	CONECTOR DE UNIÓN LEMO PARA SENSOR PIEZOELÉCTRICO	CONECTOR DE UNIÓN LEMO PARA SENSOR ACÚSTICO	CAJAS DE EXTENSIÓN PARA SENSORES	AMPLIFICADORES DE SEÑAL BR-PCB-004534	UNIDAD DE CONTROL PK550
Funcionamiento	Detecta las variaciones de presión del material en el que se encuentra inmerso, generando una señal eléctrica proporcional a la fuerza ejercida.	Capta el sonido propagado a través del sólido en el que se encuentra instalado, generando una señal eléctrica análoga a la onda sonora percibida. Su rango de T de operación es de -40 a 120 °C, su momento resistente es de 20±5 Nm y es apto con lubricación.	Conecta los cables que portan la señal eléctrica proveniente del sensor piezoeléctrico y permite la conexión a el amplificador.	Conecta los cables que portan la señal eléctrica proveniente del sensor acústico y permite la conexión a el amplificador.	Cajas de union entre sensor y amplificador, las cuales permiten ampliar la distancia de la señal eléctrica para que llegue al amplificador correctamente.	Amplifica las señales procedentes de los sensores y de las cajas de extensión, generando una señal que sea legible por la CPU.	Procesa las señales amplificadas, produciendo resultados interpretables por el operario. Visualización en display y control de las diferentes opciones.	
Dimensiones	D12,9 x 2,5 (espesor)	D28 x 19 (alto) x 32 (largo)	D12 x 43 (largo)	D13 x 42,1 (largo)	50 x 45 x 30 (largo x alto x prof)	360 x 160 x 90 (largo x alto x prof)	470 x 200 x 360 (largo x alto x prof)	
Aplicaciones	Contra rotura de útil o pieza	Control de proceso	Contra rotura de útil o pieza	Control de proceso				
	Control de esfuerzo máximo. Control de la curva envolvente.	Control de esfuerzo máximo. Control de la curva envolvente.	Control del sonido corpóreo	Control de retales o pepitas (con sensor KOMBIFLEX)				
Ubicación	Sobre placa suplemento del útil, y lo más cerca posible del lugar donde se produce la rotura.	Opción 1) En los montantes de prensa. Opción 2) En mesa superior (carro). Opción 3) En biela de excéntrica.	Opción 1) sobre placa portadora del punzón problemático. Opción 2) sobre placa soporte del punzón problemático. Opción 3) Sobre un adaptador acoplado a la placa soporte del punzón problemático. (VER PLANO DE MONTAJE)	Placa superior del útil, cercano de donde se generan los retales o pepitas.	Entrada de caja de extensión. Salida de caja de extensión. Entrada al amplificador. Salida del amplificador. Entrada a la CPU.	Entrada de caja de extensión. Salida de caja de extensión. Entrada al amplificador. Salida del amplificador. Entrada a la CPU.	Fijado a la base de la matriz en el lado donde se encuentra el operario.	Fijado al montante derecho frontal de prensa. Montado sobre ménsula móvil en el frontal de prensa.
Instalación	Opción a) Mecanizado de ranura superficial de 5mm. de ancho para el cable, y un diámetro de 14 mm. para la cabeza del sensor. Ambas partes con una profundidad de 5mm. sobre la ubicación deseada. Una vez alojado en la ranura (la cual debe tener su superficie desengrasada, sin pintura y con alta rugosidad), el sensor será pegado con pegamento de dos componentes "X60" o pegamento de cianocrilato.	Para ubicaciones 1) y 3) se procede con la Opción a) del apartado anterior. Para ubicación 2) se procede de la siguiente manera: debido a que el esfuerzo no es uniforme en toda la mesa superior, se deberá instalar el sensor o sensores en su centro geométrico. Para ello se practica un taladro en el frontal de la mesa para introducir el sensor, y una vez alojado se pega con pegamento tal y como se describe en la opción a). En caso de no poderse realizar el taladro, existe la posibilidad de hacer uso de las ranuras de amarre que posee la mesa para alojar el sensor en el centro del carro.	Para cada ubicación existen dos posibilidades: Opción i) Montaje libre: el sensor se pone en contacto con una superficie mecanizada (simetría de rotación con el agujero roscado) y se fija mediante un tornillo de M8x30 Opción ii) Montaje inmerso: análogo al montaje libre pero se realiza sobre un cajeadado circular (VER PLANO DE MONTAJE) Atención: solo la parte metálica del sensor debe estar en contacto con la superficie. No usar arandelas.	Se atornilla el sensor directamente sobre la placa superior del útil, manteniendo el contacto entre ambas superficies.			Fijado mediante dos tornillos M4. Para ello se deberán practicar dos agujeros M4x10 en el útil.	



Ubicación en carro



Ubicación de sensor acústico
[PLANO DE MONTAJE ACÚSTICO](#)



Ubicación en montante

[Catálogo Brankamp](#)
[Brankamp PK 550](#)
[Descripción curva envolvente](#)
[Control de retales](#)



Ubicación de cajas de extensión



Ubicación de CPU

Tabla 14: Formato Estándar de Sistema BRANKAMP.

Para cada elemento se detalla su:

- Funcionamiento:

Se indica someramente la función que tiene el elemento dentro del sistema y una descripción del mismo. Para el caso particular de la TP-33, el sensor acústico no está instalado, sin embargo es un elemento del que dispone el sistema y por tanto se requiere su conocimiento.

- Dimensiones:

Son las principales dimensiones reales que poseen dichos elementos, datos que son muy necesarios a la hora de proceder a su instalación, ya que permite conocer las posibles ubicaciones del mismo en función del layout de planta y las dimensiones de la prensa.

- Aplicaciones:

Este apartado solamente es necesario en lo referente a los sensores, ya que los demás elementos únicamente tienen la aplicación que describe su funcionamiento.

Ambos tipos de sensor (piezoeléctrico y acústico), tienen dos aplicaciones principales: control de rotura y control de proceso. En las casillas correspondientes se han citado las herramientas disponibles en el dispositivo Brankamp que permiten analizar dichas aplicaciones. Estas herramientas ya han sido descritas en el epígrafe anterior. Dependiendo del control que se quiera monitorizar, se utilizará una función u otra y un sensor u otro.

- Ubicación:

Con esta información se pretende dar un abanico de posibilidades sobre la ubicación de cada elemento del sistema. Principalmente existen diversas opciones en cuanto a la ubicación de los sensores.

Tras consultar al personal técnico de COMTESA (empresa suministradora del equipo), se han establecido una serie de ubicaciones para cada sensor dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar. De esta forma se asegura que la obtención de señales por parte del sensor sea fiable y precisa, evitando datos erróneos. Por tanto, la tabla estándar recoge todas las posibles ubicaciones que puede tener cada sensor para después, en función de las posibilidades que la prensa en particular permita, elegir una ubicación factible.

Incluso para el sensor acústico se ha realizado un plano de montaje que clarifica visualmente la posición donde puede colocarse el mismo (véase "Plano de Montaje Acústico" en **ANEXO VI**)

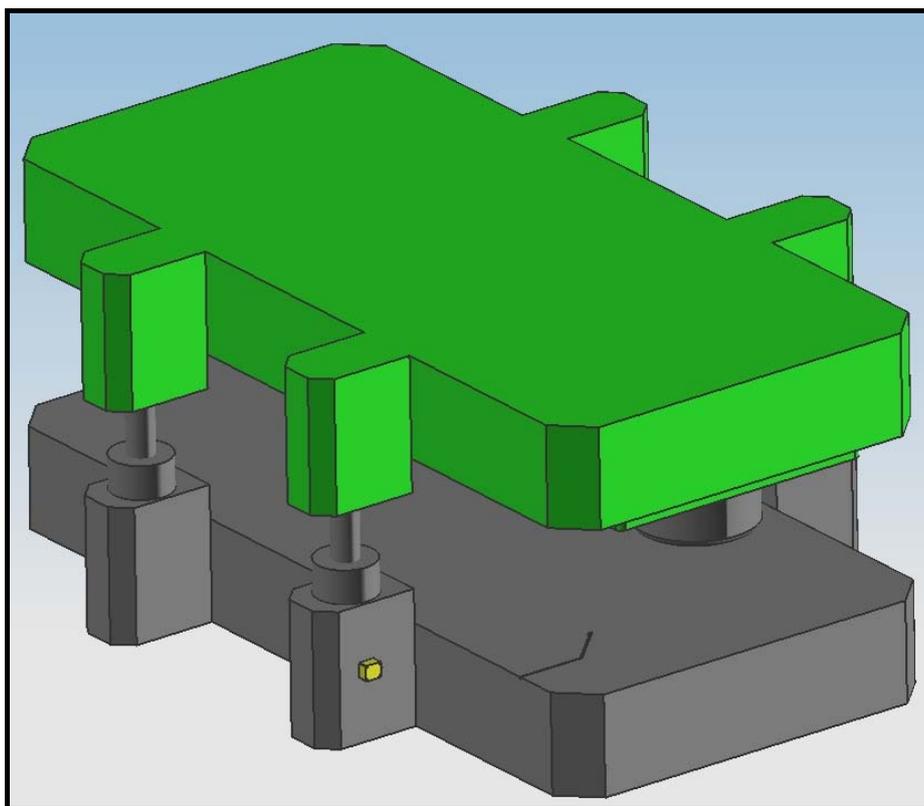


Fig. 29: Modelo de Troquel con elementos para instalación de Sistema de Control.

En el transcurso de este proyecto es necesario investigar sobre la colocación de los sensores en las zonas más adecuadas, tanto de la máquina (bastidor, biela), como de los utillajes (bases, placa pisa).

En el caso de esta rotura en la pieza, es necesario colocar los sensores lo más cerca posible de los machos y matrices de embutición de la operación afectada.

- Instalación:

La información referente a la instalación es uno de los objetivos primordiales del formato estándar, ya que puede ahorrar gran cantidad de problemas y pérdida de tiempo debido a errores en su "NO" consideración.

Se ha de tener en cuenta principalmente en elementos cuya instalación precise de operaciones de mecanizado sobre el troquel donde van a ir situados.

Por ejemplo, para la instalación de los sensores y las cajas de extensión, se requiere la mecanización de ranuras y agujeros en el troquel. La no consideración de estas operaciones antes de realizar la fabricación del troquel, provocará que dichas operaciones de mecanizado se realicen sobre el troquel terminado, llevando una gran cantidad de coste y tiempo para su realización, ya que el material del cual está hecho el troquel es acero templado de gran dureza. Por el contrario, si desde un principio se sabe qué cavidades debe tener el troquel, es posible encargar al troquelista dicho diseño de forma que lo considere desde su inicio, evitando retrabajos posteriores muy costosos.

- Fotografías y modelo:

Para tener una visualización clara del sistema y sus componentes, se han introducido fotos reales de cada parte del sistema que se describe, al igual que una foto del troquel en cuestión. Al final de la hoja Excel se han añadido fotos de las posibles ubicaciones de los elementos y un modelado del troquel realizado con el software NX5 en el que aparecen la ubicación de las cajas de extensión y de los sensores piezoeléctrico y acústico.

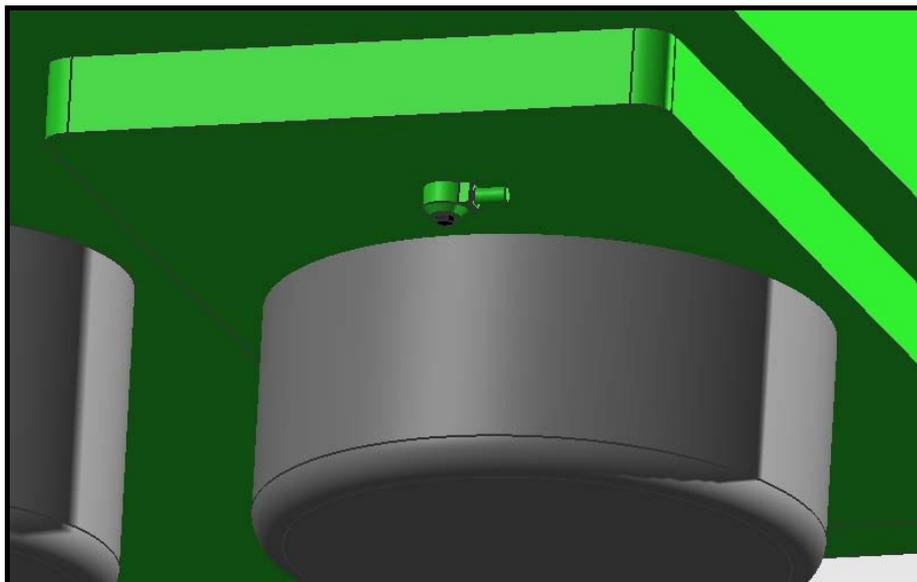


Fig. 30: Detalle Ubicación de Sensor Acústico.

3.5. MEJORAS PRODUCIDAS.

Los objetivos que se persiguen con la instalación del dispositivo Brankamp son:

- ❖ Reducción del número de ppm por rotura de utillajes (punzones) y marcas de pipas.
- ❖ Supresión de controles 100%
- ❖ Reducción de la gravedad de averías de utillajes.
- ❖ Reducción de la gravedad de averías de prensas.

La supresión de controles aún no está cuantificada con exactitud. Se sabe que ha disminuido el control por parte de los operarios, pero no se sabe en qué porcentaje.

En cuanto a la gravedad de averías, no se ha llevado un registro adecuado de los costes comparativos entre las averías antes y después de su utilización, por lo que no se disponen de datos fiables.

Sin embargo, uno de los parámetros más indicativos sobre dichas mejoras es el tiempo de las incidencias producidas tanto en máquina como en el utillaje para la referencia en cuestión, así como el tiempo de retrabajos necesarios.

El Brankamp fue instalado durante julio de 2008 y aún no se disponen de datos anuales. A día de hoy, lleva 9 meses en funcionamiento por lo que es necesario comparar dichos datos con datos referentes a los 9 meses antes de su entrada en operación.

Seguidamente se muestran dos imágenes obtenidas de la base de datos de ESTAMPACIÓN S.L. con resultados muy significativos:

INFORME DE INCIDENCIAS POR REFERENCIA			PAG: 1
DESDE: 1/10/2007 HASTA: 31/ 6/2008			
REFERENCIA	TIPO DE INCIDENCIA	TIEMPO	
	TOTAL=>		
50/9594 HOUSING-F/TNK FIL PIPE, D	1 MATERIAS PRIMAS Y/O COMPO	1,60	
	2 RETRABAJO, SELEC. Y OPERACI	76,32	
	3 PREPARACION DE MAQUINARIA	49,01	
	4 AVERIA DE MAQUINARIA	14,92	
	5 AVERIA DE UTILLAJES Y HER	31,63	
	9 ESPERA APR. CALIDAD	2,75	
	11 PROCESOS SIN TIEMPO	70,81	
	12 PROCESO ALTERADO	231,18	
	21 PRUEBAS DE FABRICACION Y	8,80	
	TOTAL=>	487,02	

Tabla 15: Incidencias en 50/9594 sin utilizar Sistema de Control.

INFORME DE INCIDENCIAS POR REFERENCIA			PAG: 1
DESDE: 1/ 7/2008 HASTA: 31/ 3/2009			
REFERENCIA	TIPO DE INCIDENCIA	TIEMPO	
	TOTAL=>		
50/9594 HOUSING-F/TNK FIL PIPE, D	1 MATERIAS PRIMAS Y/O COMPO	17,41	
	2 RETRABAJO, SELEC. Y OPERACI	14,21	
	3 PREPARACION DE MAQUINARIA	22,97	
	4 AVERIA DE MAQUINARIA	6,36	
	5 AVERIA DE UTILLAJES Y HER	4,34	
	8 FORMACION INTERIOR DE OPE	14,21	
	12 PROCESO ALTERADO	27,16	
	21 PRUEBAS DE FABRICACION Y	16,16	
	TOTAL=>	122,82	

Tabla 16: Incidencias en 50/9594 usando Sistema de Control.

Los resultados anteriores arrojan las siguientes conclusiones:

- Las incidencias debidas a materia prima durante el segundo periodo analizado indican el comienzo de los problemas económicos de ESTAMPACIÓN S.L. por la crisis financiera.
- El tiempo de retrabajos disminuyó considerablemente, síntoma de unos mejores resultados de calidad en la referencia.
- Los tiempos de preparación disminuyeron debido al menor número de cambios de útil realizado en el segundo periodo.
- El tiempo de averías disminuyó enormemente, lo cual indica la disminución de averías y su gravedad tras la implantación del sistema de control.
- Debido a la implantación del nuevo sistema, se necesitó mayor tiempo tanto para formación de operarios como pruebas de fabricación.

DESDE: 1/10/2007 HASTA: 31/ 6/2008												
Pieza / Fase	Cantidad	H.Produc	H.p/Inci	H.no Pr.	H.R.Prep	H.P.Prep	H.P A100	Rend.Pr	Rend.PM	T.Horas	%	:
509594 10 FORMAR EN TRANSFER	150366	4,4	226,7	56,6	49,0	59,5	219,3	2469,59	121,40	336,86	83,19	
509594 15 control 100 %	96790	216,6	109,4	44,7			320,5	73,98		370,81	87,93	
509594 99				,4						,43		
99 TOTALES	247156	221,0	336,1	101,8	49,0	59,5	539,8	96,87	121,40	708,10	85,62	

Tabla 17: Rendimiento Productivo en 50/9594 sin usar Sistema de Control.

DESDE: 1/ 7/2008 HASTA: 31/ 3/2009												
Pieza / Fase	Cantidad	H.Produc	H.p/Inci	H.no Pr.	H.R.Prep	H.P.Prep	H.P A100	Rend.Pr	Rend.PM	T.Horas	%	:
509594 10 FORMAR EN TRANSFER	66016	28,1	64,1	13,5	22,9	31,5	96,2	170,98	137,14	128,76	89,49	
509594 15 control 100 %	59408	190,0	22,2				258,3	67,96		212,24	100,00	
15 TOTALES	125424	218,1	86,3	13,5	22,9	31,5	354,5	116,44	137,14	341,00	96,03	

Tabla 18: Rendimiento Productivo en 50/9594 usando Sistema de Control.

A partir de las dos últimas tablas anteriores se observa que el número de horas productivas en ambos períodos fue aproximadamente el mismo. A pesar de haberse fabricado menos piezas en el segundo periodo, el rendimiento productivo fue mayor, ya que hubo mucho menos tiempo de producción con incidencias. Ello también indica el efecto de la puesta en marcha del nuevo sistema de control.

Para establecer una cuantificación económica, basta con comparar el coste de oportunidad en ambos periodos debido a horas de incidencia.

MEJORAS PRODUCIDAS BRANKAMP		
50/9594	01/10/2007 - 31/06/2008	01/07/2008 - 31/03/2009
Tiempo Retrabajo (horas)	76,32	14,21
Tiempo Avería Máquinaria (horas)	14,92	6,36
Tiempo Avería Utilaje (horas)	31,63	4,34
Piezas/hora	1080	1080
Beneficio/pieza (€/pieza)	0,07	0,07
Coste de Oportunidad (€)	13851,14	2808,10

Tabla 19: Mejoras Producidas por el uso de Sistema BRANKAMP.

Basándose en los datos anteriores, se podría decir que en un periodo de 9 meses, se ahorró un coste de oportunidad de alrededor de 11000 € en comparación con un periodo similar de tiempo en funcionamiento sin el sistema Brankamp.

Extrapolando linealmente los datos anteriores a un periodo de 12 meses, se obtiene que el ahorro de costes de oportunidad sería de unos **14.700 €/año**.

Estas cifras no son exactas ya que, aunque los periodos son de igual duración, estos no coincidieron en un mismo espacio temporal. A ese valor habría que sumar el correspondiente a la reducción de costes en averías tanto de utillaje como de maquinaria, lo cual no está cuantificado pero que podría estimarse en unos **5000 € anuales**.

Y por último, los costes de “no calidad” durante 2008 ascendieron a unos 100.000 € para todo el parque de máquinas, lo cual daría una media de alrededor de 10.000 por máquina. Y esos **10.000 €** serían también reducidos con el uso del sistema de control Brankamp.

En conclusión, las mejoras económicas producidas por el nuevo sistema ascenderían aproximadamente a **29.700 €/año**.

Las actividades y recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto han sido:

- Mediciones dimensionales para verificación de resultados:
 - Máquina tridimensional Mitutoyo y DEA de ESTAMPACIÓN S.L
- Ensayos de tracción:
 - Máquina uniaxial HOYTOM de 4700 Kg.
- Modificación y puesta a punto de los utillajes:
 - Fresadora CNC CME BF-02.
 - Torno PINACHO S90/310.
 - Máquina de erosión ONA S2000-60.
 - Rectificadora CHEVALIER FSG-2040 ADII.
- Recursos Humanos pertenecientes a ESTAMPACIÓN S.L.:

FASE	DURACIÓN	PERSONAL														
		Director Gerente	Director I+D+i	Director ICMS	Director de Calidad	Director de Producción	Ingeniero de Proyecto	Ingeniero de Desarrollo CAD	Ingeniero de Utillajes	Jefe de Contabilidad	Técnico de Medición	Técnico de Utillaje	Técnico de mantenimiento	Encargado Gral. fabricación	Jefes de equipo de prensas	Operarios
Lanzamiento	2 semanas	4	32	4	4	4	32	16	16	4	4	4	4	4	4	0
Estudio del estado actual de la técnica	2 semanas	4	32	4	4	4	40	32	16	4	8	8	8	8	0	0
Desarrollo del control	5 semanas	4	40	24	24	24	100	80	60	4	48	48	48	32	16	0
Fabricación de prototipos	8 semanas	4	32	4	16	16	80	80	100	8	48	80	16	16	40	40
Instalación en las prensas	8 semanas	4	24	4	24	24	48	48	40	8	40	40	48	40	32	32
Programación de los equipos de control	8 semanas	4	24	4	24	24	48	100	24	8	80	0	0	48	48	0
Validación del control en producción serie	10 semanas	4	24	4	40	24	48	80	80	8	40	48	60	80	104	200
Cierre	1 semana	4	24	4	12	12	24	16	24	24	4	8	8	8	8	4

Tabla 20: Horas Invertidas en Mano de Obra para proyecto BRANKAMP.

El plan de trabajo realizado para llevar a cabo todo el proyecto ha sido:

1) Lanzamiento (2 semanas).

En esta fase, el Director de Ingeniería prepara toda la información reflejada en esta memoria, recopilando la información necesaria con el Ingeniero de Proyecto y el Jefe de Contabilidad para crear el equipo del proyecto, definiendo con precisión las tareas necesarias para la consecución del mismo, planificando las fases del proyecto con los hitos necesarios.

2) Estudio del estado actual de la técnica (2 semanas).

El personal técnico realiza un estudio con la colaboración del personal de producción del sistema a implantar, detallando su funcionamiento, características, viabilidad e impacto, así como todos los requerimientos necesarios para su instalación.

3) Desarrollo del control (5 semanas).

Durante esta fase se realiza el análisis de los parámetros, el análisis de los modos de fallo, de sus efectos y de sus causas. Se elaboran los pliegos de condiciones de los equipos, solicitándose las ofertas correspondientes a los proveedores. Asimismo se diseña el control, determinando así como la conexión con que posteriormente se quedarán completamente definidos con la realización de prototipos.

4) Fabricación de prototipos (8 semanas).

Será necesario el diseño de los prototipos mediante las herramientas de CAD a partir del diseño del producto en NX, que se traducirá a un formato compatible con CATIA para diseñar con esta herramienta los útiles, a partir de los cuales se fabricarán las piezas necesarias.

Una vez fabricados los prototipos, se verifican dimensionalmente, se analiza la calidad de los componentes y se ensaya el conjunto respecto a los esfuerzos definidos para la aplicación.

5) Instalación en las prensas (8 semanas).

En un primer momento es necesaria una integración mecánica y eléctrica, diseñando el soporte y las protecciones necesarias de los equipos así como su alimentación. A continuación se procederá a la insonorización de cada prensa (actividad que actualmente aún no se ha realizado).

6) Programación de los equipos de control (8 semanas).

En esta fase se programan los sensores definitivamente respecto a los requerimientos establecidos y en las condiciones de producción en serie definidas.

7) Validación del control en producción en serie (10 semanas).

Es necesaria la fabricación monitorizada del producto, modificando la implantación del sistema, la programación de los equipos y la integración del conjunto de la máquina – sensor para obtener los resultados previstos del control 100%.

8) Cierre (1 semana).

Comprobación de todos y cada uno de los documentos generados y revisión final de costes y funcionamiento.

3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Como parte final de este bloque, se ha confeccionado una tabla resumen que recoge las inversiones realizadas en la adquisición y puesta en marcha del nuevo equipo, así como de los beneficios económicos estimados con la utilización del sistema BRANKAMP:

APARTADO	CANTIDAD (€)
- Inversiones en instrumentación y equipamiento	-35512,80
Elementos de utillajes prototipo	-9350,00
1 Equipo de control de esfuerzos y acústico	-18292,80
Ordenador Portátil	-1640,00
Instalación del equipo de control	-2580,00
Prototipos de estampación	-3650,00
- Mano de obra directa e indirecta	-102464,08
- Otros gastos	-6135,78
Licencia CAD CATIA V5	-2910,96
Licencia CAD NX5	-3224,82
- Gastos generales suplementarios	-22819,00
Costes Indirectos	-15319,00
Formación	-3000,00
Gastos asociados a la maquinaria	-4500,00
- Mejora Económica Anual	29700,00
BENEFICIO ANUAL ESTIMADO:	-137231,66

Tabla 21: Análisis Económico del Proyecto Brankamp.

Nota: la cantidad referente al Equipo de Control Brankamp ha sido obtenida del presupuesto final que el proveedor negoció con ESTAMPACIÓN S.L. (véase documento de **PRESUPUESTO BRANKAMP**).

4. BLOQUE IV: AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.

4.1. INTRODUCCIÓN.

En este cuarto bloque se expone un proyecto que comenzó conjuntamente con el descrito anteriormente. Se basa en un proyecto de aislamiento y acondicionamiento acústico de la planta de ESTAMPACIÓN S.L.

En principio, se estudiaron una serie de medidas y propuestas a nivel global con vistas a futuro. Sin embargo, posteriormente se decidió comenzar el proyecto atacando directamente a las principales fuentes de ruido, es decir, las prensas de estampación.

A día de hoy la instalación no se ha realizado (a pesar de que el sistema está ya fabricado) debido a la falta de financiación que sufre ESTAMPACIÓN S.L. producida por la crisis financiera y económica en la que se encuentra inmersa.

A lo largo de los siguientes apartados de este bloque se exponen diversos temas sobre ruido tratados durante el proyecto.

Inicialmente se describen algunas generalidades que facilitarán al lector la comprensión de un tema tan complejo como es el ruido industrial.

En una segunda parte son analizadas las diferentes propuestas que se barajaron para reducir los niveles de exposición de los trabajadores. Y seguidamente se profundiza en la fase que se adoptó como primer paso para la realización del proyecto, la cual corresponde al cerramiento acústico de una de las prensas con mayores niveles de emisión de ruido.

Finalmente se han estimado las mejoras que ello acarrearía y una valoración económica del proyecto global teniendo en cuenta todas y cada una de las acciones propuestas.

4.2. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.

El ruido, tal y como lo define la O.M.S., es un "sonido no deseado cuyas consecuencias son una molestia para el público, con riesgo para su salud física y mental". (para mayor información sobre acústica y ruido véase el **ANEXO VIII**).

El R.D. 1316/89 tiene como objeto la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

El contaminante físico más común en los puestos de trabajo, independientemente de la actividad de que se trate, es el ruido.

En cualquier situación acústica existen tres elementos a considerar: la fuente emisora, que puede ser deseable o indeseable; la trayectoria o medio para la transmisión del sonido y el receptor, que puede o no desear escuchar el sonido.

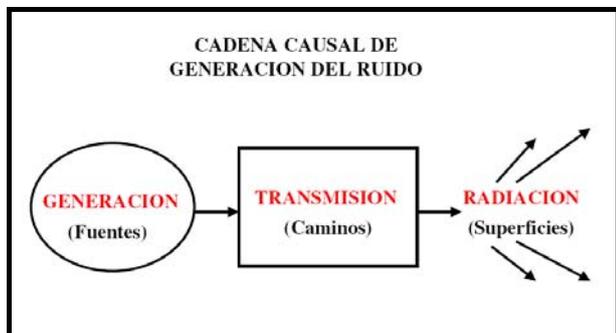


Fig. 31: Cadena Generación del Ruido.

(Fuente: “Panel de Expertos sobre Ruido 26/10/2005”, www.fundacionsanprudencio.com)

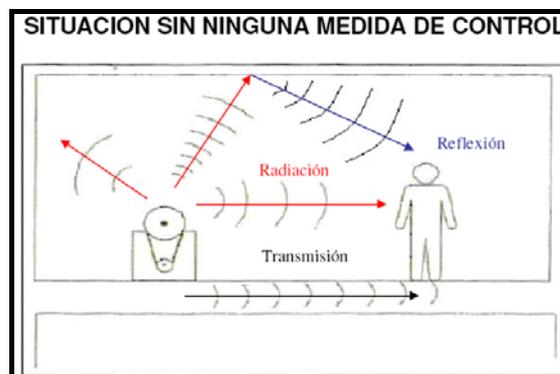


Fig. 32: Exposición al Ruido sin medidas de control.

En el año 2005 se puso en marcha un equipo de trabajo que realizó diversas actuaciones sobre los útiles, cambiando en algunos casos la máquina en la que eran montados y en otros modificando cortes y geometrías para reducir el esfuerzo y por tanto el ruido. Estas actuaciones tuvieron un efecto limitado no teniendo apenas incidencia en las mediciones realizadas.

También se hicieron una serie de pruebas para tratar de reducir el nivel de emisión procedente de las prensas utilizando materiales aislantes colocados sobre los resguardos existentes en las máquinas y sólo se obtuvieron resultados significativos cuando se forró la prensa totalmente con material aislante (véase **ANEXO VII** “Informe de ruido en TP-24”). Ello hizo llegar a la conclusión de que la única vía sería poner paneles aislantes sobre las máquinas utilizando la estructura de las mismas como soporte.

Una estimación realizada de los paneles necesarios para la TP-14 fue:

ESPUMA DE POLIURETANO		PLANCHA DE POLIESTIRENO	
CANTIDAD	DIMENSIONES	CANTIDAD	DIMENSIONES
1	230 X 960	1	1280 X 755
2	230 X 1020	1	410 X 240
2	480 X 1020	1	460 X 595
2	270 X 940		
2	250 X 1200		
2	250 X 1130		
1	1280 X 375		
2	250 X 990		
2	255 X 850		
2	290 X 850		
1	180 X 1110		
3	550 X 1110		
1	905 X 1110		

La imagen muestra un panel rectangular de material aislante de color gris claro. Tiene un agujero rectangular en el lado derecho y dos agujeros circulares en el lado superior derecho. El panel está colocado sobre una superficie azul.

Tabla 22: Paneles Aislantes para TP-14.

Desde 2003 a 2007 se han venido realizando mediciones de los niveles de ruido en diversos puntos de la empresa constatándose que prácticamente en cualquier punto de la misma se superan los valores para los cuales la ley exige una actuación desde el punto de vista técnico y organizativo.

Las medidas fueron realizadas en prensas, máquinas de soldadura y zonas significativas de la planta. En algunos casos se realizó una sola medida y en otros varias. Realizando una media aritmética orientativa de estas medidas a lo largo de dichos años, se obtienen los datos representados a continuación.

NOTA: para realizar dicha media es posible sumar niveles de presión aritméticamente, sin embargo para adición de niveles de ruido se debe operar tal y como se explica en el **ANEXO VIII** "Principios sobre Acústica". Las máquinas que no poseen datos son máquinas en las que no se realizó medición de ruido.

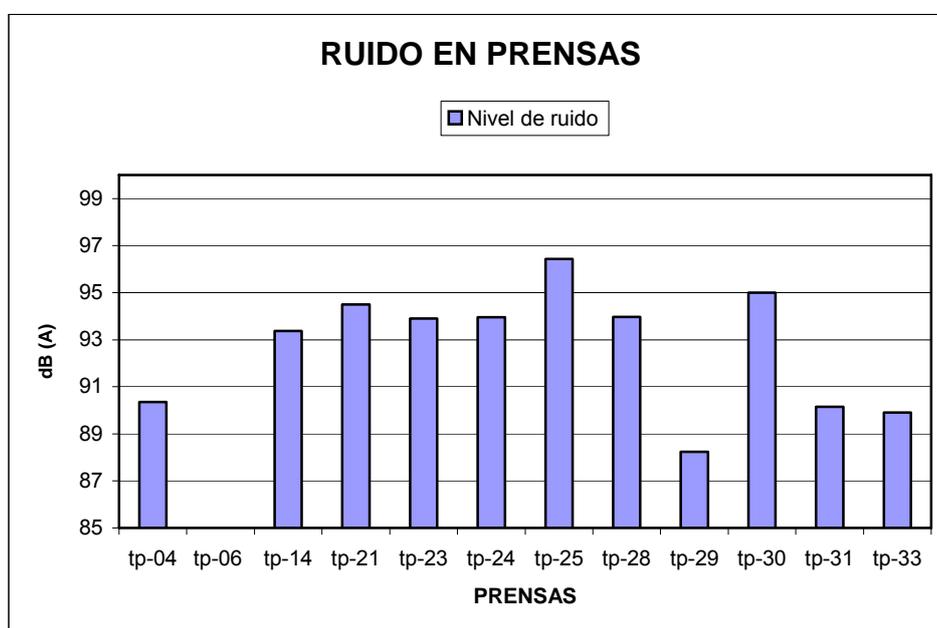


Fig. 33: Niveles Medios de Ruido en Prensas 2003-2007.

Llamativo es que la inmensa mayoría de las prensas superan niveles de 90 dB(A), llegando incluso a sobrepasar los 95 dB(A), cosa totalmente inadmisibles con consecuencias no solo económicas para la empresa sino también perjudiciales para la salud de los trabajadores (véanse los efectos del ruido en el **ANEXO VIII**).

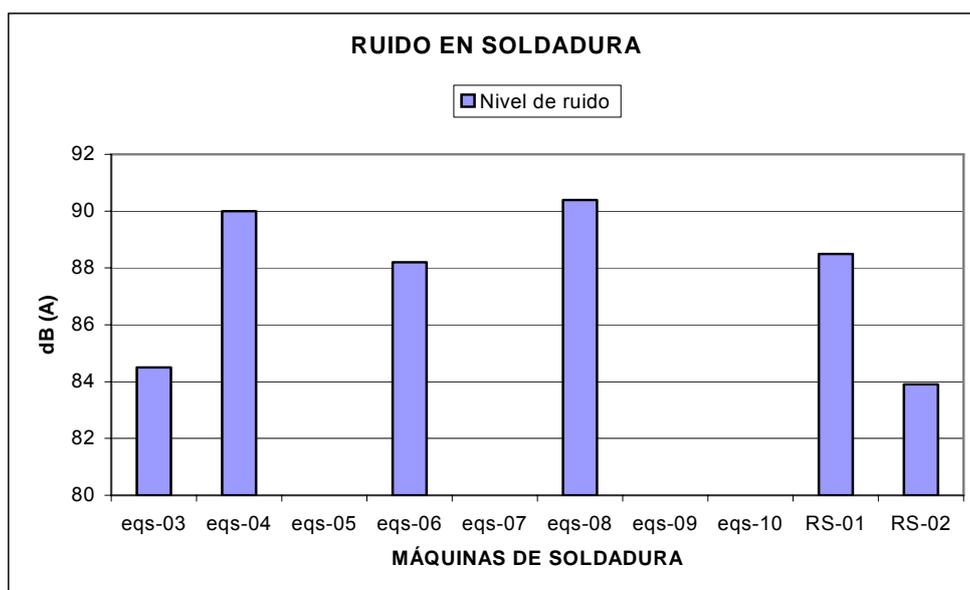


Fig. 34: Niveles Medios de Ruido en Máquinas de Soldadura 2003-2007.

Es fácil ver que los niveles de emisión por parte de las máquinas de soldadura son inferiores a los emitidos por las prensas de estampación, aún así, se superan ampliamente los niveles legales permitidos.

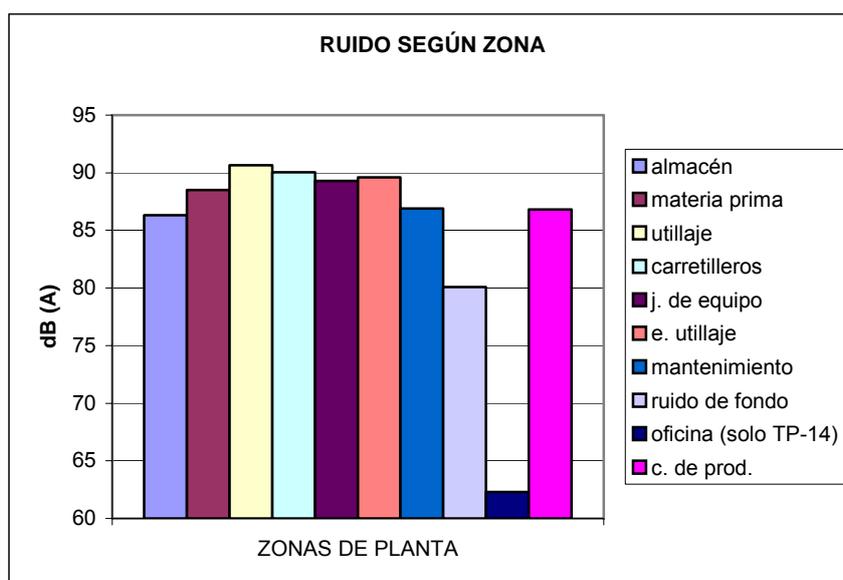


Fig. 35: Niveles Medios de Ruido según Zona de Planta 2003-2007.

En esta otra gráfica se observa que el personal más afectado es aquel que está continuamente desplazándose por la planta, como los jefes de equipo y los carretilleros, así como las zonas de utillaje, muy cercanas a las fuentes de mayor ruido. Hay que destacar que, a día de hoy, dos prensas muy cercanas a la zona de utillaje que había durante el período 2003-2008, fueron trasladadas fuera de dicha zona, por lo que en la actualidad los niveles de ruido en zona de utillaje no son tan elevados como los indicados en la gráfica.

El nivel de ruido de fondo registrado en un día genérico y representativo de la actividad cotidiana fue de alrededor de 80 dB(A), medido en un punto aproximadamente central de la planta en una banda de 125 Hz – 4 KHz.

Esta situación se ha visto agravada por la modificación de los valores límite por el RD 286/2006 de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, según el cual es obligatorio realizar un programa de acciones técnicas y/o organizativas para reducir el nivel de exposición al ruido cuando los niveles de éste sobrepasen los 85 dB(A), tal y como aparece en la siguiente tabla:

Real Decreto 286/2006	L_A eq'd	L_{pico}
Valores límite de exposición	87 dB _A	140 dB _A
Valores superiores que dan lugar a una acción	85 dB _A	137 dB _A
Valores inferiores que dan lugar a una acción	80 dB _A	135 dB _A

Acciones preventivas (R.D.286/2006)	≤80dBA	Nivel diario Equivalente (L_A eq'd)		
		≥80dBA y/o ≥135 dBC de L_{pico}	≥85dBA y/o ≥137 dBC de L_{pico}	≥87dBA y/o ≥140 dBC de L_{pico}
Información y formación a los trabajadores y/o sus representantes	-	Sí	Sí	Sí
Evaluación de la exposición al ruido	-	Cada 3 años	Anual	Anual
Protectores auditivos individuales	-	Poner a disposición de todo el personal expuesto	Uso obligatorio para todo el personal expuesto	Uso obligatorio para todo el personal expuesto
Señalización de las zonas de exposición	-	-	Sí (Restringir el acceso si es viable)	Sí (Restringir el acceso si es viable)
Control médico auditivo	-	Sí (si existe riesgo para la salud; mín cada 3 años)	Sí (mínimo cada 3 años)	Sí
Programa técnico/organizativo para reducir la exposición al ruido.	-	-	Sí	Sí
Reducción inmediata de la exposición al ruido y actuación para evitar nuevas sobreexposiciones.	-	-	-	Sí (informar a los delegados de la prevención)

Tabla 23: Valores y Acciones según RD 286/2006 sobre Ruido. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Tiempo	8h	4h	2h	1h	48min.	30min.	15min.
dB(A)	80	83	86	89	90	92	95

Tabla 24: Equivalencias Acústicas-Valores Límite.

Desde entonces se han venido pidiendo presupuestos y explorando ideas pero ninguna se ha concretado en acciones efectivas.

En 2007 y desde el punto de vista de la Dirección, la reducción del nivel de ruido se convierte en un objetivo prioritario a medio/largo plazo, de forma que se crea un equipo encargado de llevar a cabo el proceso de reducción de ruido en ESTAMPACIÓN S.L., determinando qué acciones se deben realizar, con que prioridad y por quien.

Se acuerda que dicho equipo tendrá la siguiente **composición**:

- El Comité de Seguridad y Salud, al completo.
- Un empleado del Dpto. de Ingeniería (autor de esta memoria).
- Un empleado del Dpto. de Producción.

Se comienza el proyecto en 2007 realizando un mapa espectral de ruido en planta (véase **ANEXO IX**), contratando para dicho servicio a la empresa *NEXGROUP Tecnología en Prevención S.L.* Ello permite conocer si el problema es general en la planta o por el contrario únicamente en algunas zonas.

La mayoría de los sonidos, contienen una multitud de frecuencias: componentes bajas, medias y altas. Por tal motivo los problemas acústicos son examinados a través de cierto intervalo de frecuencias audibles.

Mediante las mediciones de ruido en las bandas centrales de octava, se establecen los principales rangos de frecuencias en los que cada prensa emite ruido y es percibido por los trabajadores.

Los resultados presentados corresponden a las distintas prensas mecánicas existentes en ESTAMPACIÓN S.L. Cada prensa cumple con las características de una fuente semiesférica, su frente de onda diverge la energía en cuanto se propaga en el tiempo y en el espacio; debido a que la superficie no se mantiene constante se atenúa la amplitud de la presión y la intensidad sonora a medida que el oyente se aleja de la fuente.

Tras realizar una captura de audio y observar en un analizador espectral el comportamiento del ruido generado por cada máquina funcionando de manera independiente, se determina para cada prensa que su nivel de presión sonora, medido en bandas de octava, fluctúa a lo largo del tiempo de forma repetitiva según su cadencia de operación, por lo que el ruido se identifica como impulsivo constante.

Se concluye que el principal problema se debe únicamente a las prensas de estampación, pero debido a que dichas máquinas se encuentran repartidas por toda la planta, la contaminación de ruido es general en toda ella y afecta a la gran mayoría de trabajadores.

En esta situación se produce una circunstancia que hace más intensa la exposición: el hecho de realizarse en un recinto cerrado hace que las ondas sonoras reboten contra las paredes y causen reverberación y ecos, fenómenos ambos que producen una amplificación del nivel de ruido, además de aumentar la dosis, pues la energía acústica recibida por el trabajador aumenta para un tiempo constante.

Si se hace de nuevo un promedio de los niveles de ruido registrados por cada banda de octava, según su zona de medida y entre todas las prensas, se obtienen los siguientes datos:

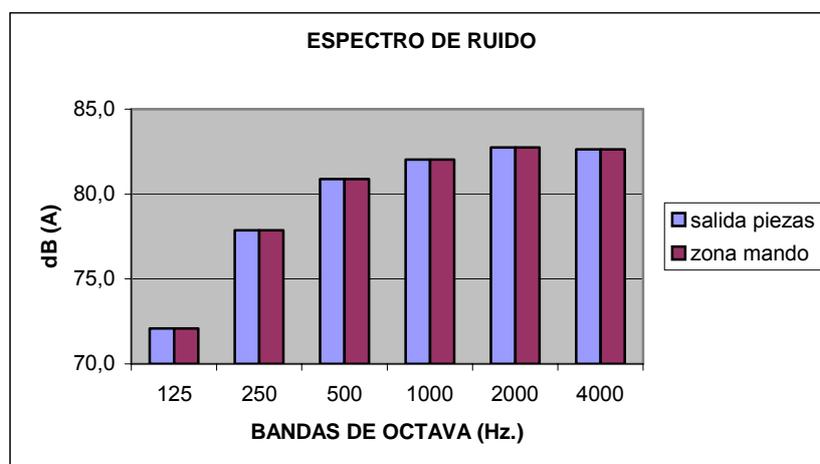


Fig. 36: Espectro de Ruido con niveles medios según Zona de Máquina 2007.

Este gráfico proporciona información muy útil sobre a qué frecuencias emiten las prensas de ESTAMPACIÓN S.L. Como se observa, los mayores niveles de ruido provocado en planta son emitidos a altas frecuencias, lo cual hace que la situación sea aún peor, ya que ruidos a altas frecuencias son más perjudiciales que a bajas frecuencias.

A pesar de que el nivel de ruido promedio de todas las máquinas no superan los 85 dB(A), mirando cada prensa en particular y realizando una media de los niveles registrados en bandas de octavas para cada prensa, se obtienen algunos datos que sí superan el umbral permitido, tal y como se muestra a continuación:

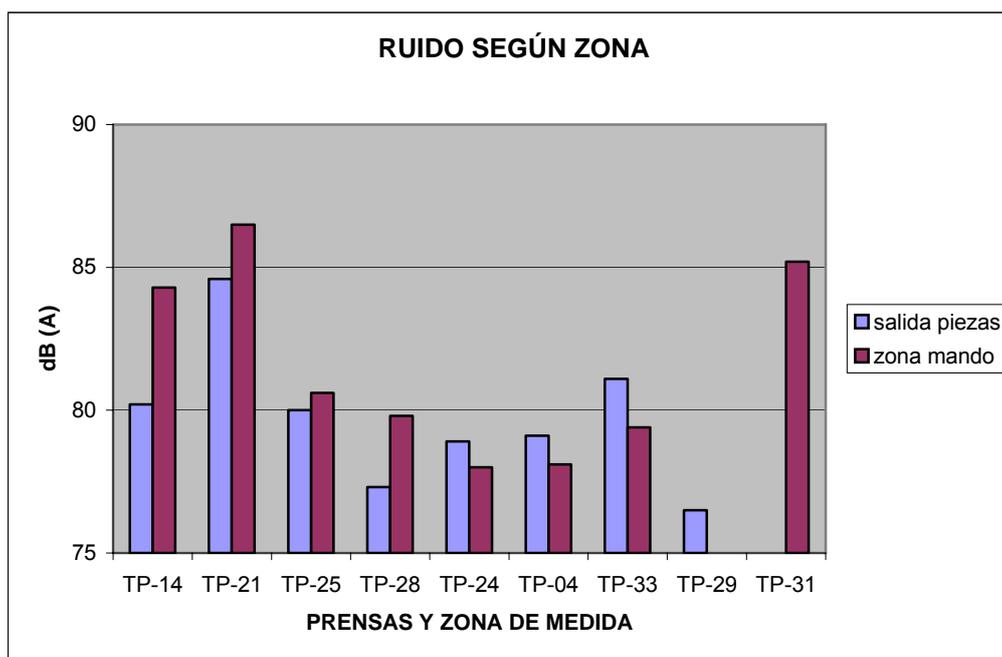


Fig. 37: Niveles Medios de Ruido por Prensa y Zona de Máquina 2007.

Mediante este gráfico se concluye que la zona con mayores niveles de ruido depende de cada prensa, ya sea por su geometría, dimensiones, pantallas de seguridad y posición del operario. El aumento de nivel de ruido en las zonas de salida de pieza, se debe primordialmente a la contribución de ruido a altas frecuencias. La gran cantidad de factores influyentes obliga a realizar un estudio individual de cada prensa, banda de octava, troquel, referencia, etc. Por tanto esos datos individuales están registrados en el estudio realizado por NEXGROUP (véase **ANEXO IX**) y se observa que a altas frecuencias y en determinadas prensas, se llegan a alcanzar valores de 90 e incluso 100 dB(A), lo cual es absolutamente inaceptable.

El proyecto tiene como objetivo la reducción del nivel de ruido soportado por los trabajadores:

- Primero: receptores y que están en un puesto no emisor de ruido
- Segundo: Que están en un puesto emisor de ruido.

4.3. FUENTES DE RUIDO.

Las principales fuentes de ruido en ESTAMPACIÓN S.L. son:

- Personas.
- Maquinaria y Equipos (fuente de ruido predominante).
- Fuentes externas.

Según su origen se pueden clasificar en:

1. Sonidos que se originan en el aire y que se transmiten (menor nivel y más duración)

- a) Por vía directa a través de aberturas: aberturas entre los montantes de prensa, escapes de aire comprimido.
- b) Por acción diafragmática de las divisiones: vibración de tabiques y paredes.

2. Sonidos originados por impacto directo (altísimos niveles de muy corta duración):

- golpes de troquel.
- Impacto de herramientas.

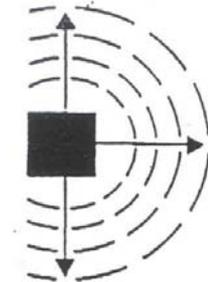
3. Sonidos originados por impacto de vibraciones mecánicas (menor duración pero mayor nivel)

- transmisión de vibraciones desde prensa a suelo.

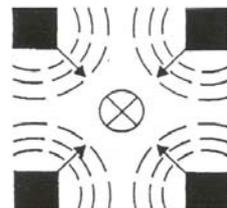
Dependiendo de los sonidos anteriormente descritos, los medios y actuaciones para su atenuación serán unos u otros.

Por otro lado, atendiendo a la forma de recepción de ruido, es posible diferenciar entre:

- Emisión sonora:
 - Depende de la máquina.
 - Relacionada con condiciones de funcionamiento específicas.
 - Independiente de la ubicación de la fuente.



- Inmisión sonora:
 - Depende del puesto de trabajo.
 - Relacionado con la actividad real.
 - Función del tiempo.
 - Suma de la contribución de todas las fuentes.



- Exposición sonora:
 - Depende de la persona.
 - Relacionado con la actividad real.
 - Función del tiempo de exposición.
 - Suma de la contribución de todas las fuentes.



Los sonidos indeseables son comúnmente causados por vibración y, cuando se busca controlar el ruido en su fuente, normalmente el problema se reduce a eliminar o modificar la vibración.

4.4. FACTORES INFLUYENTES.

Los principales factores que influyen sobre la frecuencia de emisión de ruido en prensas son:

- ❖ Material de la materia prima.
- ❖ Cadencia de la prensa.
- ❖ Espesor.

Debido a que la materia prima es, por regla general, similar en una misma prensa y la cadencia y espesor suelen variar poco de la fabricación de una pieza a otra, se puede asumir que las frecuencias en las que emite cada prensa son prácticamente constantes para todos sus troqueles y referencias.

Por otro lado, la potencia de presión acústica se ve afectada mayormente por:

- ❖ Diseño del troquel.
- ❖ Fuerza aplicada en el golpe de prensa.
- ❖ Espesor.

En este caso, por el contrario, los niveles de presión varían de forma muy acusada, ya que los troqueles utilizados tienen diseños muy diferentes en función de la referencia a fabricar. Es decir, troqueles con mayor superficie de impacto y planicidad, emitirán mayores niveles de ruido.

Ello explica la diferencia de datos obtenidos en el estudio espectral de ruido de 2007 (véase **ANEXO IX**) y en las mediciones de ruido registradas desde 2003 a 2007.

Para el caso particular de la TP-28, según el espectro de ruido el máximo nivel de presión acústica registrado fue de 84.5 dB(A) en la zona del control de mandos.

Sin embargo, según las mediciones de ruido llevadas a cabo por el personal de PRL de ESTAMPACIÓN S.L., en 2007 la TP-28 llegó a emitir un nivel de presión de 96.3 dB(A), dato realmente alarmante por su nocividad, no solo debido al alto nivel sino también al largo período de exposición por parte de los operarios.

La altura de la fuente sonora, respecto al terreno, generalmente es una de las condiciones más importantes a tener en cuenta. A mayor altura de la fuente emisora, mayor área será contaminada. Para el caso de ESTAMPACIÓN S.L., las principales fuentes están a una altura de entre 0.5 y 1.5 metros sobre el nivel del suelo, lo cual sumado a la proliferación de obstáculos en la planta, hace que dicha altura no tenga demasiada influencia sobre la contaminación global de la planta.

Sin embargo, ello ejerce un gran efecto sobre los operarios directamente expuestos a la fuente, ya que reciben el ruido exactamente a la altura del sistema auditivo.

Para la implementación del control de ruido en la planta, se requiere conocer el comportamiento de diversos productos, materiales y sistemas acústicos que ayudarán en el proceso de diseño.

Tres son las propiedades de los materiales de aislamiento que se deben tomar en cuenta principalmente en función de la aplicación que se les de:

- 1) Atenuación.
- 2) Absorción.
- 3) Reflexión.

Dado que el comportamiento de muchos materiales acústicos (aislantes y absorbentes) depende de la frecuencia, para conocer el efecto de tales materiales sobre un ruido dado es preciso conocer cuáles son las frecuencias que contiene y el nivel de cada una de ellas. También los efectos del ruido sobre el ser humano dependen de la frecuencia, tanto el riesgo auditivo como la sensación de molestia.

Por consiguiente, antes de decidir la utilización de un material absorbente en particular, deberán conocerse en detalle los valores del coeficiente de absorción, en función de la frecuencia, del material elegido. Puesto que el comportamiento "in situ" de una instalación difiere ligeramente de los cálculos teóricos que se efectúan en un estudio analítico, no es suficiente conocer los materiales empleados sino que además es imprescindible conocer su modo de actuación en situación real.

No debe tampoco olvidarse el hecho que algunos absorbentes son altamente combustibles, por lo que su utilización puede estar desaconsejada en ciertas zonas fabriles.

La función de los materiales aislantes acústicos es reflejar la mayor parte de la energía que reciben.

Deben ser materiales pesados, flexibles y continuos para obtener el máximo rendimiento de su peso.

Se utilizan para atenuar el paso del ruido entre ambientes distintos en suelos, paredes y techos.

Los materiales aislantes, por poseer una elevada "masa superficial" (que se expresa en kg/m^2), tienen la capacidad de oponerse al pasaje de la onda sonora. El "aislamiento" que dichos materiales ofrecen se expresa en decibelios y generalmente se acostumbra a graficarlo en función de la frecuencia.

Los materiales aislantes poseen un mayor aislamiento en frecuencias altas que en frecuencias bajas, existiendo generalmente algunas frecuencias de resonancia, en las que se producen caídas importantes de dicho aislamiento. De todas formas, un panel con una masa superficial del orden de 10 kg/m^2 produce un aislamiento, en frecuencias medias, de unos 26 a 28 dB.

A continuación se muestran una serie de gráficas representativas de la influencia que ejercen los materiales sobre el aislamiento y acondicionamiento acústico (**Fuente:** "Los Ruidos de Origen Industrial y los Problemas de Higiene y Contaminación", Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires).

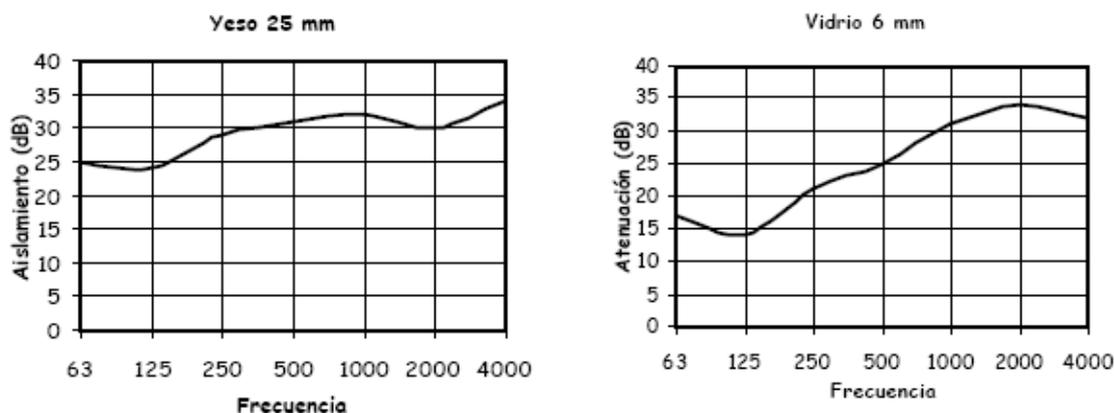


Fig. 38: Aislamiento del Yeso y Atenuación del Vidrio en función de la Frecuencia.

Los materiales absorbentes, por el contrario, basándose en el hecho de que presentan una superficie porosa o fibrosa a la onda sonora, son capaces de degradar parte de la energía incidente sobre el material, impidiendo así que dicha energía se refleje sobre su superficie y contribuya a generar un aumento de los niveles sonoros en las cercanías.

En ellos, el aire en movimiento que atraviesa los poros experimenta fricciones que le hacen disipar calor.

Existen varias clases de materiales absorbentes, basados en principios de funcionamiento diferentes: los paneles fibrosos o porosos, las membranas y los resonadores. Estos materiales absorbentes poseen características muy variables en función de la frecuencia de los sonidos que sobre ellos inciden.

Es importante destacar que con un tratamiento absorbente es, en general, muy difícil lograr reducciones superiores a 5 ó 6 dB; mientras que con un aislamiento acústico pueden lograrse disminuciones de hasta 40 dB, para cierto rango de frecuencias.

Son ejemplos típicos de materiales absorbentes de uso industrial los paneles de lana de vidrio, de distintas densidades y las placas de espumas de poliéter o de poliéster. Como se muestra en la Fig. 39, estos materiales poseen un coeficiente de absorción que, partiendo de valores muy bajos para frecuencias graves, alcanzan absorciones aceptables a partir de frecuencias del orden de 500 Hz.

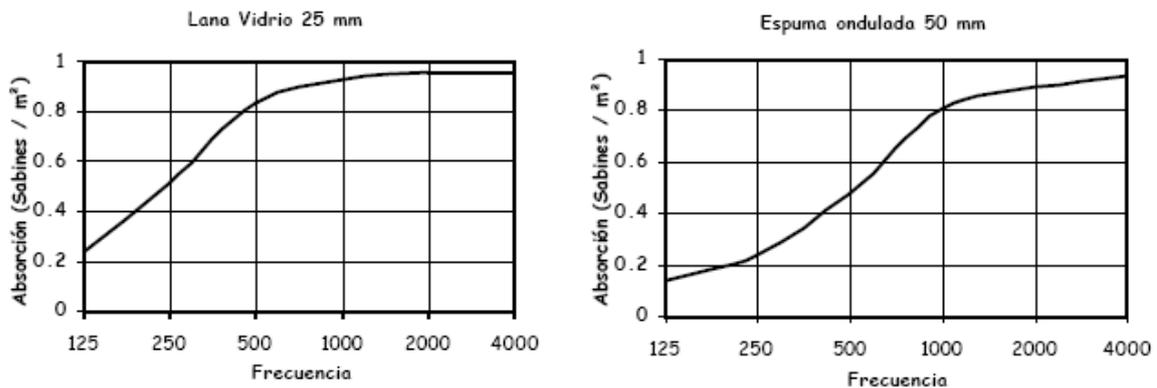


Fig. 39: Absorción de la Lana de Vidrio y Espuma de Poliéster.

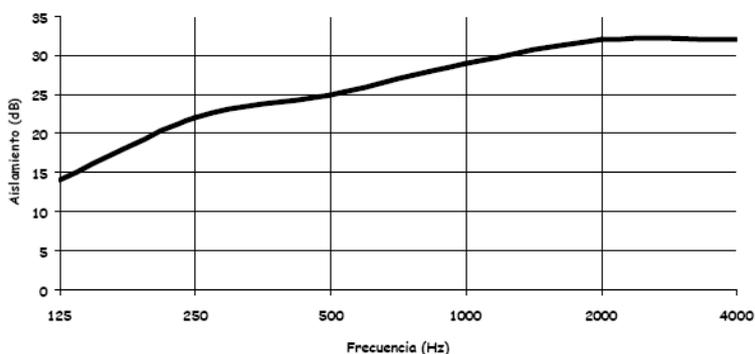


Fig. 40: Aislamiento Lámina de Polivinilo de espesor 3mm.

Actualmente existen materiales aislantes más efectivos y con gran capacidad de aislamiento, cuya utilización en pantallas acústicas permiten un alto grado de efectividad con bajo espesor.

En el mercado se venden también materiales compuestos por una hoja de la lámina aislante y una capa de espuma de poliéster, que permiten implementar distintos tipos de soluciones. Por ejemplo, mejorar el aislamiento de una placa metálica o de un tabique rígido, por el simple agregado del mencionado material.

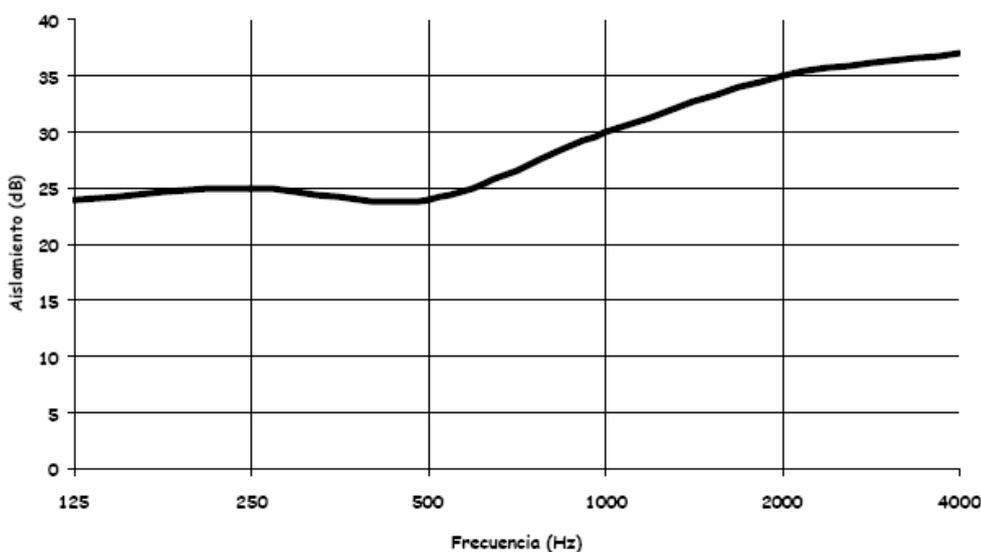


Fig. 41: Aislamiento de [chapa 1mm + goma 3mm + espuma 6mm].

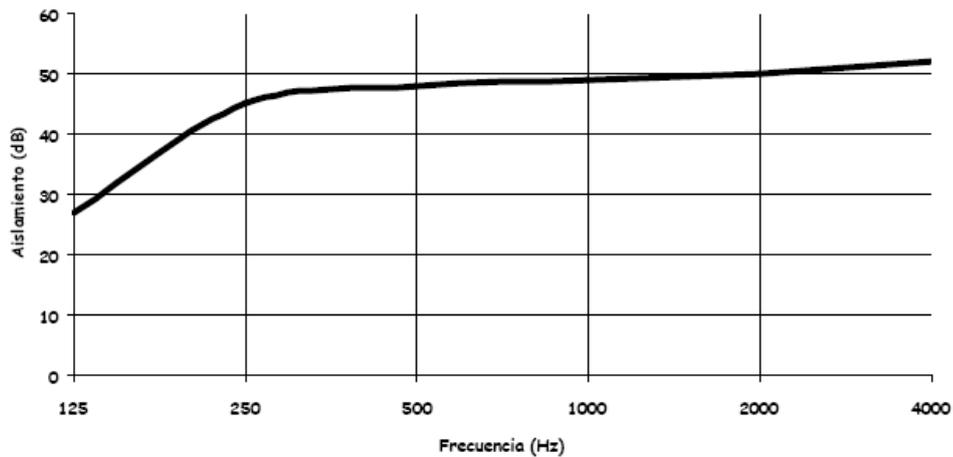


Fig. 42: Aislamiento de Placas de Yeso + Goma.

4.5. MEDIDAS DE CONTROL.

4.5.1. Tipos.

Algunos materiales comunes se usan como aislantes de vibración: el hule, el corcho, algunos tipos de resortes de acero o almohadillas de fibra de vidrio.



Fig. 43: Resortes Aislantes de Vibraciones.
(Fuente: Acústica Integral S.A.)



Fig. 44: Almohadillas Aislantes de Ruidos y Vibraciones.
(Fuente: Acústica Integral S.A.)

Para la aplicación de técnicas de control del ruido es necesario:

1. Definir el problema y determinar la reducción necesaria.

Se trata de un proceso no muy difícil siempre y cuando las fuentes de ruido estén correctamente identificadas y se disponga de un equipo de medición adecuado.

2. Diseñar la solución adecuada.

Una vez identificado el problema, comienza la parte más difícil y costosa del proceso, ya que para ello se requieren buenos conocimientos de acústica, y un claro entendimiento sobre la raíz del problema.

Si la reducción de ruido deseada no es demasiado importante bastará con realizar algunas acciones rudas para la consecución del objetivo.

Sin embargo, si se desea una reducción de los niveles de ruido importante y efectiva, es necesario un gran conocimiento sobre los materiales y métodos a utilizar, ya que tanto la características del material como su colocación son factores clave en la obtención de unos resultados satisfactorios.

Sin embargo, una buena elección de la solución no alcanza con utilizar materiales o estructuras muy aislantes. Pequeños detalles como pequeños intersticios, rajaduras o juntas sin sellar pueden deteriorar considerablemente el aislamiento efectivo.

Para lograr tal cometido, deben considerarse:

- La magnitud, naturaleza y forma de distribución del ruido en la planta y sus alrededores.
- Los niveles aceptables de ruido para el tipo de recinto y actividad.
- La propagación y en especial la atenuación del ruido en el ambiente, en ductos y aberturas y a través o alrededor de obstáculos, ambiente, etc.
- La reducción del ruido y la supresión de vibración por varios tipos de divisiones y conectores flexibles.
- La reducción del ruido mecánico en la fuente por una adecuada selección de equipo.
- La reducción de ruido por el uso apropiado de tratamientos de absorción sonora.

Tres medidas de control son las que se deben tomar en cuenta en todo proyecto de control de ruido de una industria:

- Un aislamiento efectivo de las vibraciones transmitidas por vía estructural o aérea.
- Una envolvente del recinto que asegure altas pérdidas de transmisión sonora.
- Un recinto adecuado con materiales para la absorción acústica.

Siempre que se hace un planteamiento de medidas correctoras para el control del ruido en la industria se deben de tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1) El control de ruido es un problema del conjunto máquina, medio y trabajador.
- 2) El objetivo del control es conseguir un ambiente con un nivel de ruido aceptable a un costo también aceptable.
- 3) El éxito de un control, se mide en función del resultado final, es decir, de la reducción del ruido conseguida.
- 4) El conjunto tiene muchos componentes, que pueden ser generadores de ruido.
- 5) El control de ruido puede efectuarse en cualquier punto del conjunto.
- 6) Un control representa, normalmente, un compromiso entre éxito y costo.

El diseño acústico debe siempre ser compatible con otros aspectos (seguridad, accesibilidad, calidad).

La reducción del ruido se debe llevar a cabo siguiendo la siguiente secuencia de medidas a tomar, ordenadas de mayor a menor eficacia y de un aspecto colectivo a uno individual:

1. ELIMINACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO.

Para el caso particular de ESTAMPACIÓN S.L., esta medida es imposible de llevar a cabo, ya que las principales fuentes de ruido son las prensas de estampación, cuya eliminación supondría la desaparición de la principal actividad desarrollada por la compañía.

2. CONTROL DEL FOCO DE RUIDO EN ORIGEN.

Las medidas sobre el foco, basadas en el diseño de los equipos, están encuadradas dentro de las exigencias establecidas por el Real Decreto 1215/97 sobre equipos de trabajo.

En equipos ya instalados, las medidas tendentes a reducir el ruido son generalmente empíricas y no existen métodos de cálculo teóricos que permitan de antemano establecer los resultados que se obtendrán de la medida establecida.

Estos métodos consisten, generalmente, en la modificación de los procesos productivos; en la sustitución de equipos y herramientas neumáticas por herramientas eléctricas; en la eliminación del rozamiento en máquinas en movimiento, en acabado de superficies y en engrase; en el equilibrado de máquinas y alineamiento; en la colocación de silenciadores en los escapes de aire, y otras turbulencias en los movimientos de fluidos; en evitar la transmisión de vibraciones entre componentes colocando uniones elásticas, incorporando materiales amortiguadores entre superficies que chocan e insertando antivibratorios.

A su vez, un buen mantenimiento es parte esencial del control de ruido en los equipos de trabajo.

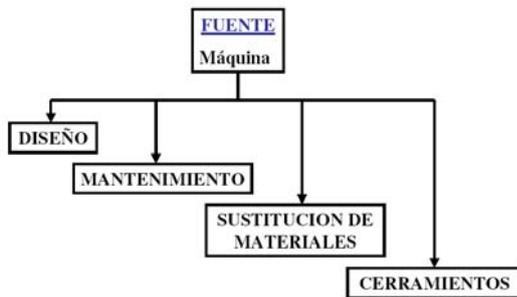


Fig. 45: Acciones de Control sobre la Fuente de Ruido.

(Fuente: “Panel de Expertos sobre Ruido 26/10/2005”, www.fundacionsanprudencio.com)

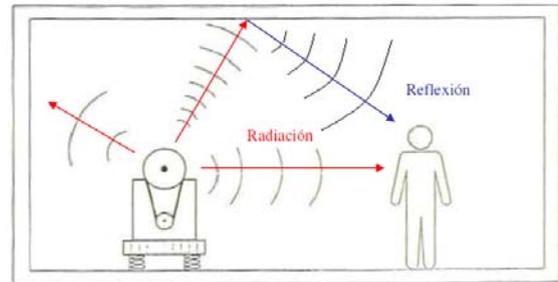


Fig. 46: Utilización de Elementos Antivibratorios.

3. MEDIDAS EN EL ENTORNO.

Las actuaciones sobre el medio consisten básicamente, en la interposición de materiales en la trayectoria de las ondas para frenar su camino.

El método más conocido es el enclaustramiento o encerramiento en una cabina del equipo ruidoso.

Este método resulta muy eficaz y sencillo. Su fácil realización hace que sean de amplia utilización en la industria, sin embargo, resulta inviable en los puestos de trabajo que requieren alto contenido manual o una interacción directa y continuada entre el trabajador y el equipo.

Otro aspecto a tener en cuenta es que en ocasiones los equipos requieren ventilación, por lo que esto obliga a practicar aberturas en los cerramientos, y provoca una pérdida de su eficacia.

Cuando no resulta factible el encerramiento del foco ruidoso, se puede recurrir a un cerramiento parcial del mismo mediante la interposición de una barrera acústica entre el foco y el trabajador, si bien esta segunda solución no resulta tan eficaz como la primera, según se deduce de lo indicado en el punto anterior, puede permitir en ciertos casos una mejora de las condiciones del puesto de trabajo. Es la aplicación que se desea llevar a cabo en ESTAMPACIÓN S.L., para el caso particular de las prensas.

Finalmente, sobre el medio se puede actuar mediante el acondicionamiento acústico del local, colocando material absorbente en las paredes que eliminen las ondas reflejadas que contribuyen a aumentar el ruido soportado por el trabajador.

El acondicionamiento acústico es de eficacia limitada en el campo industrial, ya que sólo reduce el ruido reflejado pero no actúa sobre el ruido directo que desde el foco llega al trabajador.



Fig. 47: Acciones de Control sobre el medio.

(Fuente: “Panel de Expertos sobre Ruido 26/10/2005” www.fundacionsanprudencio.com)

4. MEDIDAS INDIVIDUALES EN TRABAJADORES.

Sobre el trabajador se actúa en la prevención de riesgos de diversas formas, la primera es la vigilancia de la salud del trabajador siempre que exista un riesgo para el mismo, como con la realización de audiometrías.

Una actuación exigible sobre trabajadores expuestos a ruidos, es la obligatoriedad de informarle y formarle sobre el riesgo considerado.

Finalmente, en la industria se dispone para proteger al trabajador, de equipos de protección individual, que según indica el Real Decreto 1316/89, han de utilizarse cuando todos los métodos citados anteriormente y estudiados previamente por el empresario, han resultado ineficaces o inviables.

Otras posibles medidas a tomar serían:

- Hacer rotaciones en el lugar de trabajo.
- Evitar que trabaje en la estancia donde esté el foco de ruido.
- Hacer reducciones de la jornada laboral.

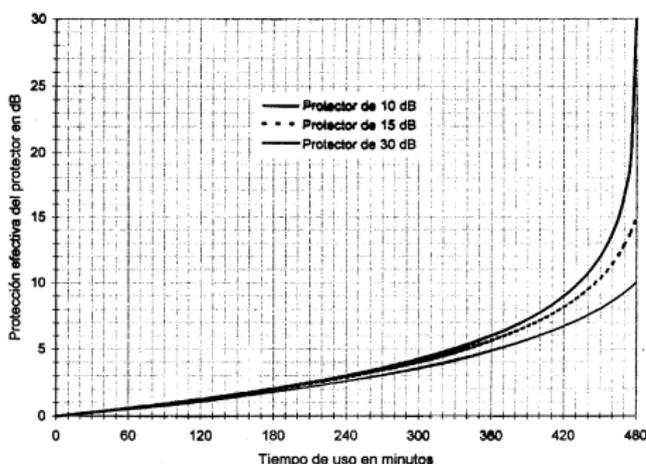


Fig. 48: Efectividad de Protectores Auditivos en función del tiempo de uso.

(Fuente: “Los Ruidos de Origen Industrial y los Problemas de Higiene y Contaminación”, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires).

En la Fig. 48 se observa cómo la atenuación efectiva del protector sólo alcanza valores importantes para tiempos de utilización cercanos al 100% de la jornada (8 horas en este caso).



Fig. 49: Acciones de Control sobre el Receptor.

(Fuente: “Panel de Expertos sobre Ruido 26/10/2005” www.fundacionsanprudencio.com)

A continuación se presentan las principales soluciones contra el ruido utilizadas en el ámbito industrial:

1. Pantallas acústicas.
2. Cerramiento total de la máquina.
3. Aislamiento total del puesto de trabajo.
5. Acondicionamiento de Paredes.
- 6a. Elementos antivibratorios en máquina.
- 6b. Acondicionamiento de Techos.

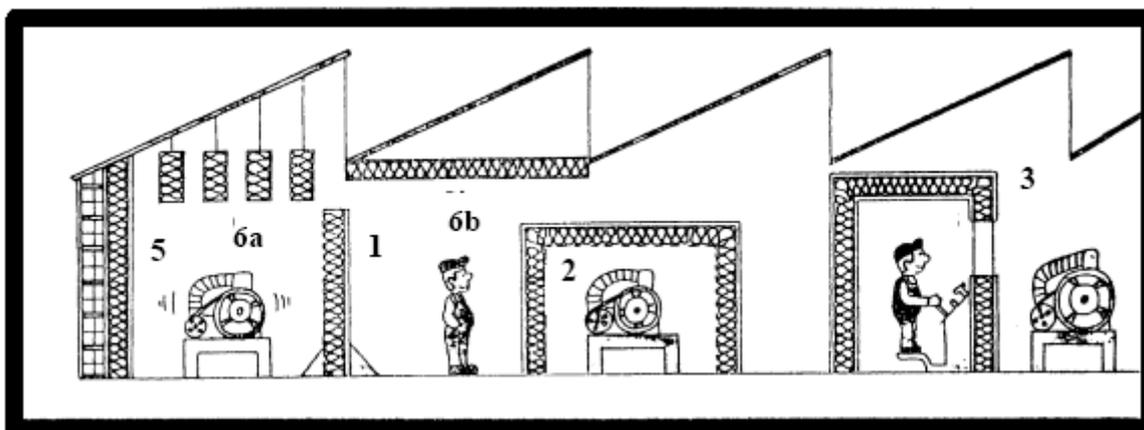


Fig. 50: Principales Soluciones contra el Ruido Industrial.

(Fuente: “Los Ruidos de Origen Industrial y los Problemas de Higiene y Contaminación”, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires).

4.5.2. Elementos y Sistemas.

- **Aislamientos acústicos:**

1. **Barreras o pantallas.**

El uso de pantallas es una alternativa para aquellos casos en los que no sea posible aislar total o parcialmente la fuente sonora. Entonces, se recurre a las pantallas como barreras que interceptan el camino de propagación de la onda sonora directa entre los equipos ruidosos y los operarios, produciendo atenuación por difracción.

Las pantallas pueden ser fijas o móviles, y se construyen con materiales que presentan un adecuado aislamiento sonoro, tales como chapas metálicas, vidrio o metacrilatos. En algunos casos, se colocan materiales absorbentes en alguna de sus caras, de modo que se combinan las propiedades aislantes del material de elevada masa superficial con las propiedades absorbentes del material poroso, que es el que evita la reflexión de las ondas.

El efecto de una pantalla es poco significativo para las frecuencias cuya longitud de onda supere el ancho o la altura de la pantalla. Por tal razón, se precisa de un estudio en frecuencias antes de decidir construir un artefacto de este tipo (pese a no ser difícil su fabricación, de no considerarse lo anterior, la mitigación podría resultar despreciable).

Las pantallas se emplean con preferencia en la proximidad de máquinas pequeñas cuya emisión acústica sea elevada. También, para separar en un local las áreas ruidosas del resto.



Fig. 51: Ejemplo de Pantalla Acústica en Zona de Producción.
(Fuente: Acústica Integral S.A.)

La colocación de una barrera acústica debe complementarse con la utilización de materiales absorbentes, en las inmediaciones de la fuente sonora. Las superficies a recubrir deben ser cuidadosamente seleccionadas y por lo general, el absorbente elegido se coloca recubriendo parte del techo y de las paredes del local a tratar. Se aconseja también, que la cara de la barrera que enfrenta a la fuente ruidosa, sea tratada con materiales absorbentes, a fin de eliminar las ondas sonoras que, reflejándose en la barrera, se seguirían propagando en el ambiente.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la energía transmitida a través de la pantalla sea despreciable frente a la que puede pasar por difracción; de otro modo, la atenuación total se vería disminuida.

Puesto que la atenuación que brinda la barrera depende principalmente de la longitud de onda del sonido a atenuar λ (y por lo tanto, de la frecuencia) y de la diferencia de camino recorrido entre la onda directa y la difractada que llegue a la zona a proteger (ver Fig. 52), la barrera deberá ser colocada lo más cercana posible a la fuente.

En resumen, los parámetros fundamentales a tener en cuenta en el diseño de una pantalla son sus propiedades acústicas (absorción y aislamiento adecuados), sus dimensiones y su ubicación respecto a la fuente y al receptor.

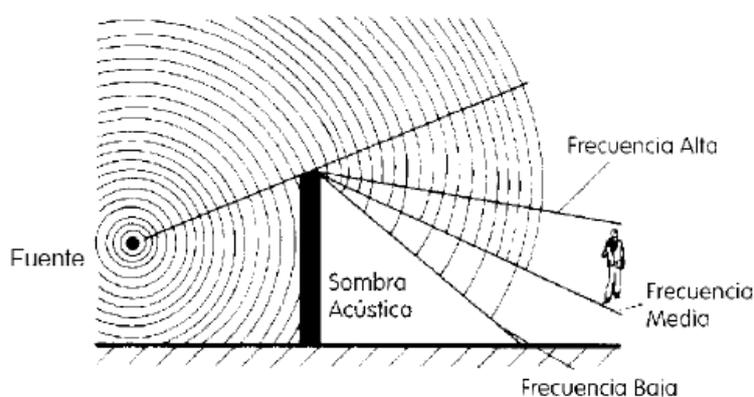


Fig. 52: Influencia de la Ubicación y Dimensiones de una Barrera Acústica.
(Fuente: “Los Ruidos de Origen Industrial y los Problemas de Higiene y Contaminación”,
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires).

Si la pantalla es “corta” su efectividad se ve disminuida al llegar sonido hasta el receptor por los extremos, y a medida que se la acerca a la fuente, aumenta su zona de sombra (altura equivalente).

Teniendo especial cuidado con los ángulos de exposición, se debe asegurar que la contribución directa por los laterales sea, al menos, 10 dB menor que el nivel que llega por difracción por el borde superior.

Normalmente, pueden obtenerse reducciones del nivel sonoro, ponderado A, de hasta 10 dBA.

2. Confinamiento de la fuente sonora.

Otra solución en la trayectoria del sonido es la de *encapsular* o *encerrar totalmente* la fuente ruidosa. Esto es aplicable al caso de máquinas que ya están instaladas.

Con la construcción de estas estructuras, la energía sonora se mantiene dentro del encierro, por reflexión en sus paredes. Al mismo tiempo, revistiéndolo internamente con materiales absorbentes, se evita que esas ondas reflejadas aumenten el nivel total de ruido dentro de la cabina.



Fig. 53: Ejemplo de Cerramiento Acústico de Máquina. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Para lograr resultados satisfactorios, deben utilizarse materiales de elevada masa superficial (suficiente aislamiento sonoro), tales como: acero, hormigón o madera. Los que, a su vez, deberán tener una capa interna absorbente de lana de roca, de lana de vidrio o de tipo celulósico.

En aquellos casos en que se construyan encierros en los que la distancia entre las superficies internas del encapsulamiento y la fuente sea pequeña, resulta necesario incrementar la rigidez mecánica de las paredes mediante algún tratamiento antivibratorio.

Los cerramientos acústicos o cabinas acústicas de interior se pueden completar con puertas acústicas insonorizadas para acceso a tareas de mantenimiento y control.

3. Cabinas acústicas para el personal.

Cuando por razones técnicas de funcionamiento no es posible encerrar la fuente ruidosa, se puede recurrir a la construcción de cabinas para el personal. Aspectos a tener en cuenta son las aberturas. Todos los componentes mencionados deben brindar un grado de atenuación acústica del mismo orden que el resto de los cerramientos de la cabina.



Fig. 54: Ejemplo de Cabina Audiométrica. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Finalmente, para que el resultado del tratamiento sea óptimo, además de una selección adecuada de los componentes de la cabina, debe asegurarse un buen montaje de la misma.

4. Aumento del aislamiento de paredes existentes.

Cuando en un mismo ambiente se requiera separar entre sí máquinas que producen diferentes niveles de ruido, o cuando haya procesos ruidosos en recintos adyacentes a aquellos en los que se desarrollen otras tareas, se puede recurrir a la implementación de tabiques o particiones con adecuado aislamiento sonoro, o reforzar el aislamiento de paredes ya existentes.

Esta técnica también es aplicable cuando se trata de reducir la transmisión de ruidos de las fábricas, que impliquen molestias a terceros.

• **Tratamientos con absorbentes:**

Si el ruido emitido es reflejado por superficies poco absorbentes, un método determinante para el control del nivel de sonido dentro de un recinto, es a través de materiales absorbentes. Generalmente, las frecuencias más altas se absorben más fácilmente que las frecuencias bajas, debido a la longitud de onda menor de las primeras.

El tratamiento con materiales absorbentes permitiría obtener reducciones de hasta 6 ó 7 dB.

Tal como se ha mencionado anteriormente, este tipo de materiales puede ser colocado como revestimiento de paredes, de cielorrasos o como paneles suspendidos (también llamados *baffles*).

La instalación de materiales acústicos en un recinto, tiene los siguientes beneficios:

- Reduce el tiempo de reverberación.
- Reduce el nivel total de ruido.
- Tiende a localizar el ruido hacia la región de su origen.

1. Revestimiento de paredes.

Cuando un trabajador se encuentra en las cercanías de una máquina ruidosa, además de recibir las ondas sonoras provenientes directamente de la fuente de ruido, también se ve afectado por las que se reflejan en las paredes, en el techo y en el piso del recinto. Al revestir estas superficies con materiales absorbentes del sonido, lo que se logra es una disminución de las ondas reflejadas en ellas, impidiendo que contribuyan a aumentar el nivel sonoro resultante.

2. Techos con paneles suspendidos o colocación de cielorrasos fonoabsorbentes.

Se trata de materiales decorativos y funcionales con elevadas prestaciones de absorción. Reducen las reflexiones del sonido (ecos) y mejoran los tiempos de reverberación del local, consiguiendo adaptar la acústica de la sala según las necesidades.

Su instalación produce una mejora notable de la inteligibilidad de la palabra en todo tipo de locales, consiguiendo una agradable sensación de confort auditivo.



Fig. 55: Ejemplo de Acondicionamiento de Techo. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

• Silenciadores acústicos.

Los ruidos producidos por los escapes de aire comprimido son las fuentes sonoras más extendidas y molestas debido a: su alto nivel sonoro (90-100dBA a 1m. e incluso 110dB de pico), su carácter impulsivo y su riqueza en altas frecuencias.

Los silenciadores acústicos son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas. Su misión es la de reducir al máximo el ruido transmitido del aire que pasa a través de ellos.

Un silenciador acústico debe escogerse utilizando los siguientes criterios de selección:

- La atenuación acústica debe ser la mayor posible, no solo a nivel global, sino también espectralmente.
- Dependiendo de la velocidad del gas, se exigirán unas condiciones aerodinámicas especiales.
- Los materiales que componen el silenciador acústico vendrán determinados por la temperatura y la presión del gas. La durabilidad del conjunto dependerá de la calidad del material seleccionado.
- La geometría y dimensiones del silenciador vendrán determinados en cada caso por el espacio disponible, el caudal y la pérdida de carga. Hay situaciones en que el volumen está muy limitado, por ejemplo en el caso de los escapes de aire comprimido.

4.6. PROPUESTAS EN ESTAMPACIÓN S.L.

En periódicas reuniones del equipo de ruido y del equipo de Dirección, se establecieron diversas propuestas de mejora en lo que a ruido se refiere, realizando una programación orientativa de las acciones a tomar. Entre las propuestas presentadas se consideraron las siguientes:

Importante: para poder apreciar de forma visual las siguientes propuestas, se aconseja consultar los planos generales de planta con los planes de eliminación de ruido en el **ANEXO X**, donde poder identificar las zonas afectadas.

- **Reubicación de las prensas TP-14 y TP-21.**

Debido a la proximidad de dichas prensas al edificio de oficinas, se plantea su reubicación en el espacio que ocupa la célula ISOFIX (máquina RS-02). Con ello se alejarían de la zona de oficinas dos fuentes importantes de ruido. Como consecuencia de esta reubicación, sería necesario eliminar un pasillo peatonal por falta de espacio.

A su vez, se estudia la posibilidad de poner las dos máquinas en paralelo de forma que si trabajasen ambas en automático pudiera manejarlas un solo operario; y colocando las devanadoras los más próximas a la calefacción C3 para que las máquinas no queden tan pegadas a la columna del pasillo junto a la TP-29. Debido a la poca carga de trabajo que poseen estas prensas, cabría la posibilidad de dejar una de ellas (la TP-14) para trabajos en manual, y la otra para trabajos en automático.

Tras varias reuniones se toma la propuesta final de trasladar la TP-21 a donde se encuentra el ISOFIX, y la TP-14 al lado de la TP-06, donde se dispone de un espacio más que suficiente para trabajo en manual.

En última instancia y debido a la poca carga de trabajo que recibe la TP-21, se decide finalmente prescindir de ella y venderla. Por tanto, las piezas que se están produciendo en dichas máquinas deben ser reubicadas en otras máquinas (TP-24 y TP-30 por tener características similares) o sacar su producción al exterior de ESTAMPACIÓN S.L. Como medida preventiva se decide realizar un stock de seguridad de dichas piezas.

Para llevar a cabo los traslados de las prensas, se pide presupuesto a la empresa responsable de ello, de forma que se pueda ir realizando una estimación económica del coste del proyecto.

- **Agrupar toda la sección de soldadura en la nave antigua.**

Consiste en agrupar todas las máquinas de soldadura en la zona donde actualmente se encuentra matricería, previa comprobación de la disponibilidad de suficiente fuerza en el cuadro eléctrico (principalmente para el ISOFIX). Para ello se debería hacer un estudio de coste pidiendo presupuesto para aumentar la fuerza del cuadro eléctrico.

Además de disponer de un mejor control de todos los procesos de soldadura, las máquinas de soldadura emiten menor nivel de ruido que las prensas, por lo que afectaría en mucha menor medida a los trabajadores de oficinas. Tras un estudio de layout se comprueba que se dispone de suficiente espacio para todas las máquinas de soldadura en dicho área.

La manera en las cuales estas medidas son necesarias depende de un gran número de factores. Si los equipos que se seleccionan para un edificio son silenciosos y se colocan de manera que no interfieran con aquellas áreas que requieren silencio, una menor cantidad de procedimientos de control de ruido serán necesarios.

No es siempre posible, por supuesto, controlar las fuentes de ruido en un edificio, ya que muchas veces los mismos ocupantes son las fuentes.

- Traslado de la zona de matricería.

Debido a la reagrupación de la sección de soldadura, la zona de matricería se ve obligada a ser cambiada de ubicación, colocándose en el espacio cedido por las prensas TP-14 y TP-21. De esta forma, los operarios de matricería están expuestos principalmente a ruidos procedentes de las máquinas de soldadura, las cuales emiten niveles inferiores a los emitidos por las prensas.

A pesar de que encargado de matricería se opone a dicha medida alegando que se requiere luz natural para los puestos de ajustes, el equipo de ruido lo considera injustificado y decide mantener la propuesta de traslado.

- Cambio de las oficinas de producción.

Actualmente las oficinas de producción se encuentran inmersas en la planta y muy cerca de una importante fuente de ruido como es la prensa TP-29 de gran tonelaje y carga de trabajo. Por ello, se propone mudar dichas oficinas al edificio del comedor y viceversa.

De esta forma las oficinas quedarían en una zona más alta que la planta y más alejadas de la zona de prensas, reduciendo la exposición de los trabajadores que se encuentran en esas oficinas (alrededor de 7 personas).

El nuevo comedor no sufriría perjuicio acústico ya que su utilización se realiza en los descansos estipulados por ESTAMPACIÓN S.L., en los cuales todas las máquinas deben estar paradas.

- Construcción de tabique de separación.

La propuesta consiste en construir un tabique acondicionado desde la puerta de la zona de compresores hasta la pared opuesta, de forma que queden separadas la zona de prensas de la zona de soldadura, oficinas y matricería, así como para que actúe a modo de pantalla acústica.

Además de una distribución más funcional y flexible de la planta, permite aislar y reducir la exposición de la mayoría de los trabajadores de ESTAMPACIÓN S.L. (alrededor de 40 personas). Se decide pedir un presupuesto de dicha obra para estimar los costes de la misma.

- **Mover la zona de productos terminados.**

Actualmente la planta dispone de una zona donde se almacenan los productos terminados que posteriormente pasan a una zona de embalaje, preparación y expedición, donde se produce el embarque a clientes.

Se propone mover la zona de productos terminados a donde se encuentra la zona de embalaje y viceversa. Después se procede a tabicar toda la zona desde la sala de compresores hasta la zona donde quedarían los productos terminados.

Esta propuesta responde a las peticiones de los empleados de embalaje, los cuales están expuestos, de forma bastante directa, al ruido procedente de las prensas.

Así mismo, se proponen diversos traslados de prensas dentro de la propia zona de prensas, de tal forma que queden lo más concentradas posibles al final de la nave, es decir, lo más alejadas posibles de oficinas y zonas con alta presencia de personal.

Con los tabiques realizados, quedarían también aisladas las zonas destinadas a embalaje. Con todo ello se persigue aislar por completo mediante paredes la zona de prensas, causante de los mayores niveles de ruido en la planta.

- **Cerramiento acústico de prensas.**

Debido a que la zona de prensas va a quedar concentrada y aislada del resto de la planta, dicha zona será un área de gran contaminación acústica, en la que se encontrarán expuestos diversos operarios y jefes de prensas. Con objeto de minimizar dicho efecto nocivo y cumplir con el RD 286/2006, se propone como medida la implantación de cerramientos acústicos en las prensas que se irán instalando de forma progresiva, comenzando por aquellas prensas que mayor contaminación acústica produzcan (TP-28 y TP-30).

Estos cerramientos requieren un estudio profundo de los posibles huecos por donde sacar la chatarra y las piezas una vez instalado el cerramiento, así como una colaboración por parte de la empresa responsable del cerramiento. Tras ello se acuerda que para la TP-28 la salida de chatarra se realizará exclusivamente por la cinta subterránea de chatarra, mientras que la salida de piezas será siempre por el lateral de prensa (salvo casos muy excepcionales en los que se realizará frontalmente).

Finalmente el equipo de ruido acuerda los pasos en orden a seguir son los siguientes:

- Quitar línea de TP-21 (devanadora, alimentador, etc.).
- Situar en el espacio que deja la línea de TP-21, las máquinas de matricería (torno, electroerosión, etc.).
- Instalación de aire, electricidad, salida de humos y agua, donde va a ser colocada la máquina RS-02 (isofix).
- Cambiar máquina RS-02 (isofix).

- Trasladar el resto de máquinas de soldadura.
- Cambiar TP21 y TP-14.
- Traslado de oficinas de producción.
- Mover la zona de productos terminados.
- Tabicar zona para aislar ruidos de prensas.
- Cerramiento de prensas.

4.7. PLAN DE RUIDOS 2008-2013.

De todas las medidas de mejora que se proponen por parte del equipo de ruido, solo algunas han sido tenidas en cuenta. Sin embargo, para la gran mayoría de ellas se ha realizado una planificación temporal así como una estimación económica con objeto de tener un seguimiento y control adecuado del proyecto, indicando su cumplimiento o no en fecha planificada.

A continuación se exponen tres propuestas de planificación, junto con el estudio de costes, realizadas por el equipo de ruido para la consecución de las mejoras y cambios anteriormente descritos:

Nota: para visualizar las ubicaciones de las acciones a tomar en las tres siguientes propuestas véanse los planos de planta generales con las propuestas en el **ANEXO X**.

PLAN DE RUIDOS 2008 - 2013.

1ª PROPUESTA 1ª PARTE. Año 2008.

- Cambio de la sección de matricería al lado opuesto (**no realizado**).
- Realización del Stock de seguridad para cubrir 2 semanas de paro de Isofix (**no realizado**).
- Cambio de célula de Isofix RS-02 al área de matricería (**no realizado**).
- Cambio de la máquina TP-21 a la zona de detrás de la maquina TP-33 (**vendida**).
- Cambio de la máquina TP-14 detrás de la máquina TP-28 (**realizado**).
- Colocar muro de aislante fónico prefabricado (**no realizado**).
- Colocar 2º puente grúa de 10Tm. No es del programa de ruidos.

PROPUESTA	coste	plazo	VºBº	Responsable
1º propuesta 1ª parte	63.875	2008.		

1ª PROPUESTA 2ª PARTE. 1º semestre del año 2009.

- Realización del Stock de seguridad de 2 semanas de paro célula RS-01 (**no realizado**).
- Pasar RS-01 célula de Nacam a la zona de utilaje (**no realizado**).

PROPUESTA	coste	plazo	VºBº	Responsable
1º propuesta 2ª parte	20.485	6/2009		

1ª PROPUESTA 3ª PARTE. 2º semestre de 2009.

- Colocar canal de alimentación eléctrica, en zona bajo entreplanta y utilaje (**no realizado**).
- Colocar servicio de abastecimiento de EQS, en área de entreplanta y utilaje (**no realizado**).
- Pasar las EQs, a este área nueva (**no realizado**).

PROPUESTA	coste	plazo	VºBº	Responsable
Canalit	40.000			
Colocación canal	3.000			
Servicios de aire y agua a EQS.	3000			
Desconexión EQS.	1000	.		
Cambio EQS	2500			
Conexión EQS.	1000			
Stock seguridad	5.000			
	55.500	12/2009		

Tabla 25: 1ª Propuesta del Plan de Ruidos 2008-2013.

PLAN DE RUIDOS 2008 - 2013.**2ª PROPUESTA 1ª PARTE. Año 2008.**

- Contratar productos de TP-21 al exterior con máquina y alimentación (**realizado**).
- Pasar TP-14 a la zona de detrás de la maquina TP-28, para trabajos manuales (**realizado**).
- Cerramiento prensa TP-28 de utilajes progresivos (**fase parada**).

PROPUESTA	coste	plazo	V°B°	Responsable
Contratar piezas exterior	- 21315			
Sacar maquina TP-21 ext.	5.000			
Colocar TP-14	12.017			
Cerramiento TP-28	25.785			
Cerramiento TP-30	17.086			
SALDO FINAL	38.573	12/2008		

2ª PROPUESTA 2ª PARTE. Año 2009 PRIMER SEMESTRE.

- Cerramiento de prensa TP-25 (*no realizado*).
- Cerramiento de prensa TP-31 (*no realizado*).
- Cambio de área de Mantenimiento a zona de entreplanta o utilaje (*realizado*).

PROPUESTA	coste	plazo	V°B°	Responsable
Cerramiento TP-25	26325			
Cerramiento TP-31	9871			
TOTAL	36196	06/2009		

2ª PROPUESTA 3ª PARTE. Año 2010 PRIMER SEMESTRE.

- Cerramiento de prensa TP-33, su carro lateral y sus motores (*no realizado*).

PROPUESTA	coste	plazo	V°B°	Responsable
Cerramiento TP-33	43289			
		06/2010		

2ª PROPUESTA 4ª PARTE. Año 2011 PRIMER SEMESTRE.

- Cerramiento de prensa TP-29 (*no realizado*).
- Cerramiento de prensa TP-24 (*no realizado*).

PROPUESTA	coste	plazo	V°B°	Responsable
Cerramiento TP-29	41613			
Cerramiento TP-24	30869			
TOTAL	72482	06/2011		

Tabla 26: 2ª Propuesta del Plan de Ruidos 2008-2013.

PLAN DE RUIDOS 2008 - 2013.**3ª PROPUESTA 1ª PARTE. Año 2008.**

- Contratar productos de TP-21 al exterior con máquina y alimentación **(realizado)**.
- Pasar TP-14 a la zona de detrás de la máquina TP-28, para trabajos manuales **(realizado)**.
- Pasar máquina TP-28 al área de almacén donde la prensa TP-04 y encapsularla **(no realizado)**.

PROPUESTA	coste	plazo	VºBº	Responsable
Contratar piezas exterior	- 42.630			
Sacar maquina TP-21ext.	5.000			
Colocar TP-14	12.017			
Cerramiento TP-28	25785			
Quitar TP-04	3.000			
Foso para TP-28	4.000			
Traspaso TP-28 de zona.	7.000			
SALDO FINAL	18.387	12/2008		

3ª PROPUESTA 2ª PARTE. Año 2009.

- Pasar TP-25 al área de almacén y encapsularla **(no realizado)**.
- Pasar el almacén de M. Prima al sitio ocupado ahora por TP-25 y TP-28 **(no realizado)**.
- Almacén de rollos en vertical **(no realizado)**.
- Colocar el puente grúa de 3200 Kg. en la nave de puerta nº1 **(no realizado)**.

PROPUESTA	coste	plazo	VºBº	Responsable
Cerramiento TP-25	26325			
Pasar TP-25 almacén	7.000			
Foso para TP-25	4.000			
TOTAL	37325	12/2009		

3ª PROPUESTA 3ª PARTE. Año 2010.

- Cerramiento de prensa TP-33 **(no realizado)**.
- Cerramiento de prensa TP-30 **(no realizado)**.
- Cerramiento de prensa TP-24 **(no realizado)**.

PROPUESTA.	coste	plazo	VºBº	Responsable
Cerramiento TP-33	43.289			
Cerramiento TP-30	17.086			
Cerramiento TP-24	30869			
Total	91244	12/2010		

3ª PROPUESTA 4ª PARTE. Año 2011.

- Cerramiento de prensa TP-29 (**no realizado**).
- Cerramiento de prensa TP-31 (**no realizado**).

PROPUESTA.	coste	plazo	VºBº	Responsable
Cerramiento TP-29	41613			
Cerramiento TP-31	9871			
Total	51484	12/2011		

Tabla 27: 3ª Propuesta del Plan de Ruidos 2008-2013.

La programación inicial propuesta para realizar las fases del proyecto ha sido modificada conforme avanzaba el proyecto. Por ello, la gran mayoría de las fases previstas para 2008 han incumplido los plazos acordados, ya que ESTAMPACIÓN S.L. empezó a sufrir los efectos de la crisis económica y financiera, viéndose obligada a paralizar el proyecto y las inversiones en el mismo.

A día de hoy, la idea es ir llevando a cabo las acciones previstas conforme la situación económica de la empresa vaya mejorando.

Durante el año 2008 únicamente se realizó el desmontaje y traslado de la TP-14 detrás de la TP-28, y la venta de la TP-21, reubicando y sacando al exterior las referencias que dichas prensas estaban fabricando.

A su vez, se comenzó con el proyecto de cerramiento de la TP-28, el cual se encuentra actualmente congelado y a falta de ser instalado en la prensa. Este sistema de aislamiento se describe en el siguiente epígrafe de esta memoria.

4.8. CERRAMIENTO ACÚSTICO DE TP-28.

4.8.1. Introducción y Planificación.

A mediados de 2008, y variando el orden inicial propuesto de actividades, se puso en marcha el proyecto de aislamiento de la prensa TP-28, que debido a las características de la máquina (véase formato estándar TP-28 en **ANEXO I**), de los útiles que utiliza y piezas que fabrica, así como de la ubicación en planta (véase plano de planta general en **ANEXO I**) y su alta carga de trabajo, se ha convertido durante los últimos años en la prensa que mayor emisión de ruido provoca y a mayor número de trabajadores afecta.



Fig. 56: Lateral de prensa TP-28.



Fig. 57: Frontal de Prensa TP-28.

Como se observa en las fotografías de arriba, la prensa actualmente solo dispone de pantallas de seguridad en los huecos por donde sale la mayoría del ruido que emite. La posición del operario tanto en salida de piezas/chatarra como en zona de mandos propicia la exposición directa de la persona a la fuente de ruido.

Tras la petición de presupuestos a varias empresas el equipo de ruido decidió realizar la contratación de dicho servicio con la empresa **ACÚSTICA INTEGRAL S.L.** (véase **PRESUPUESTO DE CERRAMIENTO TP-28**).

El equipo técnico de Acústica Integral S.L. visitó en diversas ocasiones la planta de **ESTAMPACIÓN S.L.**, analizando el problema y tomando los datos necesarios para adoptar la mejor solución y llevar a cabo el cerramiento siguiendo la metodología representada a continuación:

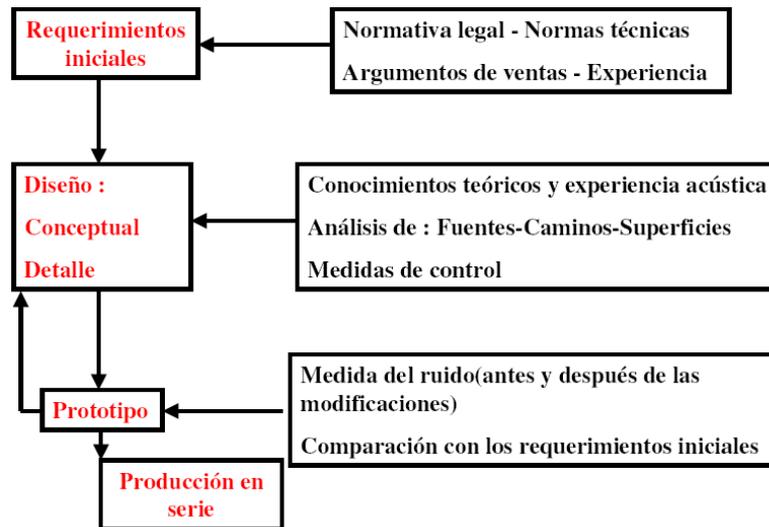


Fig. 58: Metodología para diseño de Instalación Acústica.

(Fuente: “Panel de Expertos sobre Ruido 26/10/2005” www.fundacionsanprudencio.com)

La programación de esta fase también varió temporalmente con respecto a la inicialmente propuesta, y pasó a ser la primera fase del PLAN DE RUIDOS en ESTAMPACIÓN S.L. Sus operaciones y personal implicado por orden cronológico es el siguiente:

ACTIVIDAD	DURACIÓN	PERSONAL IMPLICADO	DESCRIPCIÓN
0. PROYECTO DE ENCAPSULAMIENTO DE PRENSA TP-28	44 días		
1. PREPARACIONES PREVIAS	14 días		
1.1. Definición de piezas en TP-28 y de entradas/salidas necesarias.	11 días	Director Producción Director I+D+i	Definición de las piezas actualmente en fabricación en la TP-28 y que vayan a ser afectadas por la instalación del aislamiento. Identificación de las futuras piezas que vayan a ser fabricadas en la TP-28. Identificación de las entradas/salidas de material/piezas en la prensa para las piezas definidas.
1.2. Revisión del proyecto.	1 día	Ingeniero Procesos	Revisar el proyecto para concretar y recoger todos los requerimientos que necesiten las referencias afectadas por el aislamiento.
1.2. Estandarización de especificaciones.	1 día	Ingeniero Desarrollo/CAD	Estandarización de especificaciones técnicas y dimensionales de la TP-28, identificando las entradas/salidas de material, piezas y chatarra; y estudiando la viabilidad de ello tras el cerramiento.
1.3. Petición de presupuestos.	1 día	Director ICMS	Contacto con varios proveedores de sistemas de insonorización para petición de presupuestos.
2. PUESTA EN MARCHA	19 días		
2.1. Selección y contratación del aislamiento.	1 día	Director ICMS	Selección del proveedor más favorable tanto técnica como económicamente y su contratación.
2.2. Visita del proveedor a la planta de ARRAN IMC.	1 día	Acústica Integral S.L.	Director de Proyecto y Jefe de obra de Acústica Integral S.L. visitan la planta de ESTAMPACIÓN S.L. para analizar el problema en profundidad, proponer soluciones definitivas y tomar los datos necesarios.
2.3. Intercambio de información necesaria proveedor/cliente.	2 días	Director ICMS Ingeniero Desarrollo/CAD	Envío de planos y especificaciones de la TP-28 a Acústica Integral S.L. de forma que puedan dibujar sobre ellos el sistema de cerramiento. Aclaración sobre medidas y posiciones de visores en puertas. Envío por parte de Acústica Integral S.L. su plan de trabajo con objeto de permitir a ESTAMPACIÓN S.L. la planificación interna de paradas en la prensa.
2.4. Realización stock de seguridad necesario.	15 días	Encargado de Fabricación	Tras conocer la programación de paradas requeridas para la instalación del sistema, ESTAMPACION S.L. procede a producir un stock de seguridad que supla la pérdida de días de producción debido a la obra de instalación del cerramiento.
3. MONTAJE E INSTALACIÓN	11 días		
3.1. Desembalaje y preparación.	0,5 días	Acústica Integral S.L.	Desembalaje de todas y cada una de las partes que se van a montar así como preparación de las herramientas a utilizar para ello.
3.2. Paños fijos desmontables.	2 días	Acústica Integral S.L.	Montaje de los paños fijos para los visores de las puertas abatibles.
3.3. Puerta abatible.	2 días	Acústica Integral S.L.	Montaje e instalación de puertas abatibles en parte frontal y posterior de prensa.
3.4. Puerta corredera.	3 días	Acústica Integral S.L.	Montaje e instalación del mecanismo de puerta corredera en lateral de prensas (salida de piezas)
3.5. Tapas entrada/salida.	2 días	Acústica Integral S.L.	Montaje de las tapas fijas en laterales de prensa (entrada de material y salida de piezas)
3.6. Remates, pruebas acústicas y de funcionamiento.	0,5 días	Acústica Integral S.L. Director ICMS Ingeniero Desarrollo/CAD	Finalización de la instalación, realización de ensayos acústicos y de funcionamiento in situ.
3.7. CIERRE DE PROYECTO	1 día	Director ICMS	Recopilación, revisión y archivado de toda la documentación del proyecto.

Nota: la duración está referida a días **laborables** (8 h/día)
Las operaciones con la misma numeración poseen la misma duración y se realizan en el mismo período temporal.

Tabla 28: Programación Proyecto Encerramiento TP-28.

Se ha de destacar que, a día de hoy, el proyecto se encuentra parado por los problemas anteriormente citados, y está a la espera de poder comenzar con la fase 3: Montaje e Instalación.

4.8.2. Descripción del Encapsulamiento.

Los encapsulamientos pertenecen al llamado Control Pasivo de Ruidos, cuyo diseño sigue generalmente las siguientes reglas:

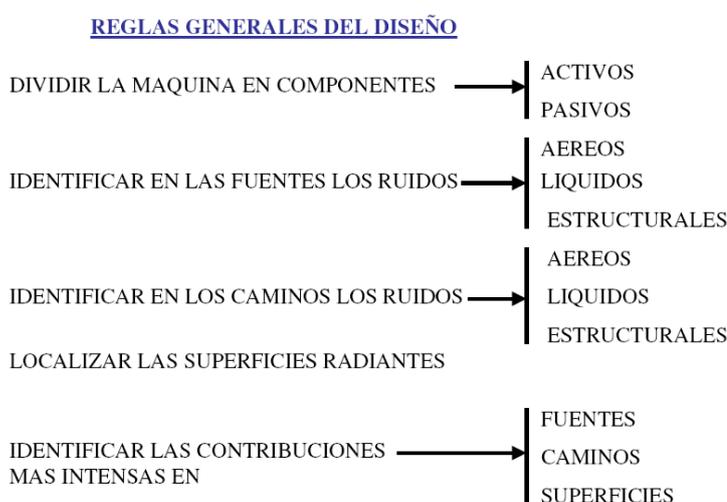


Fig. 59: Reglas Generales Diseño de Instalación Acústica.

(Fuente: “Panel de Expertos sobre Ruido 26/10/2005” www.fundacionsanprudencio.com)

De manera general, se consiguen reducciones entre 10 y 25 dBA para encapsulados de una sola capa con revestimiento absorbente. Es posible lograr reducciones de más de 25 dBA, para encapsulamientos con doble pared y revestimiento acústico absorbente.

La efectividad de un encapsulado depende de la característica en frecuencias de la señal sonora. En los encapsulamientos, para evitar la propagación de vibraciones, es menester dotarlos de calzos antivibratorios en la base.

Las puertas, registros y ventanas, previstas para las labores de mantenimiento deben ser hermetizadas cuidadosamente después de realizados los trabajos. La más pequeña ranura puede afectar sensiblemente el aislamiento, sobre todo si hay presencia de altas frecuencias.

Para reducir los niveles de ruido emitidos por la prensa existen principalmente dos tipos de cerramiento:

- Encapsulamiento total de la prensa.
- Cerramiento de aberturas/partes con mayor emisión de ruido: se trata de un cerramiento parcial utilizando el bastidor de la prensa como soporte para la instalación de pantallas. Paneles o pantallas son pegadas a la prensa a modo de tapas.

Entre sus aplicaciones principales están:

- *Insonorización hacia fuera de la estructura:* para evitar la salida de ruido hacia el exterior de la máquina.
- *Insonorización hacia dentro de la estructura:* evitando que, mediante absorción, el ruido interior aumente por reflexión contra las paredes del encapsulamiento. De igual forma, evitar que ruido exterior entre dentro de la zona de máquina.

Esta última aplicación adquiere relevancia para el caso en el que se esté utilizando un control de esfuerzos acústico como el BRANKAMP descrito en el bloque anterior. Grandes niveles de ruido en el interior del recinto cerrado provocarían distorsiones en el procesamiento de la señal captada por los sensores acústicos, dando lugar a un control ineficaz y erróneo.

Tomando en consideración lo dicho por el personal técnico de Acústica Integral S.L., el segundo método es el más aconsejado para el caso en particular que se está estudiando, ya que el cerramiento de las aberturas principales de la prensa basta para reducir el nivel de ruido hasta valores dentro de los límites legales, requiriendo menores inversiones económicas.

Por tanto a partir de dicho momento, se decide adoptar la solución de un cerramiento acústico de huecos en el bastidor de la prensa.

Este aislamiento debe permitir, para todos los productos:

- El cambio de los distintos troqueles.
- La alimentación de la bobina de chapa (materia prima).
- La extracción del producto terminado.
- La extracción de los retales y chatarra.
- El control visual del proceso por parte del operario.

Para ello son necesarios el montaje de cerramiento acústico y de puertas acústicas de tipo guillotina, abatibles o correderas, con visores en vidrio laminar con sus pórticos correspondientes. Sistema de elevación de la hoja y seguridad de freno anti-caída.

4.8.3. Solución Adoptada. Elementos.

Los elementos que conforman la solución adoptada para el cerramiento de la TP-28 han sido los siguientes:

- 1) Panel ACUSTICMODUL 80 y puertas abatibles RS5C/E con visores para hueco frontal de prensa.
- 2) Panel ACUSTICMODUL 80 y puerta acústica corredera RSR con visores para hueco posterior de prensa.
- 3) Panel ACUSTICMODUL 50 para hueco lateral de alimentación de prensa.
- 4) Panel ACUSTICMODUL 80 con carril deslizante y parte desmontable para hueco lateral de salida de pieza en prensa.

Para aclaración sobre la ubicación y apariencia del montaje final véanse los planos dimensionales generales de la TP-28 con paneles acústicos montados proporcionados por Acústica Integral S.L. en el **ANEXO XI**.

A continuación se describen y presentan los elementos que forman el cerramiento en TP-28, junto con sus principales características y especificaciones técnicas:

1. PANEL ACUSTICMODUL 80

Panel modular de alto aislamiento acústico, para utilización en la construcción de **Cabinas acústicas**, **Cerramientos acústicos**, **Barreras acústicas** y **Pantallas acústicas**, tanto exteriores como interiores para resolver los problemas de ruidos de todo tipo de maquinaria. Entre sus aplicaciones están: cerramientos interior y exterior, barreras, cabinas de descanso y audiométricas, maquinaria industrial, compresores, prensas, cizallas, instalaciones de climatización, máquinas de frío industrial y comercial.

Exterior:	Chapa lisa prelacada de 1 mm. de espesor
Interior:	Chapa multiperforada prelacada de 0,5 mm. de espesor.
Material absorbente:	Lana de roca de 70 Kg/m ³ de densidad, acabado en velo negro.
Peso:	21 Kg/m ²
Dimensiones:	Panel de 450 x 2.000, 2.500, 3.000 ó 4.000 mm de longitud, se unen entre ellos por su parte machihembrada.
Espesor:	80 mm.
Reacción al fuego:	B s1 d0 según ensayo nº 08AN0311
Aislamiento acústico global Rw:	29 dB. según ensayo nº 06/32300850
Presentación:	Prelacado en color gris claro, similar al RAL 9002 Otros colores bajo consulta.

Tabla 29: Características Técnicas de Paneles AcusticModul 80. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

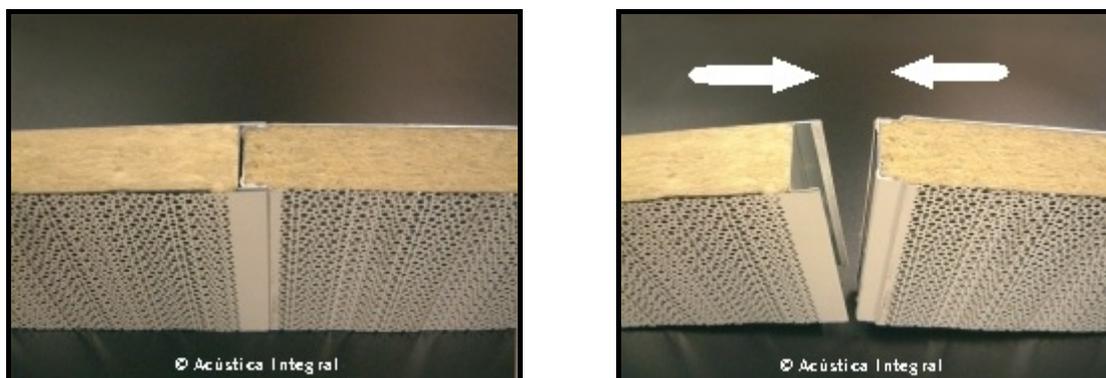


Fig. 60: Ensamblaje de Paneles AcusticModul 80. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Paneles estándar y tipo esquina en longitud de 3.000 ó 4.000 mm. con posibilidad de realización en dimensionado inferior al normalizado, tanto en anchura como en longitud.

Este panel combina a la vez absorción y aislamiento, el aislamiento viene determinado por la chapa metálica. La absorción es el resultado de combinar la lana de roca con un panel de chapa perforada.

Las grandes dimensiones de este panel permiten minimizar el número de juntas, mejorando la hermeticidad. Además admite la unión de paneles mediante solapas plegadas que aseguran un cierre perfecto.

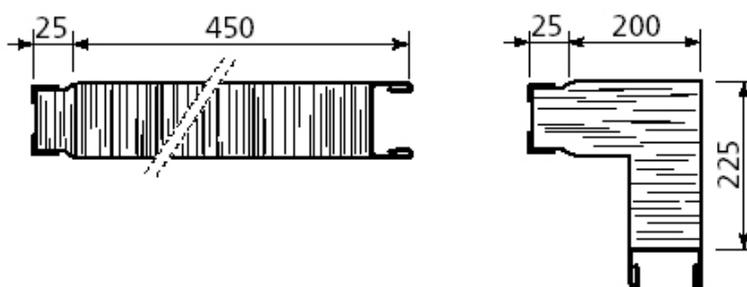


Fig. 61: Dimensiones Seccionales de los Paneles AcusticModul 80. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

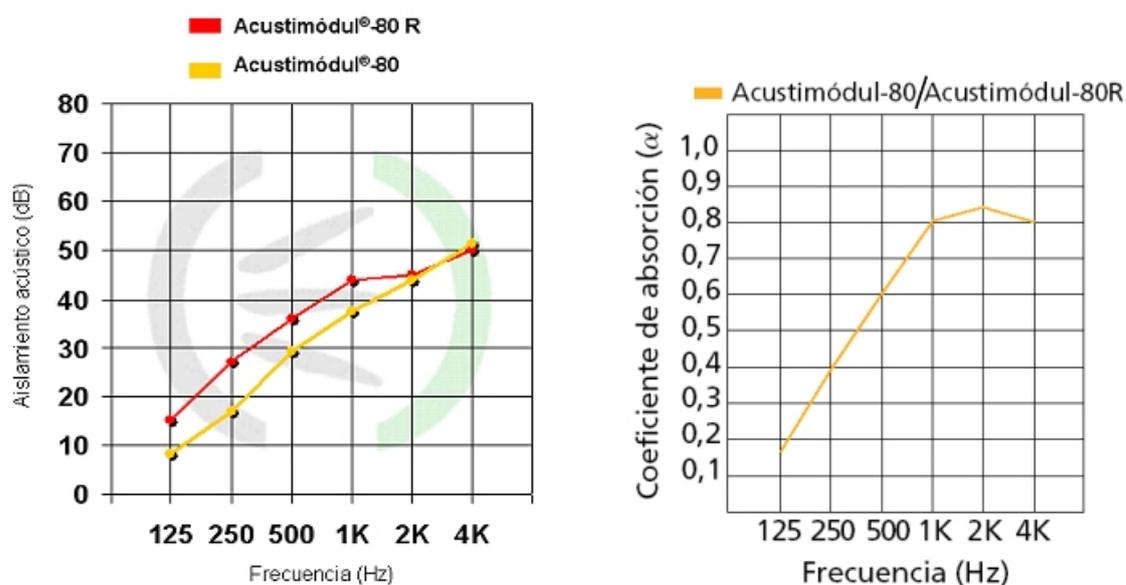


Fig. 62: Atenuación Acústica de Paneles AcusticModul 80. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Nota: Los paneles ACUSTIMODUL-50 son de construcción y características similares a los ACUSTIMODUL-80, salvo excepciones muy específicas que no afectan al caso en estudio.

2. PUERTAS ACÚSTICAS RS-5C

Puertas acústicas abatibles, con posibilidad de instalación de visores, cerradura y salida antipánico.

Aislamiento acústico: **Rw = 46 dB**

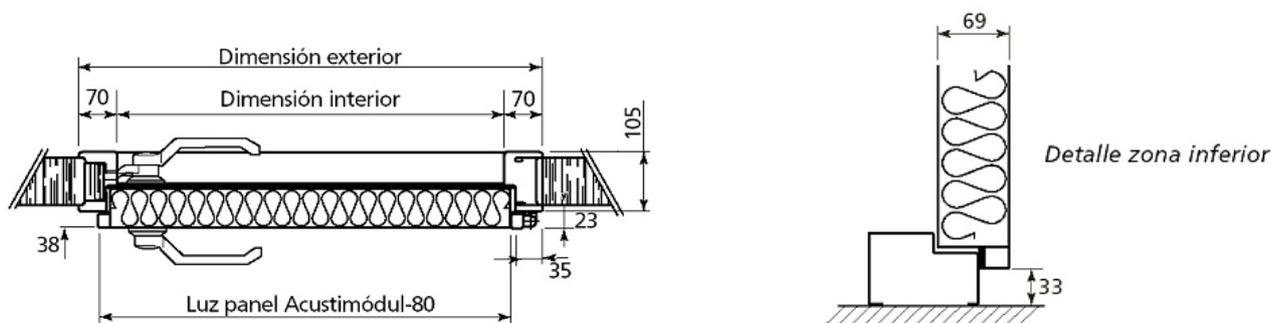


Fig. 63: Dimensiones Transversales de Puertas Acústicas RS-5C. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Descripción:	Puerta acústica de 69 mm. de espesor. compuesta de marco y hoja metálicos en chapa negra pulida de 1,5 mm. de espesor, rellena de materiales fonoabsorbentes. Provista de doble burlete perimetral. Marco diseñado especialmente para cerramientos y barreras acústicos realizados con Acustimódul® 80.
Cierre:	De presión exterior.
Accesorios especiales: (bajo pedido)	Cerradura vista, visor rectangular, antipánico.
Tratamiento Superficial:	Imprimación sintética.
Certificado acústico:	Expediente nº 08/32311060
Aislamiento acústico global Rw:	46 dB

Tabla 30: Características Técnicas Puertas RS-5C. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Su forma de perfilado envolvente, tanto de pared como de marco, está concebida para lograr dos zonas fijas de contacto y cierre a través de juntas de neopreno a lo largo de todo su perímetro. La estructura aislante se logra mediante superposición de chapa, material aislante y material amortiguante. La transmisión por vía sólida viene interrumpida por la doble estructura aislante de la puerta (cuerpos separados).

La rigidez del bastidor conseguida a base de refuerzos metálicos internos asegura finalmente su estabilidad geométrica en el tiempo.

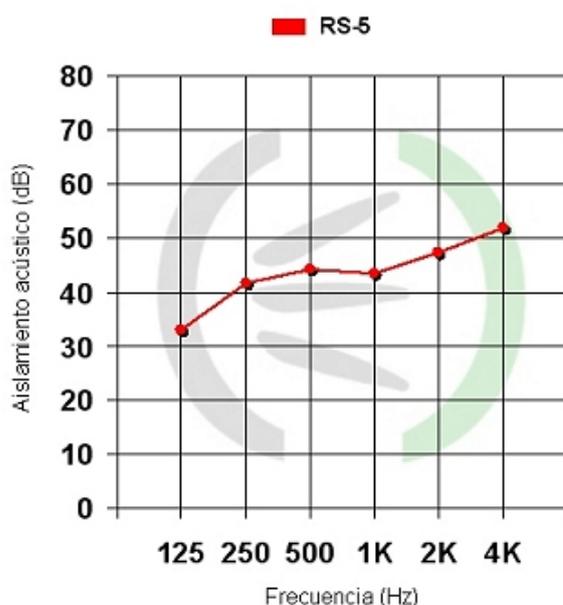


Fig. 64: Aislamiento Acústico Puertas RS-5. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Una hoja (ancho x alto mm.)			
Modelo	Dim. interiores	Dim. exteriores	Dim. luz panel
RS5C/01	825 x 1.910	965 x 2.050	865 x 1.950
RS5C/02	1.275 x 1.910	1.415 x 2.050	1.315 x 1.950
Doble hoja (ancho x alto mm.)			
Modelo	Dim. interiores	Dim. exteriores	Dim. luz panel
RS5C/21	1.275 x 1.910	1.415 x 2.050	1.315 x 1.950
RS5C/22	1.725 x 1.910	1.865 x 2.050	1.765 x 1.950
RS5C/23	2.175 x 1.910	2.315 x 2.050	2.215 x 1.950

Tabla 31: Gama de Modelos Estándar Puertas RS5C. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

3. PUERTAS ACÚSTICAS RSR

Puerta acústica corredera RSR. Las puertas acústicas correderas RSR disponen de un aislamiento acústico de: **Rw = 37 dB.**

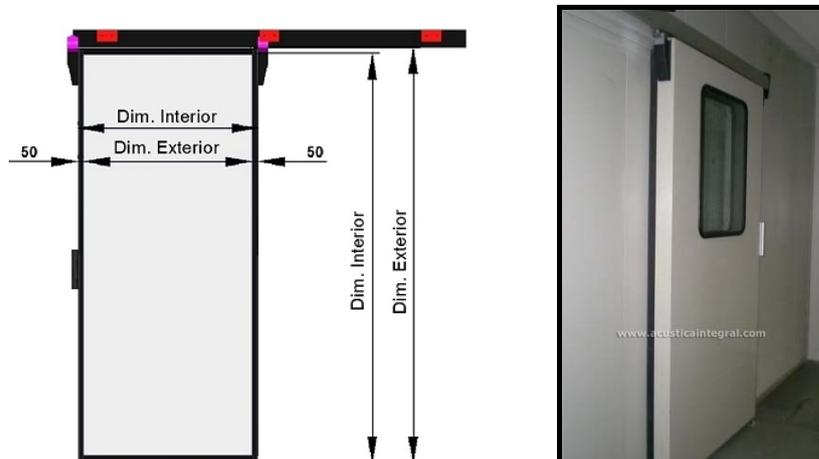


Fig. 65: Dimensiones Generales de Puertas Acústicas RSR. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Producto:	Puerta acústica corredera metálica de 1 hoja RSR de Acústica Integral.
Descripción:	Puerta acústica de 83 mm. de espesor, compuesta de guía y hoja metálica de chapa galvanizada de 1,5 mm. de espesor, rellena de materiales fonoabsorbentes. Hoja provista de goma perimetral de doble labio. Buena estanqueidad gracias al diseño de la guía que permite un perfecto ajuste a la pared. Sin marco inferior.
Cierre:	Maneta interior y exterior.
Acabado:	Pintado esmalte color RAL 9002 para <u>Acustimódul-80</u> ó imprimación sintética para obra civil. Guía de acero bicromatado o aluminio anodizado según el peso de la hoja.
Certificado acústico:	Ensayo N° 07/32305417

Tabla 32: Características Técnicas Puertas RSR. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

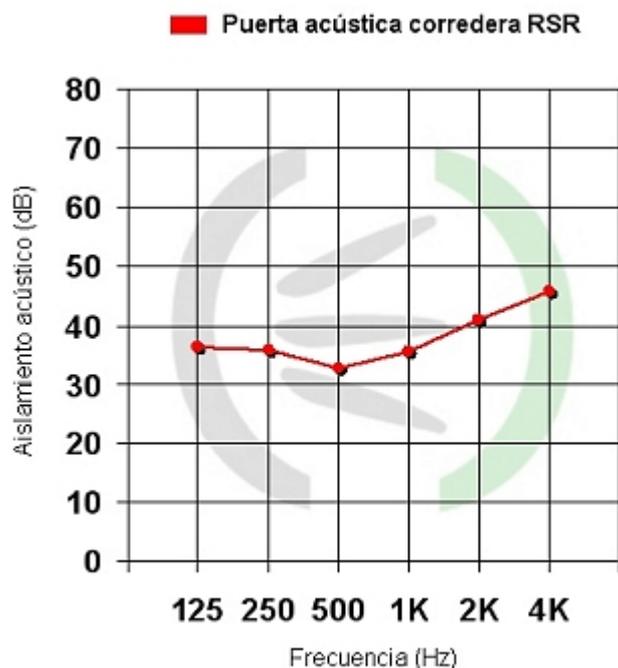


Fig. 66: Aislamiento Acústico de Puertas RSR. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

Modelo	Dim. Interiores (mm.)	Dim. Exteriores (mm.)
RSR/01	800 x 2.000	900 x 2.050
RSR/02	900 x 2.000	1.000 x 2.050
RSR/03	1.000 x 2.000	1.100 x 2.050
RSR/04	1.100 x 2.000	1.200 x 2.050
RSR/05	1.400 x 2.000	1.500 x 2.050
RSR/06	1.600 x 2.000	1.700 x 2.050
RSR/07	1.800 x 2.000	1.900 x 2.050
RSR/08	2.000 x 2.000	2.100 x 2.050

Tabla 33: Gama de Modelos Estándar Puertas RSR. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

4. Visores acústicos VRCS – VRC

Son visores de vidrio aptos para el control visual por parte del operario del proceso de estampado.

Perfil metálico en forma de "U", especial para recibir el módulo Acustimódul® 80.

Tipo VRSC - Simple

Vidrio simple laminado de 4+4 mm.

Acorde con el aislamiento del Acustimodul® 80.

Aislamiento **Rw: 29 dB.**

Tipo VRC - Doble

Vidrio doble laminado de 3+3 y 4+4 mm.

Acorde con el aislamiento del Acustimodul® 80R.

Aislamiento **Rw: 35 dB.**

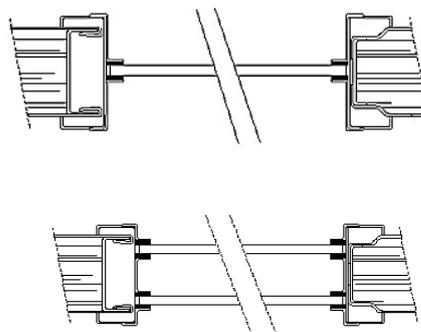


Fig. 67: Visores Acústicos VRSC y VRC. (Fuente: Acústica Integral S.A.)

4.8.4. Mejoras Previstas.

A pesar de que el Proyecto de Ruido aún no ha sido llevado a cabo, se han estimado convenientemente una serie de efectos y mejoras que su consecución producirá sobre ESTAMPACIÓN S.L. Entre las más importantes están:

- 1) *Cumplimiento con la normativa vigente en lo que ruido y contaminación acústica de ámbito industrial se refiere.*
- 2) *Mitigar los efectos fisiológicos auditivos nocivos sobre los trabajadores de ESTAMPACIÓN S.L.*
- 3) *Mitigar los efectos fisiológicos no auditivos pero también nocivos sobre los trabajadores de ESTAMPACIÓN S.L.*
- 4) *Mitigar los efectos psicosociales negativos sobre los trabajadores de ESTAMPACIÓN S.L.*
- 5) *Reducir el impacto económico negativo sobre ESTAMPACIÓN S.L.: rendimiento laboral, abstención laboral, daños materiales, costes sanitarios, accidentalidad laboral,...*

En realidad, las mejoras anteriormente citadas son el resultado de un único resultado perseguido, la reducción de los niveles de ruido hasta niveles aceptables. Por tanto, el único objetivo del proyecto se convierte en reducir los niveles hasta valores que cumplan las normativas, cuyo resultado repercutirá produciendo todas las demás mejoras descritas.

Cuantitativamente no se puede estimar el impacto físico que tendría el proyecto en su totalidad, ya que los resultados se miden de forma experimental una vez realizado el proyecto.

Únicamente es posible hacer una valoración aproximada de reducción de ruido esperada con el cerramiento de la TP-28 en las inmediaciones de la prensa.

Asumiendo que todo el ruido sale por las aberturas de la prensa (es decir, el ruido emitido por el resto de la estructura de la prensa se desprecia debido a su elevada masa), se puede realizar una estimación del aislamiento acústico global R_g de cada hueco utilizando la fórmula descrita en el **ANEXO VIII** "Principios de Acústica".

Se toman como valores de aislamiento de cada material los reflejados en las gráficas anteriores para la frecuencia de 1kHz., y los resultados obtenidos son:

TP-28 (para 1-2kHz.)					
		Frontal	Posterior	Lateral dcho.	Lateral izqdo.
Acustimodul 80	R (dB) a 1kHz.	38,00	38,00	38,00	38,00
	Superficie (m2)	1,96	1,96	1,02	1,10
Puerta RS-5C	R (dB) a 1kHz.	44,00			
	Superficie (m2)	3,63			
Puerta RSR	R (dB) a 1kHz.		36,00		
	Superficie (m2)		3,80		
Visor VRSC	R (dB) a 1kHz.	38,00	38,00		
	Superficie (m2)	0,63	0,63		
Aislamiento global Rg (dB)		40,49	36,70	38,00	38,00
Lp (dBA) actual		94	94	80,3	no medido
Lp (dBA) previsto tras aislamiento		53,51	57,30	42,30	

Tabla 34: Estimación de Atenuación Acústica en el Cerramiento de TP-28.

Para observar el efecto producido por el aislamiento sí es posible realizar la resta de niveles, ya que el nivel de ruido atenuado por un aislamiento es igual a la resta aritmética de la atenuación correspondiente del aislamiento del nivel de ruido no atenuado (**Faustino Menéndez Díez, "Higiene Industrial" pág.330**).

Los resultados obtenidos no son totalmente exactos y es probable que la atenuación no sea tan alta como la calculada ya que la complejidad de un tema como la acústica implica la consideración de múltiples factores que en este caso han sido despreciados. Aún así, ello no descarta la posibilidad de realizar una aproximación bastante acertada sobre los resultados previstos, que en cualquier caso no sobrepasarán los 75dB(A) en cualquier zona alrededor de la TP-28 (según lo afirmado por Acústica Integral S.L.).

4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Este apartado final pretende ilustrar de forma muy orientativa el beneficio económico que se obtendría tras la implantación de todo el proyecto de ruido, tanto de acondicionamiento y aislamiento, como cerramiento de las prensas.

Aunque a medio plazo solo está previsto llevar a cabo los cerramientos de las prensas, se ha decidido hacer una estimación económica de todas las propuestas planteadas, con objeto de disponer de dicha información para un posible futuro acometimiento de dichas propuestas.

Es importante destacar que actualmente no hay estudios fiables que expliquen la correlación exacta entre rendimiento laboral y ruido. Aún así, lo que está claro es que en el triplete ruido-rendimiento-errores, el ruido afecta (mayormente de forma negativa) al trabajador, dependiendo de un sinnúmero de factores tales como: la persona, estado anímico, tipo de ruido, frecuencia, tipo de tarea, ambiente, etc.

No todos los trabajadores realizan la misma tarea ni están en la misma ubicación, es decir, el ruido afectará más a aquellos que están más próximos a las fuentes de ruido y a aquellos que desarrollan tareas que requieren mayor nivel de concentración.

A pesar de lo dicho, el autor de esta memoria ha decidido realizar, bajo su punto de vista y sin ninguna fuente que lo confirme, una estimación sobre el efecto que el ruido produciría en el rendimiento de los trabajadores de ESTAMPACIÓN S.L. Para ello se ha considerado que el ruido afecta al rendimiento de forma promediada en torno a un 10% (valor muy conservador ya que es muy probable que, en realidad, afecte en un mayor porcentaje).

De igual forma se ha asumido la hipótesis de que ese rendimiento guarda una relación directamente proporcional con los costes totales de averías tanto de utillaje como de máquinas en ESTAMPACIÓN S.L., con los daños materiales, costes sanitarios y de accidentalidad. Con esto se crea un índice económico que cuantifica el efecto del ruido sobre la economía de la empresa.

Por tanto, la tabla resumen sobre la valoración económica del proyecto de ruido quedaría como sigue:

Nota: los costes han sido obtenidos del estudio de costes y de los **PRESUPUESTOS DE INSONORIZACIÓN.**

ANÁLISIS ECONÓMICO PROYECTO DE RUIDO			
Concepto	Horas previstas	Coste Mano de Obra	Coste Material (€)
1. Inversiones en el proyecto.	3362	33010	319016
1.1. Traslado zona de matricería.	102	1200	4590
1.2. Traslado célula ISOFIX RS-02 y stock.	44	1380	10133
1.3. Traslado TP-14.	66	1980	10037
1.4. Traslado y venta TP-21.	112	3750	10305
1.5. Tabique desde nave de compresores.	50	0	36000
1.6. Traslado célula NACAM RS-01.	144	4560	15925
1.7. Traslado máquinas EQ's y canalit.	100	15500	40000
1.8. Traslado Área de Mantenimiento.	32	960	0
1.9. Traslado TP-28.	112	1000	6000
1.10. Traslado TP-25.	112	1000	6000
1.11. Subcontratación piezas TP-21.	80	0	-16315
1.12. Traslado Oficina de Producción.	16	480	0
1.13. Traslado zona productos terminados.	40	1200	0
1.14. Cerramiento TP-24.	240	0	30869
1.15. Cerramiento TP-25.	352	0	21843
1.16. Cerramiento TP-28.	352	0	21033
1.17. Cerramiento TP-29.	400	0	41613
1.18. Cerramiento TP-30.	368	0	15308
1.19. Cerramiento TP-31.	240	0	9871
1.20. Cerramiento TP-33.	400	0	55804
2. Impacto de las mejoras previstas.	Estimación	75662,518	
2.1. Disminución de costes bajas sanitarias.	0,1 x Coste bajas laborales de 2008	15125,629	
2.3. Disminución costes bajas por accidente.	0,1 x costes sanitarios de 2008	1951,889	
2.4. Disminución costes de averías en planta.	0,1 x costes materiales de 2008	17600	
2.5. Sanción anual por incumplir normativa de ruido.	Según Ley 31/1995 y RD 5/2000 Cap.VI, Sección I, Art.40. Infracción grave.	40985	
3. Beneficio anual neto (año 0).	Inversiones - Mejoras	-276363,482	

Tabla 35: Análisis Económico del Proyecto de Ruido.

5. BLOQUE V: PARAMETRIZACIÓN DE TROQUELES.

5.1. INTRODUCCIÓN.

Este bloque pretende dar una visión de otra de las tareas realizadas dentro del Departamento de Ingeniería con objeto de contribuir a la mejora continua en el ámbito de los troqueles utilizados por ESTAMPACIÓN S.L.

La tarea consiste en la parametrización de los troqueles utilizados por la empresa, estableciendo las características y parámetros más importantes de ellos para generar una información que forme parte del know-how de ESTAMPACIÓN y permita a todos los trabajadores tener acceso a dicha información.

Esta parte del proyecto se ha aprovechado para realizar una estandarización de útiles que se pueda aplicar a varias prensas de la planta, cuyas características y especificaciones son muy similares entre sí.

Se trata de una tarea sencilla pero muy útil a la hora de conocer las principales características, partes y especificaciones de los troqueles.

A pesar de su simplicidad, este trabajo contribuye no sólo a un ahorro de tiempo y mejora de información, sino que además la estandarización permite aumentar la productividad, flexibilidad y adaptabilidad de la producción como se explicará en apartados sucesivos.

En la última parte de este bloque se intenta reflejar una estimación sobre el impacto económico que su puesta en práctica supondría, ya que a día de hoy aún no se ha aplicado la estandarización de útiles.

5.2. PROCESO DE PARAMETRIZACIÓN.

Como su propio nombre indica, la parametrización de troqueles consiste en el establecer una serie de parámetros o características que definen perfectamente el troquel.

Sin entrar en características propias y muy específicas de los troqueles en función de las referencias que vayan a conformar, todos ellos poseen una serie de parámetros comunes y necesarios para su definición y fabricación. Es decir, características sin cuya especificación el troquel no quedaría correctamente definido.

A pesar de disponer de un **Pliego de Condiciones General para Fabricación de Utillajes** (véase documento externo a esta memoria) y una **Hoja de Requerimientos de Utillaje** (véase **ANEXO XII**), el Dpto. de Ingeniería echaba en falta un único formato genérico que contemplase las características y requerimientos necesarios y suficientes para el diseño y análisis de troqueles. Debido a ello, se propuso crear una hoja que recogiera dicha información, indicando además los límites superior e inferior en aquellos datos cuantificables y limitados por alguna razón.

El objetivo de la estandarización de troqueles es, a partir de los parámetros anteriormente citados, establecer las características estándar del troquel de tal forma que sea posible su utilización en varias prensas sin modificación alguna.

5.2.1. Fases.

Las fases llevadas a cabo para generar dicho documento han sido, en orden cronológico, las siguientes:

1) Selección de los parámetros a incluir.

Se convoca una reunión entre el autor del proyecto, Director de Ingeniería y personal de producción con objeto de establecer y seleccionar qué tipo de datos van a componer el formato estándar. De igual forma se definen las prensas para las cuales se realizará la estandarización de troqueles.

Se decide escoger la TP-24, TP-25, TP-28 y TP-30; ya que poseen características similares, tanto dimensionales como operativas (véanse sus formatos estándar en **ANEXO I**)

2) Recopilación de información y creación de formato estándar.

Una vez definido el proceso, se crea un formato en forma de tabla que tras ser rellenado y aplicado a las prensas elegidas, recopilaría todos los parámetros cuyo conocimiento es indispensable para el diseño y fabricación de útiles de estampación.

3) Creación de un modelo de útil estándar.

Una vez conocidos los parámetros comunes entre varias prensas, se procede a escoger aquellos que sean más desfavorables, de tal forma que el nuevo útil estándar tenga unos parámetros válidos para dichas prensas.

Con ello es posible realizar el modelo 3D de un útil estándar lo más grande posible que cumpla con todos los parámetros, añadiendo todos los elementos necesarios para su instalación, transporte y operación.

El modelo es referente al útil estándar de mayor tamaño posible, ya que una de las principales limitaciones que sufre ESTAMPACIÓN S.L. es el tamaño máximo de útil que puede ser introducido en prensa, obligando en muchas ocasiones a rechazar peticiones de clientes por no disponer de prensas lo suficientemente grandes para introducir los troqueles necesarios.

Para útiles de menor tamaño la estandarización pasaría por acoplar postizos de forma que se obtuviese espacio suficiente para colocar los elementos necesarios para transporte, amarre de útil a mesa y posicionamiento por topes de forma que cumplan con las medidas de las cuatro prensas y por tanto ser intercambiable.

Como se aprecia, en distintos colores están representados los elementos más importantes necesarios en el diseño de un troquel:

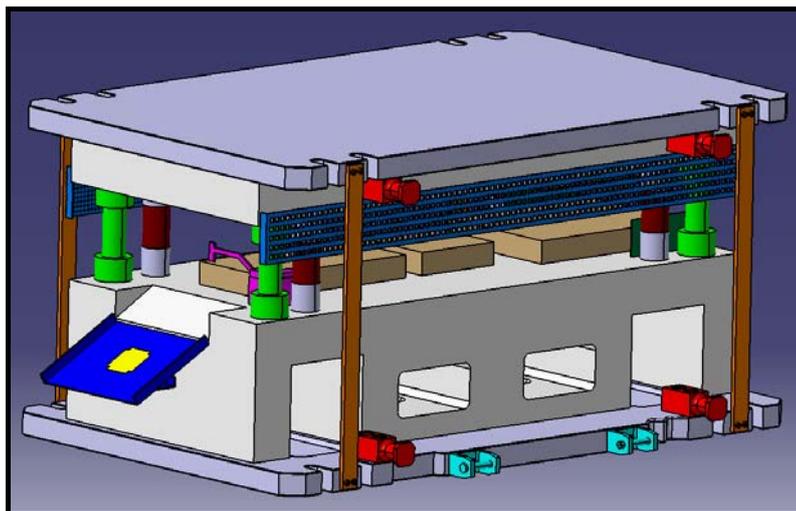


Fig. 68: Modelo 3D de Troquel Estándar.

- Ranuras de amarre (bases del útil).
- Alojamiento para topes de posicionamiento (base inferior del útil).
- Matrices (marrón claro).
- Bases del útil (gris).
- Soportes para transporte (rojo).
- Elementos de amarre para carro porta-útiles (azul claro).
- Columnas de guiado (verde).
- Tirantes de seguridad (marrón oscuro).
- Finales de carrera (granate).
- Resguardos fijos de protección (azul).
- Guías de entrada de banda (verde oscuro).
- Rampas (azul oscuro).
- Micros (rosa y amarillo).
- Huecos de chatarra (en base inferior del útil).

4) Aplicación de la estandarización.

Como última fase de la estandarización, se procedería a su aplicación mediante la fabricación de útiles estándar para los nuevos proyectos que fuesen entrando en producción, y que fuesen adjudicados a las prensas estudiadas.

Previamente a su puesta en marcha, se deberían acatar las reformas y/o cambios necesarios en las máquinas implicadas para favorecer la estandarización.

Actualmente aún no se ha llevado a cabo esta parte del proyecto, entre otras razones por la falta de financiación para el mismo y la prioridad de otros proyectos de mejora.

5.2.2. Formato Estándar.

A continuación se muestra el formato estándar relleno para las prensas TP-24, TP-25, TP-28 y TP-30.

Son cuatro prensas muy similares en características tanto dimensionales como mecánicas, lo que las hace aptas para formar parte de una estandarización de troqueles que permita su utilización en cualquiera de ellas indistintamente.

PARÁMETROS	PRENSAS					
	TP-24	TP-25	TP-28	TP-30	TODAS (utillaje estándar)	Prensas/útiles
	máx / mín	máx / mín	máx / mín	máx / mín	Más restrictivo máx / mín	Acciones de mejora / comentarios
Fuerza de prensa (KN)	3200	4000	4000	4000	3200	
Cadencia de la prensa (Golpes/minuto)	70/20	100/30	100/25	30/15	30/30	
Peso de troquel superior (Kg)	?	?	5700 / -	?	?	Nunca superar 10 Tm ni el máx. peso soportado por las mesas de prensa
Curso (mm)	180 / 30	350 / 100	250 / 25	250 / 25	-	Se adecuará conforme a la altura de cierre del útil
Regulación carro (mm)	160 / 0	150 / 0	150 / 0	150 / 0	-	
Superficie útil del carro (largo x ancho) (mm)	1450 x 1120	2700 x 1200	2400 x 1050	2200 x 900	1450 x 900	
Superficie útil placa de mesa (largo x ancho) (mm)	1600 x 1250	2700 x 1200	2400 x 1200	2500 x 1000	1600 x 1000	
Nº ranuras en mesa x distancia entre ellas (mm)	4 x 420-980	15 x 150	13 x 150	13 x 150	-	Ranuras en útil coincidentes con ranuras en mesa
Altura de cierre sobre placa de mesa (mm) (con curso máx. abajo y regulación de carro arriba)	560	735	770	525	-	
Largo de útil (mm)	1400 / -	2500 / 1300	2150 / 1300	2040 / - (aprox)	1400 / 1300	Dimensiones a cumplir para que el útil quepa en las 4 prensas
Ancho de útil (mm)	1120 / -	1100 / -	1050 / -	900 / -	900 / -	Dimensiones a cumplir para que el útil quepa en las 4 prensas
Altura de útil cerrado (mm)	710 / 400	985 / 585	995 / 620	750 / 375	710 / 620	Dimensiones a cumplir para que el útil quepa en las 4 prensas conforme a sus cursos y alturas de cierre
Sistema de amarre	Tornillo - tuerca	Tornillo - tuerca	Tornillo - tuerca	Tornillo - tuerca	Tornillo - tuerca	Podrían instalarse amarres hidráulicos pero supondría altos costes e instalación compleja
Dimensiones aprox tornillo de amarre (mm) (diámetro x cabeza x espesor cabeza x altura total x altura roscada)	M24 x cuadrada 42 x 16 x 180 x 112)	M24 x cuadrada 42 x 16 x 180 x 112)	M24 x cuadrada 42 x 16 x 180 x 112)	M24 x cuadrada 42 x 16 x 180 x 112)	M24 x cuadrada 42 x 16 x 180 x 112)	
Dimensiones aprox. tuercas y arandelas de amarre (mm) (tipo x altura tuerca ; Diámetro x espesor arandela)	hexagonal x 38 ; 60 ó 75 x 12)	hexagonal x 38 ; 60 ó 75 x 12)	hexagonal x 38 ; 60 ó 75 x 12)	hexagonal x 38 ; 60 ó 75 x 12)	hexagonal x 38 ; 60 ó 75 x 12)	
Dimensiones ranuras de amarre en útil (mm) (ancho ranura x profundidad x espesor)	30 x 65 x 65 aprox.	30 x 65 x 65 aprox.	30 x 65 x 65 aprox.	30 x 65 x 65 aprox.	31 x 65 x 65 aprox.	
Posicionamiento del útil en prensa	mediante 2 topes en placa de mesa	mediante 2+2 topes en placa de mesa	mediante 2+2 topes en placa de mesa	manual	mediante 2 topes en mesa	Aconsejable la realización de huecos en TP-30 para instalación de topes de posicionamiento
Diámetro de topes (mm)	60	50	50	-	50	Convendría tener topes con el mismo diámetro para obtener una misma geometría de apoyo en las cuñas
Posición de topes (mm) (tope-tope x tope-centro mesa)	650 x 450	750 x 500 750 x 350	750 x 500 750 x 350	-	-	Posicionar topes en TP-30 acorde a los ya disponibles en las otras prensas
Geometría de alojamientos para topes en el útil (prof.cuñas x ancho cuña plana x ángulo cuña angular)	21 x 120 x 90	21 x 120 x 90	21 x 120 x 90	-	21 x 120 x 90	Se realizará un tope plano y dos topes en forma de cuña (debido a los dos diferentes posicionamientos de topes en placa de mesa)
Altura de alimentación desde placa de mesa (mm)	280 / 210	650 / 400	650 / 400	420 / 280	280 / 400	En este caso se necesitaría cambiar el alimentador de la TP-24 ya que, de no ser así, lo útiles estándar no podrían ser usados en las cuatro prensas.
Ancho de banda permitido por la línea (mm)	440 / -	600 / -	600 / -	400 / -	400 / 40	
Espesor de fleje permitido por la línea (mm)	4	4	5	3	3	Condición necesaria para que el útil pueda ser utilizado en las 4 prensas
Salida de chatarra	Mediante cinta bajo prensa	Mediante cinta bajo prensa y cinta por lateral de prensa	Mediante cinta bajo prensa	Posterior de prensa (por operario) o con cajones en el útil	Cinta bajo prensa, cinta por lateral o manualmente	La TP-30 limita las posibilidades de que la chatarra salga por cinta bajo prensa
¿Hueco en la mesa? (mm) (largo x ancho)	1050 x 360	1600 x 360	1600 x 360	No dispone	1050 x 360	Practicar hueco en TP-30 e instalar cinta extractora
Salida de pieza	Lateral y posterior	Lateral y frontal	Lateral de prensa	Lateral de prensa	Lateral de prensa	La salida lateral está condicionada por la posible presencia de pantallas, p.ej. TP-24
Entrada/salida del útil	Posterior de prensa	Por frontal de prensa	Por frontal de prensa	Por frontal de prensa	Indiferente	
Paso frontal de prensa	- / 1450	- / 2520	- / 2200	- / 2060	1450	
Paso lateral de prensa	530	1010	1020	1020	530	
¿Dispone de guías de bolas/rodillos?	No	Si pero no se usan	No	Si pero no se usan	No	Actualmente en desuso. Posibilidad de reinstalación para facilitar la entrada del útil
¿Se usan rodillos de engrase?	Sí	No (sistema de goteo)	No (sistema de goteo)	No (sistema de goteo)	No (sistema de goteo)	Con el sistema de goteo se obtienen mejores resultados
Materiales y tratamientos superficiales	Dependiente del elemento y requerimientos de utillaje	Dependiente del elemento y requerimientos de utillaje	Dependiente del elemento y requerimientos de utillaje	Dependiente del elemento y requerimientos de utillaje	Dependiente del elemento y requerimientos de utillaje	
Dispone de rampas (inclinación > 30°)	Dependiente de útil y layout	Dependiente de útil y layout	Dependiente de útil y layout	Dependiente de útil y layout	Según diseño y requerimientos	La TP-30 dispone de una rampa permanente de chatarra por el posterior de prensa
Necesidad de cintas transportadoras	depende del útil	depende del útil	depende del útil	depende del útil	Según necesidad	Necesarias cuando las posibles rampas a instalar no superen los 30 ° de inclinación
¿Dispone de carros móviles en el útil?	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	
Configuración del enclumado general del útil	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	
Soportes para transporte (Nº por cada base)	6 / 4 (según tamaño del útil)	6 / 4 (según tamaño del útil)	6 / 4 (según tamaño del útil)	6 / 4 (según tamaño del útil)	6 / 4	
Tacos desmontables (dimensiones y cantidad)	según carga a soportar	según carga a soportar	según carga a soportar	según carga a soportar	según carga a soportar	
Nº de tirantes de seguridad	4 / 2 (según tamaño del útil)	4 / 2 (según tamaño del útil)	4 / 2 (según tamaño del útil)	4 / 2 (según tamaño del útil)	4 / 2	
Finales de carrera	- / 4 (según necesidades)	- / 4 (según necesidades)	- / 4 (según necesidades)	- / 4 (según necesidades)	- / 4	
Otras protecciones de partes móviles	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	
Nivel de ruido (dB)	< 87	< 87	< 87	< 87	< 87	
Micros de seguridad	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	
Placa identificativa y pintado del utillaje	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	
Elementos de centraje de banda y piezas	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	
Expulsores de banda, pieza y retales	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	
Elementos de fijación, pasadores y tornillería	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	
Elementos de amarre para carro porta-útiles	-	-	-	-	2 centrados a 600 ó 440 mm.	
Elementos de reducción de esfuerzos	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	Según diseño	
Guías de entrada de banda	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	Según pliego de condiciones	
Espesor de sufrideras de apoyo para machos/matrices (mm)	- / 12	- / 12	- / 12	- / 12	- / 12	
Sentido de alimentación (visto desde frontal)	izqda. - dcha.	dcha. - izqda.	izqda. - dcha.	dcha. - izqda.	-	Se deberán tener alojamientos para topes en ambos lados del útil debido a los diferentes sentidos de alimentación y zonas de instalación del útil

Tabla 36: Parámetros de Troqueles.

5.2.3. Parámetros Principales.

Como se observa en la tabla, se han introducido una serie de parámetros característicos de los troqueles, algunos son generalmente definidos en el Pliego de Condiciones, otros por el diseñador del troquel y otros que dependen de la prensa y/o condiciones en las que vaya a ser utilizado el útil.

Varios de esos parámetros, principalmente los dimensionales, poseen limitaciones en valor máximo y mínimo. Igualmente, se especifican los valores que adquieren para cada prensa en cuestión.

La penúltima columna ha sido rellenada con los valores más restrictivos de los correspondientes a las cuatro prensas, obteniéndose así unos parámetros válidos para cada una de las prensas y por lo tanto estándar para todas ellas. Mediante las acciones propuestas en la última columna se facilitaría el proceso de estandarización.

De todos los parámetros considerados en la tabla, existen algunos cuya influencia sobre el proceso de estandarización es decisiva, como por ejemplo:

- Mecánica y dinámica de la prensa:

Las referencias que se fabriquen con útiles estándar deben tener la capacidad de ser conformadas en las cuatro prensas de estampación analizadas. Por ello, deben tener unos requisitos de fuerza de estampación y cadencia capaces de ser satisfechos en todas las prensas. Bajo esas consideraciones, las piezas no deben superar los 3200 KN de fuerza para su conformación, y deben ser aptas para cumplir con el volumen necesario a una cadencia de 30 golpes/minuto (debido a la limitación de cadencia de la TP-30).

- Dimensiones exteriores del útil:

Las dimensiones máximas de un útil son probablemente las características más consultadas a la hora de ofertar o seleccionar un proceso adecuado de estampación. El ancho y el largo están limitados prácticamente solo por las dimensiones de placa de mesa y del paso entre montantes de la prensa, por lo que se requiere su conocimiento preciso para no generar equivocaciones en el diseño.

Para el caso en estudio, el máximo ancho y largo del útil estándar está definido por el mínimo ancho y largo que tengan las mesas de las prensas implicadas, es decir, 1400 x 900 mm.

En cuanto a la altura de troquel cerrado, es un parámetro que influye decisivamente en el proceso productivo y referencia a fabricar. Está generalmente limitado por la altura de cierre que permite la prensa, teniendo en cuenta a su vez la regulación de husillo y el curso del punzón (que en este caso es variable). Como aclaración, a continuación se presenta un esquema en el que se representan las diferentes variables que entran en juego a la hora de calcular una altura de troquel estándar:

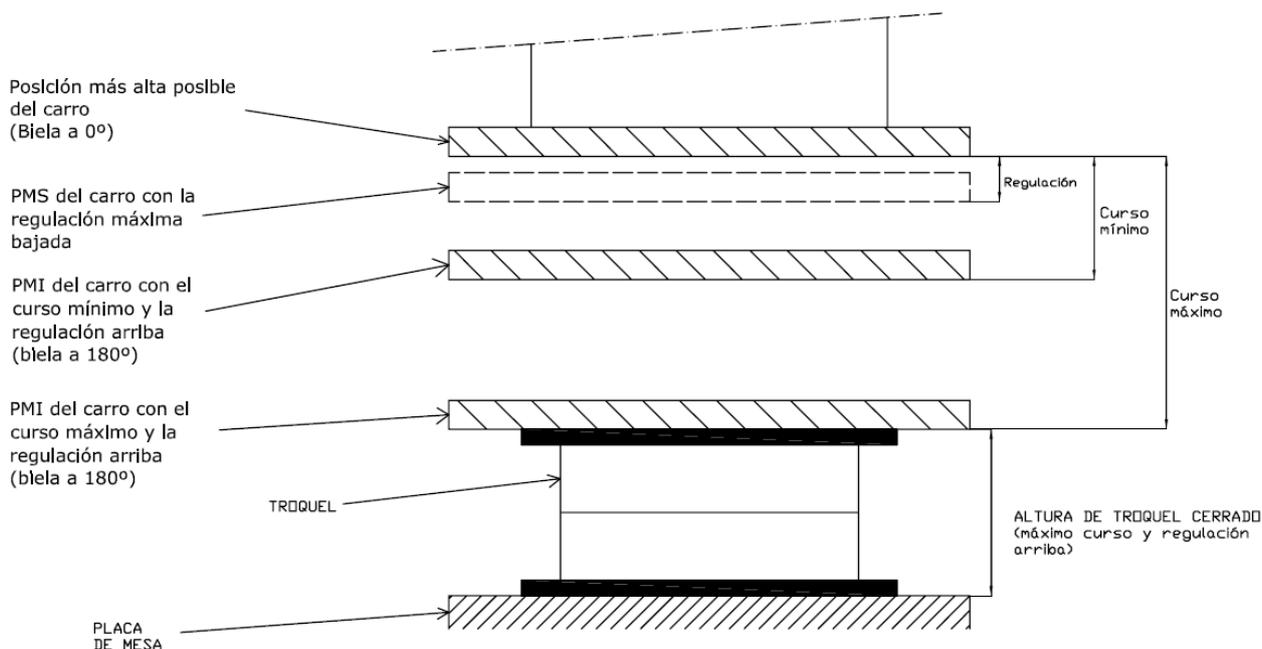


Fig. 69: Distancias Principales en el funcionamiento de un Troquel.

Tal y como puede observarse, la altura máxima y mínima que puede tener un troquel para una prensa determinada será:

$$\text{Alt.máx.} = \text{Alt.troq.cerrado} + (\text{curso máx.} - \text{curso mín.})$$

$$\text{Alt.mín.} = \text{Alt.troq.cerrado} - \text{Regulación}$$

Es decir, en una prensa la altura máxima y mínima del útil que vaya a ser utilizado en ella no debe sobrepasar o ser inferior a las calculadas según las fórmulas anteriores respectivamente. A pesar de ello, por seguridad jamás se llegan a diseñar los útiles de forma que adquieran los valores extremos antes mencionados.

Por tanto, para la realización de útiles estándar, se toma como Altura máxima la menor de las alturas máximas en las cuatro prensas de forma que el útil estándar quepa en todas las prensas. Y como altura mínima la mayor altura mínima de entre todas las prensas, con objeto de que el útil estándar sea lo suficientemente alto como para que el carro llegue a cerrarlo por completo en todas las prensas.

Otro parámetro adicional de gran importancia es la altura de alimentación (desde placa de mesa) del fleje de chapa.

La alimentación se debe realizar a una altura que quede próxima a la línea de cierre del útil, es decir, zona en la que punzón y matriz entran en contacto. Si no es así, la chapa sufre deformaciones que afectan a la calidad del producto final e incluso puede llegar a producir la imposibilidad de llevar a cabo el proceso de estampación.

Los alimentadores de fleje poseen un sistema de regulación de altura que permiten alimentar la chapa a diferente nivel. Atendiendo a las características de los diferentes alimentadores tratados, se establecen las alturas más restrictivas para el diseño del útil estándar. Es decir, se selecciona la menor altura de entre las máximas de cada alimentador, y la máxima altura de entre las mínimas disponibles.

Con ello se llega a que para la altura, en este caso, no existe un margen compatible entre las cuatro prensas para permitir el uso de los troqueles estándar indistintamente en todas ellas. Convendría sustituir el alimentador de la TP-24 por otro que permitiese mayor altura, como por ejemplo hasta 400 mm. De no ser así, el intercambio de útiles entre las distintas prensas podría no ser viable.

En este aspecto se podría añadir la importancia de disponer de útiles cuya altura fuese siempre la misma independientemente de la referencia que fuesen a conformar. Con ello se ahorraría gran cantidad de tiempo empleado en la preparación y ajuste de la prensa. Esto es de fácil obtención mediante la utilización de paralelas o suplementos para elevación de las matrices.

- Sistema de amarre y sus dimensiones:

Actualmente ESTAMPACIÓN S.L. únicamente dispone de una prensa (TP-31) con sistema de amarre hidráulico, por lo que para la estandarización de útiles se ha decidido mantener el sistema que las cuatro prensas en cuestión poseen, ya que la instalación de un sistema hidráulico tendría un coste elevado.

Se trata de una parte del troquel muy influyente tanto por su función de sujeción como en su intervención en los procesos de cambio de útil, por lo que su estandarización ayudaría a agilizar su eficacia y rapidez en el proceso.

La posición de las ranuras de amarre en el útil depende principalmente del espacio disponible en las bases del troquel así como de la posición de las ranuras en T de la placa de mesa y mesa superior de la prensa.

Debido a la diferencia geométrica de posicionamiento de las ranuras T en las placas de mesa (véanse planos de placa de mesa en **ANEXO I**) correspondientes a las diferentes prensas, existen dos posibilidades para estandarizar: instalar unas placas de mesa con iguales características de ranuras en T para todas las prensas, o fabricar las bases del troquel con dos posiciones diferentes de dichas ranuras de forma que valgan para las cuatro prensas. En este caso se ha optado por la segunda opción, ya que la estandarización se está realizando sobre el útil y no sobre la prensa.



Fig. 70: Elementos de amarre y transporte de un Troquel.

Como puede observarse en la tabla de parámetros, se ha comprobado in situ que no todos los troqueles utilizados en dichas prensas utilizan ranuras, tornillos, tuercas y arandelas de iguales dimensiones.

La idea es establecer unas medidas estándar impuestas por elementos comerciales para todos los útiles que vayan a ser utilizados en las prensas. Con ello se tendrá una mayor fiabilidad de operación de amarre, posibilidad de intercambiar elementos de sujeción sin que ello afecte a la función de amarre, y una mayor adecuación y precisión en el proceso de amarre, entre otras ventajas.

- Tipo de posicionamiento y sus elementos:

Algo fundamental y que se debe tener en cuenta a la hora de posicionar el útil en prensa es el sistema de posicionamiento utilizado. Como se verá en el bloque siguiente, se trata de una cuestión muy importante durante la operación del cambio de útiles, permitiendo en la mayoría de ocasiones un ahorro de tiempo considerable, siempre y cuando se utilice un sistema efectivo.

Para el caso en concreto, existe gran variabilidad en cuanto al sistema del que dispone cada prensa. Poseen diferentes posiciones geométricas de los topes sobre la placa de mesa, varían también los diámetros de los topes, e incluso la TP-30 no dispone de ellos, por lo que el posicionamiento debe realizarse de forma manual.

Otras de las partes que entran en juego a la hora de posicionar un útil en la mesa son los alojamientos para los topes. Generalmente la mayoría de útiles comparten la misma geometría y dimensiones de dichos alojamientos aunque a veces varían en función del material de las bases del troquel y del proveedor que lo fabrique.

Debido a la variación de posiciones dentro de la placa de mesa dependiendo de la prensa, se opta por realizar unos alojamientos en el útil estándar de forma que se acoplen sin problema a los topes de las cuatro prensas y que a su vez no exista conflicto, en cuanto a posición, con las ranuras de amarre.

Dichos alojamientos son colocados en ambas partes (frontal y posterior) del útil estándar, ya que en algunas prensas el útil se instala desde el frontal y en otras desde la parte posterior, variando a su vez el sentido de alimentación de fleje.

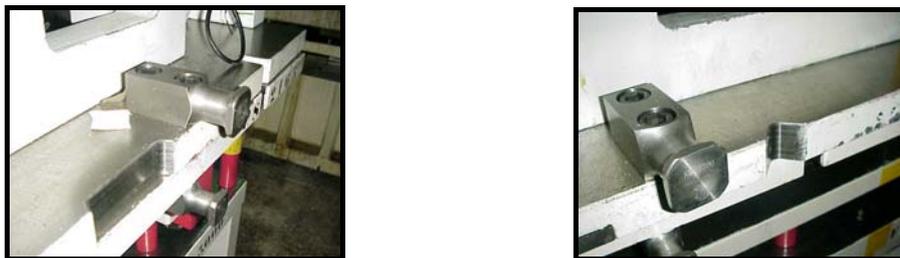


Fig. 71: Huecos de Posicionamiento de Troquel.

Para la introducción del útil en la prensa es necesario el arrastre del mismo por encima de la placa de mesa. Cabe la posibilidad de utilizar guías de bolas/rodillos con objeto de facilitar su movimiento. Actualmente no se usan con asiduidad, pero sin embargo son elementos que facilitan y agilizan el proceso de instalación y posicionamiento del útil.

En ese caso, se recomienda instalar en la base inferior del troquel unas pletinas de acero que entren en contacto con las bolas/rodillos, facilitando así su funcionamiento y evitando desperfectos en el troquel.

- Limitaciones de la línea de alimentación:

En este apartado entran en consideración todas las características de la línea de alimentación de cada prensa, ya que cada línea dispone de unas limitaciones en cuanto a dimensiones y especificaciones de la materia prima. Por muy buena prensa de la que se disponga, si la línea de alimentación no acepta y no va acorde con las prestaciones requeridas, entonces la prensa no sirve de nada.

En cuanto a ello los principales factores excluyentes son el ancho de banda y espesor máximo que acepten las máquinas en línea de alimentación.

De las cuatro prensas en estudio, se escogerán los valores más limitantes de ancho de fleje y de espesor, es decir, el valor más pequeño de los máximos admitidos en cada línea.

Una vez seleccionado lo dicho, se deduce que el útil estándar deberá disponer de unas dimensiones de entrada de fleje suficientemente amplias como para absorber el ancho de chapa requerido, e igualmente en su diseño se deberá tener en cuenta el espesor de la materia prima que va a procesar.

- Salida de pieza/chatarra:

Conceptos de gran importancia a considerar antes de la concepción de un troquel son las salidas de piezas y chatarra. Si no se estudia con cuidado el proceso y las posibilidades de extracción de pieza y/o chatarra durante el proceso productivo se corre el gran riesgo de generar un útil con grandes problemas de operatividad e ineficiencia productiva. O en el peor de los casos, un útil incapaz de ser utilizado en la prensa para la que fue diseñado.

En lo que a dicho tema se refiere, entran en juego principalmente dos elementos de la cadena productiva: la prensa y la referencia a fabricar, ambas con sus características geométricas y dimensionales.

De la prensa influyen partes como:

- Paso entre montantes (lateral, frontal y posterior).
- Existencia de huecos en placa de mesa.
- Posibilidad de introducción de cintas transportadoras.
- Necesidad de rampas para caída de pieza.
- Método de extracción de pieza/chatarra y sus posibles zonas.
- Layout de zona para ubicación de contenedores y/o embalajes.

Por otro lado, de la referencia a fabricar es necesario conocer:

- Dimensiones de la pieza.
- Características geométricas y de contorno.
- Necesidad de rampas de caída y/o cintas.
- Zonas donde se desprende chatarra y/o pipas.
- N° de piezas y/o manos que se conforma simultáneamente.
- Requerimientos de embalaje.

Conociendo los factores anteriormente citados es posible diseñar un útil que se adapte a las necesidades que la pieza requiere para su salida así como de la extracción de la chatarra generada. Todo ello debe ser estudiado en total conexión con el diseño del proceso de estampación requerido, ya que no siempre es posible satisfacer diseño óptimo y factibilidad del proceso.

Por tanto en función de dichos parámetros, para las prensas en estudio se han seleccionado los parámetros más limitantes en cuanto a dimensiones espaciales, y lo elementos comunes a las cuatro prensas para la extracción de la chatarra, aunque para ello sería necesario practicar huecos en la placa de mesa de la TP-30 e instalar una cinta de chatarra subterránea. Los demás factores deben ser estudiados particularmente dependiendo del proceso de estampación.

- Otros elementos de amarre, seguridad y materiales:

Por último se hace necesario un análisis de los elementos de amarre para el transporte del útil así como diversos elementos de seguridad. Varios de ellos son elementos comerciales que pueden ser adoptados como estándares.

Su colocación y características están detalladas en el **Pliego de Condiciones de diseño de utillajes** (véase documento externo a esta memoria), y sus limitaciones son la disponibilidad de espacio en el troquel para su instalación.

Los proveedores de troqueles deben cumplir con las normas definidas en el Pliego de Condiciones en cuanto a la configuración de dichos elementos. Generalmente el ingeniero de troqueles de ESTAMPACIÓN S.L. establece la configuración del proceso y del troquel deseado, así como de los materiales a utilizar en función tanto de la referencia como del proceso que se vaya a seguir, y dicha información se envía al proveedor del troquel para que sea considerada en su fabricación.

De cara a la estandarización no se puede establecer una configuración estándar de dichos elementos, ya que dependen del proceso de estampación, de las dimensiones del troquel, de la pieza a fabricar y de los requerimientos mecánicos del proceso, por tanto se deja dicha elección en manos del diseñador.

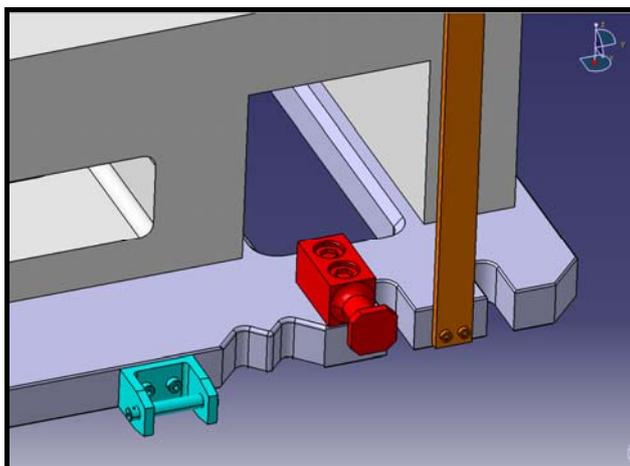


Fig. 72: Doble hueco de posicionamiento para troquel estándar.

Para consultar las condiciones generales sobre el diseño de estos elementos véase el **Pliego de Condiciones general de diseño de útiles**.

De igual forma, una vez conocidos los parámetros generales de diseño, el ingeniero encargado de la petición de oferta, rellena un formato (véase **ANEXO XII**) con los requerimientos constructivos que él considere oportunos y necesarios para satisfacer el proceso de estampación. En dicho formato se especifica la configuración de todos los elementos así como características de los mismos tales como materiales, dimensiones, tratamientos, elementos adicionales, etc.

Estos requerimientos, impuestos por ESTAMPACIÓN S.L., son adjuntados junto con la petición de oferta, el Pliego de Condiciones, 3D de la pieza y el estudio de banda, de tal forma que el proveedor de útiles se ajuste a ellos a la hora de realizar su oferta de troquel.

No obstante, tras haber seleccionado un proveedor y habiéndose fabricado el útil, antes de su aceptación final por parte de ESTAMPACIÓN S.L., se debe rellenar la Hoja de Validación (véase **ANEXO XIII**) correspondiente en la que se tiene en consideración el cumplimiento de los requisitos en cuanto a diseño del troquel y/o proceso de estampación. Este formato dispone de preguntas referentes a todas las características técnicas, dimensionales, funcionales, así como elementos de seguridad o cambio rápido. En función de si cumplen o no dichas características así como de la gravedad de los posibles errores, el útil será aceptado para su puesta en operación o rechazado temporalmente hasta la resolución de dichos problemas.

5.3. APLICACIONES: VENTAJAS E INCONVENIENTES.

La parametrización de los troqueles posee principalmente dos aplicaciones ventajosas para la mejora continua de ESTAMPACIÓN S.L.:

1) Identificación rápida de parámetros influyentes:

Actualmente un único ingeniero con dilatada experiencia en diseño de útiles es el encargado de proponer la configuración y el diseño de los troqueles en colaboración con los proveedores.

Con el formato de parámetros se pretende disponer de un documento que, de un solo vistazo, permita a cualquier trabajador de ESTAMPACIÓN S.L. identificar los parámetros más importantes que entran en juego a la hora de diseñar un troquel, sin necesidad de consultar pliegos de condiciones u otros documentos.

Esta parte del proyecto constituye el primer paso hacia la confección de un documento o plantilla que permita plasmar el know-how necesario sobre diseño de troqueles, de forma que dicha tarea no dependa únicamente de una persona experimentada en dicho campo sino que cualquier trabajador técnico de ESTAMPACIÓN S.L. sea capaz de establecer unos principios de diseño de troqueles que le permitan realizar el diseño con una aproximación y precisión lo suficientemente acertada.

Dicho conocimiento sobre diseño favorecerá principalmente las actividades desarrolladas en los Dptos. de Ingeniería y Producción: realización de ofertas, seguimiento y control de proyectos, solvencia de incidentes relacionados con utillaje, mejora de procesos, etc.

2) Estandarización de troqueles:

Mediante esta aplicación se pretende complementar la estandarización de prensas realizada en el primer bloque de este proyecto.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de la estandarización de útiles es establecer una serie de criterios y parámetros que permitan la fabricación de útiles que tengan la posibilidad de ser utilizados en varias prensas de la planta.

En gran cantidad de ocasiones la producción de una referencia es interrumpida ya sea por la programación de la carga de trabajo que tenga la prensa o por averías (de prensa o de utillaje).

Las paradas programadas y las averías de útil provocan un paro de la producción únicamente de la referencia fabricada por el útil en cuestión, mientras que las averías en prensa hacen que se pare la producción de todas las referencias que se fabrican en dicha máquina.

Considerando lo anterior, cada vez que un útil está fuera de su prensa correspondiente, se está dejando de fabricar un volumen que frecuentemente da lugar a retrasos en la entrega de piezas o a la adopción de medidas alternativas para suplir la falta de producto; como por ejemplo realizar más turnos de trabajo con los consecuentes gastos generales que ello conlleva, recolocar la fabricación en otra máquina alterando el ciclo de las demás piezas, o realizar dicha producción a posteriori de forma precipitada, dando lugar a errores y efectos contraproducentes.

Mediante la utilización de troqueles estándar, se podría recolocar la producción en otra prensa de forma muy sencilla mediante un simple cambio de útil.

Con ello, ante la incidencia/avería de una prensa o la necesidad de producir varias referencias durante un mismo período, se podría aprovechar la inactividad de otra prensa para realizar dicha producción sin tener que dejar los útiles almacenados por falta de disponibilidad de prensa.

A modo de estimación, a continuación se presenta una tabla con información referente a las piezas fabricadas durante 2008 en las prensas estudiadas.

Debido a la gran cantidad de referencias que se producen en cada prensa, se ha decidido rellenar la tabla con valores medios, ya que la consideración de todos los datos por separado acarrearía una tabla demasiado extensa y confusa:

REFERENCIAS FABRICADAS (2008)									
PRENSA	Nº REFERENCIAS FABRICADAS	BENEFICIO MEDIO/PIEZA (€)	PARADAS (debido a avería máquina)	PARADAS (debido a avería en troquel)	PARADAS TOTALES POR INCIDENCIAS (sin producir)	CADENCIA MEDIA (piezas/hora)	Horas trabajadas en máquina (produciendo)	HORAS DISPONIBLES (2 turnos)	HORAS SOBRANTES (SIN CARGA DE TRABAJO)
TP-24	10	0,1	153,63	21,45	467,22	1627	1171,3	3424	2099,07
TP-25	24	0,1	122,41	52,2	1118,14	1553	2352,04	3424	949,55
TP-28	15	0,1	108,87	96,5	1126,97	1458	3417,48	3424	-102,35
TP-30	14	0,1	13,66	38,52	1044,88	1185	1747,16	3424	1663,18

Tabla 37: Datos 2008 de Referencias y Prensas a Estandarizar.

El término incidencias totales engloba los siguientes tipos de paradas:

- Por falta de materia prima y/o componentes.
- Retrabajos.
- Avería de maquinaria.
- Avería de utillaje.
- Esperas no productivas.
- Instalaciones generales.
- Formación de operario.
- Procesos sin tiempo.
- Procesos alterados.
- Producir sin imputación de tiempo productivo.
- Pruebas de fabricación.

De todos los tipos de paradas citados, las que se podrían evitar utilizando otra prensa serían las paradas debido a avería de maquinaria. Las demás tendrán influencia sea cual sea la máquina en la que se esté trabajando.

Por tanto, el uso de útiles estándar atacaría directamente a la pérdida de tiempo debido a avería de prensa.

Observando los datos de la tabla anterior, es fácil ver que hay una gran cantidad de horas al año en las que la TP-24, la TP-25 y la TP-30 están paradas por escasez de carga de trabajo, es decir, no tienen ninguna avería que impida producir y dispone de horas sobrantes para satisfacer la producción anual de las referencias exigida por los clientes.

Sin embargo, la TP-28 no solo está en funcionamiento durante la mayor parte de las horas disponibles sino que requiere horas extras para suplir las paradas de producción debidas a averías, con el adicional coste que ello conlleva.

Esa diferencia de cargas de trabajo entre las cuatro prensas provoca que se esté desaprovechando un gran potencial de producción en ESTAMPACIÓN S.L.

Al utilizar troqueles estándar, se sacaría el máximo rendimiento a todas las prensas; y en consecuencia la empresa adoptaría una posición más competitiva en el mercado, reduciendo entre otros los costes de oportunidad de las máquinas. Las conclusiones que se pueden sacar de lo anterior son:

- ✚ Según la tabla, la TP-24, TP-25 y TP-30 tuvieron 4711 horas sobrantes, las cuales de haber dispuesto de útiles estándar, podrían haber sido utilizadas para sustituir las 102 horas extras que necesitaron las otras prensas.
- ✚ Aún así, se dispondrían de unas 4600 horas adicionales que serían absorbidas por el tiempo invertido para realizar los cambios de troquel necesarios para intercambiar los útiles estándar. Suponiendo una media de 4 horas por cambio de útil y 24 cambios por mes y prensa, dichas horas serían suficientes para llevar a cabo los cambios de útil.
- ✚ Sin embargo, al poseer una disponibilidad de 4 prensas en vez de 1 para cada referencia, el número necesario de cambios de útil programados sería aproximadamente la cuarta parte.

- ✚ Dado que actualmente se vienen realizando alrededor de 30 cambios por mes en cada prensa, con la nueva estandarización el número de referencias se repartirían entre las cuatro prensas, resultando en $\frac{30}{4} \approx 8$ cambios por mes y prensa. Esos 8 cambios por mes y prensa consumirían 1536 horas anuales, quedando aproximadamente 3064 horas libres.
- ✚ Esas 3064 horas serían 100% productivas, lo cual repercutiría en la reducción del coste de oportunidad que, actualmente, está presente al tener las máquinas paradas.

Tomando como datos los expuestos anteriormente y las conclusiones citadas, es posible realizar una aproximación orientativa del ahorro económico que se obtendría aprovechando el reparto de cargas de trabajo comentado. El coste de oportunidad puede ser calculado como:

$$C_{ort} = \sum K_{ki} \cdot t_{ki} + P \cdot B \cdot t$$

en donde:

C_{ort} : es el coste de oportunidad.

K_{ki} : es el coste de amortización de la máquina k durante el tiempo de parada, i.

t_{ki} : es el tiempo, i, que la máquina k está parada.

P : es la producción horaria de la máquina.

B : es el beneficio que se obtiene del producto que se fabrica en la máquina.

t : es el tiempo que la máquina está parada sin producir.

Realizando las siguientes aproximaciones:

- 1 operario por máquina.
- Cadencia media de 20 G/min. y 1 pieza/golpe.
- Coste horario medio de cada línea 46.65 €/hora.
- Beneficio medio de 0,1 €/pieza.
- Máquinas amortizadas.

$$C_{ort} = 0 \left(\frac{\text{€}}{\text{hora}} \right) \cdot 3064(\text{horas}) + 1200 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{hora}} \right) \cdot 0,05 \left(\frac{\text{€}}{\text{pieza}} \right) \cdot 3064(\text{horas}) = 183.840\text{€}$$

Sin embargo, la citada producción disponible induce unos costes referentes a sus grupos funcionales de:

$$C_{MOD} = 3064(\text{horas}) \cdot 46.65 \left(\frac{\text{€}}{\text{hora}} \right) \cong 142.935\text{€}$$

Por tanto el beneficio anual aproximado debido a la reducción en los costes de oportunidad serían de:

$$BT = 183.840 - 142.935 \approx \mathbf{40.900 \text{ €año}}$$

Este aprovechamiento daría lugar a un gran aumento de la flexibilidad de producción en ESTAMPACIÓN S.L., adaptándose a las necesidades concretas del cliente mediante fabricación "just in time".

Como parte de la estrategia de mejora continua y de competitividad, se puede concluir que es un proyecto muy necesario y con buenas perspectivas futuras, dado el sector tan exigente en el que se encuentra inmersa la empresa.

Sin embargo y al igual que en la inmensa mayoría de proyectos, también existen una serie de limitaciones y puntos débiles que han de tenerse en cuenta para minimizar el impacto negativo que ello conlleva.

A continuación se citan los inconvenientes y limitaciones que la estandarización de útiles conlleva:

✘ **Requiere máquinas muy similares entre sí:**

El principal inconveniente a la hora de estandarizar es que, si se desea realizar un proceso de estandarización que implique bajas inversiones de capital pero que tenga gran efectividad, es absolutamente necesario que los elementos implicados tengan características muy similares. En este caso particular, las prensas junto con la línea de suministro son las máquinas que limitan la posibilidad de sacar el máximo rendimiento a la estandarización.

Ya sea dimensionalmente, geoméricamente, mecánicamente o por características de funcionamiento, los troqueles estándar deben ser adaptados de forma que cumplan todos los requisitos impuestos por las máquinas.

Si las máquinas no poseen especificaciones similares (como en el caso de TP-24 y TP-30), el diseño del troquel estándar se ve limitado a un rango muy estrecho de posibilidades, desaprovechándose así gran parte del potencial de mejora que posee la estandarización.

Para el caso concreto que se está estudiando, una manera de minimizar esta limitación es dejar fuera de la estandarización aquellas máquinas que limiten de forma más acusada el proceso; como por ejemplo la prensa TP-24, cuyas características son las que más difieren de las otras tres.

✘ **Inversiones importantes para buenos resultados:**

Expuesto lo anterior, siempre se podría realizar una adaptación de la maquinaria en juego, de forma que las especificaciones de las mismas fuesen muy similares y no hubiese demasiadas limitaciones en cuanto a referencias a fabricar se refiere.

El problema es que cuando la maquinaria difiere mucho una de otra, las inversiones requeridas son generalmente altas, y es entonces cuando dichos cambios bruscos producen la entrada de otros factores, como por ejemplo cambiar los hábitos clásicos de producción, tarea difícil cuando la plantilla de trabajadores no tiene predisposición a los cambios.

✘ **Elementos dependientes del diseño:**

Existen una serie de elementos y/o características del útil que vienen fijadas según lo descrito en el pliego de condiciones. Igualmente existen otras cuya configuración es fijada por el proveedor y el ingeniero de diseño de ESTAMPACIÓN S.L., en función de gran cantidad de factores influyentes en el proceso de conformado. Esos factores obligan a analizar para cada pieza su proceso de fabricación en particular.

El hecho de que el diseño de utillaje recaiga únicamente sobre una persona de ESTAMPACIÓN S.L., impide que las pautas para el diseño de troqueles esté plasmado por escrito de forma concisa.

Si bien es cierto, una gran mayoría de elementos en los troqueles pueden ser estandarizados sin necesidad de un estudio personal.

Por tanto, uno de los objetivos que ESTAMPACIÓN S.L. se ha fijado y sobre el que se está trabajando actualmente es "ir más allá" de una simple estandarización de útiles, y plasmar por escrito el know-how necesario sobre diseño de troqueles, de forma que cualquier trabajador del Departamento de Ingeniería adquiera los conocimientos necesarios y sea capaz de realizar dicha tarea de diseño por sí solo.

5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

La programación del proyecto de parametrización se detalla a continuación, indicando sus fases, tiempo invertido en ellas, personal y/o material requerido y costes:

IMPACTO ECONÓMICO PROYECTO PARAMETRIZACIÓN			
Concepto	Horas empleadas	Mano de obra / Material	Coste aprox. (€)
1. Inversiones en el proyecto.	233		81336,78
1.1. Definición del proyecto.	3	Dtor.I+D, Responsable Gral. Fabricación, Ingeniero de Desarrollo	216,78
1.2. Recopilación de información (formato estándar).	64	Ingeniero de Desarrollo	240
1.3. Modelo 3D de troquel estándar.	80	Ingeniero de Desarrollo	300
1.4. Modificaciones por útil y máquina.			80580
1.4.1. Ranuras de amarre estándar.	24	Proveedor de utillaje / doble nº de ranuras	5000
1.4.2. Elementos de amarre estándar.	0	4 Tornillos, 4 Tuercas, 4 Arandelas	30
1.4.3. Topes de posicionamiento en TP-30	16	2 operarios / 2 topes diámetro 50 mm.	350
1.4.4. Aumentar espesor máximo de enderezador.	0	Enderezador 2ª mano con espesor máx. 5 mm.	30000
1.4.5. Aumentar espesor máximo de alimentador.	0	Alimentador 2ª mano con espesor máx. 5 mm.	30000
1.4.6. Aumentar rango de altura de alimentador.	8	1 operario	160
1.4.7. Instalación guías de bolas en prensas	2	1 operario / 1 guía de bolas	40
1.4.8. Alojamiento estándar para topes en el útil.	24	Proveedor de utillaje / doble nº de alojamientos	5000
1.4.9. Sobrecoste de rampas y micros de seguridad.	8	Proveedor de utillaje / doble nº rampas y micros	5000
1.4.10. Sobrecoste instalación rejillas seguridad en útil.	4	Proveedor de utillaje / 2 rejillas de seguridad	5000
2. Impacto de las mejoras previstas.	Estimación	Cálculo	40900
2.1. Reducción costes de oportunidad	3064	Mano de obra + Amortización + Beneficio Productivo	40900
3. Beneficio anual neto.	Mejoras - Inversiones		-40436,78

Tabla 38: Estimación Análisis Económico del Proyecto de Parametrización.

Acorde con los resultados anteriores, el primer año de vida del proyecto concluiría con un beneficio negativo de alrededor de **-40.000 euros**. Pero a partir del segundo semestre del siguiente año se recuperaría la inversión y comenzarían a aflorar los beneficios.

6. BLOQUE VI: DISEÑO DE SISTEMA SMED.

6.1. INTRODUCCIÓN. GENERALIDADES.

Bien es sabido que hoy en día el objetivo principal de cualquier empresa es adaptarse lo más rápido y efectivo posible a las necesidades y requerimientos de sus clientes. Es decir, proporcionarles lo que quieren, como quieren y cuando quieren.

Ello implica poner en práctica la cada vez más establecida producción en lotes reducidos, que supone aumentar la frecuencia de cambios de útil. Esta filosofía de producción contrasta totalmente con la que se tenía a principios del siglo XX, reacia a los cambios y a la variedad de productos. Un claro ejemplo del sistema productivo de aquella época queda reflejado en la célebre frase de Henry Ford:

“Puede usted elegir cualquier color, siempre que sea el negro”.

Por tanto, la flexibilidad de una fábrica ante el cambio y la facilidad de adaptación se han convertido en principales objetivos para la mejora en competitividad.

En un sector como es el de la automoción, y con el mercado tan globalizado que posee, dichas características competitivas se convierten en una obligación.

Según la definición de Shigeo Shingo en *“Producción sin stocks”*:

“La producción constituye una red de procesos y operaciones, fenómenos que se ordenan a lo largo de dos ejes que se intersecan (espacio y tiempo)”.

Para entender en su totalidad la definición anterior hay que saber diferenciar entre “proceso” y “operación”. Proceso es el flujo de todas las acciones que se realizan para transformar las materias primas en productos elaborados, mientras que las operaciones son acciones concretas que forman parte de un proceso.

Una de las cualidades empresariales en total relación con la competitividad, es la capacidad de adaptación a las necesidades del mercado. En ello interviene directamente el proceso de cambio de útil, que permite cambiar de producto y condiciones.

Al igual que en otras muchas industrias, las pertenecientes al sector auxiliar de la automoción se caracterizan por el gran número de cambios de útil que se realizan en sus fábricas. Tal es la importancia de dicho proceso, que generalmente el éxito o fracaso de una empresa viene marcado en gran medida por la eficacia en los cambios de útiles.

Es por ello que en este último bloque del proyecto, se ha decidido abordar el tema del cambio de troqueles como un plan de mejora continua en ESTAMPACIÓN S.L., proceso que actualmente supone, junto al suministro de materia prima, uno de los principales cuellos de botella en la planta, tal y como se demostrará más adelante.

La herramienta utilizada para desarrollar el cambio rápido de troqueles ha sido el método **SMED** (**S**ingle **M**inute **E**xchange of **D**ie), ideado por Shigeo Shingo durante su período como asesor de Toyota Motors. Se trata de un modelo que trata de reducir el tiempo de parada de máquina mediante la eliminación de operaciones que no generan valor añadido al proceso, y en la redistribución temporal de las operaciones que configuran el proceso de cambio.

Por lo tanto y a partir de este momento, la reducción del tiempo de cambio se convierte en una prioridad, cuyo objetivo fijado por el equipo de dirección es disminuirlo en un 50% con respecto al actual.

6.2. PROCESO DE CAMBIO DE ÚTILES. FACTORES.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se puede decir que el **proceso de cambio de útiles** es:

“el conjunto de actividades que se realizan sobre los medios de producción, para transformarlos y adaptarlos a las nuevas exigencias de elaboración que demanda el mercado”.

Al igual que todo proceso industrial, el cambio de útiles está sujeto a criterios de tiempo y coste. El coste será analizado en epígrafes siguientes, y en cuanto al tiempo, una afirmación bastante acertada sería definir el **tiempo de cambio de útil** como:

“el tiempo de parada de la unidad productiva desde el momento en que sale el último producto que estaba en ella hasta el momento en que sale el nuevo producto”.

Globalmente, se puede decir que en la industria existen diferentes tipos de cambio de útiles. Una posible clasificación sería:

- Cambio de formato: variación de forma y/o tamaño.
- Cambio de producto: variación de propiedades físico-químicas.
- Cambio de presentación: variación de aspecto exterior.

En ESTAMPACIÓN S.L. y el presente proyecto en concreto, los cambios de útil que se producen en las prensas de estampación se encuadrarían mayormente dentro del tipo con cambio de formato, ya que las propiedades físico-químicas de la materia prima son prácticamente las mismas. Este cambio de formato implica, a su vez, un cambio de presentación, para lo cual se ha de tener en cuenta factores como el embalaje.

En todo proceso de cambio de útil existen ciertos factores cuya influencia es decisiva en la efectividad de dicha tarea. Los más importantes son:

1) El diseño de la máquina:

Es un factor que por antonomasia nunca ha sido considerado a la hora de diseñar las máquinas. El resultado de ello ha sido la proliferación de máquinas aptas para altas productividades a bajo coste, pero difíciles de tratar adecuadamente ante un cambio de útil.

Actualmente está cambiando esta situación, ya que cada vez la industria demanda máquinas capaces de adaptarse a los requerimientos del mercado, es decir, a la producción sin stocks.

Por tanto, en este apartado entran en consideración dos partes de la máquina:

- La parte fija:

Que es independiente del producto a elaborar, y no se altera durante el proceso de cambio. Para el caso concreto de ESTAMPACIÓN S.L. sería la prensa de estampación, cuyos elementos de fijación y su accesibilidad influyen notablemente.

- La parte variable (móvil):

Que es la parte que se intercambia o que varía, ya sea total o parcialmente. En el caso que se estudia sería el troquel de estampación. Sus características físicas y el número de elementos de que disponga condicionará la eficacia del proceso de cambio.

Vistas a lo comentado, el diseño de una máquina debe permitir minimizar el número de piezas a cambiar, tener un fácil acceso a los elementos que intervengan en el cambio y estandarizarlos lo máximo posible.

2) Los operarios que intervienen en el proceso de cambio:

Sin lugar a dudas, los operarios que realizan el cambio de útil son la variable más influyente sobre la efectividad del proceso y su duración.

Tanto el modus operandi de la persona como el conocimiento del proceso y máquina que posea, condicionarán el tiempo y coste del proceso. Deben ser personas metódicas y ordenadas las que realicen el cambio, que conozcan perfectamente la máquina en la que van a realizarlo, así como que posean una clara visión sobre la importancia que tiene dicho proceso.

Quizás esto último sea lo más difícil de conseguir, es decir, hacer ver a los operarios la importancia de realizar bien el proceso de cambio de útiles ya que, en general, es considerada todavía como una “operación despilfarro”.

El tipo y cantidad de personal para llevar a cabo el cambio deben ser elegidos cuidadosamente de forma que maximice el rendimiento del mismo sin producir interferencias entre ellos.

Para ESTAMPACIÓN S.L. en particular, el cambio de útil suele ser realizado por el jefe de equipo de prensas correspondiente, y por el operario que vaya a encargarse de producir en la prensa, siendo común la asistencia del carretillero para algunas operaciones. Sin embargo, y como se tratará posteriormente, la prensa en la que se ha realizado el estudio para este proyecto dispone de dos operarios, por lo que en el cambio intervienen cuatro personas contando con el carretillero.

Fuera del proceso de cambio de útiles conviene que, tanto personal de producción como de mejora continua, formen parte de un equipo encargado del análisis y mejora del proceso.

3) Los productos a procesar:

Las características físicas y químicas de los productos a procesar marcan el número de operaciones que forman parte del cambio. Una alta similitud entre el útil (o producto) que hay antes del cambio y el nuevo que se introduce, hará que el número de operaciones y ajustes a realizar sea menor que si ambos productos son muy diferentes.

En la planta de ESTAMPACIÓN S.L., si el troquel (y la referencia que conforma) a cambiar es muy distinto al nuevo que va a ser introducido, el jefe de equipo necesitará mucho más tiempo para ajustar los parámetros de la prensa y es muy probable que se requiera la instalación o desinstalación de elementos adicionales.

4) La organización del proceso de cambio:

Un proceso de cambio de útil sin una adecuada organización y protocolización puede llegar a ser un perjuicio en vez de una ventaja. La correcta organización es primordialmente importante cuando los recursos requeridos para el cambio no son tan abundantes como se desea, y por tanto si se realizan varios cambios simultáneos en distintas máquinas habrá un colapso por falta de una buena planificación.

Una correcta organización implica lo siguiente:

- Conocimiento absoluto de la programación del proceso por parte de los operarios encargados de realizarlo.
- Útiles y herramientas correctamente almacenadas, limpias e identificadas.
- Disposición de los medios de transporte necesarios.
- Información clara, precisa y fluida desde las áreas de gestión hasta el personal encargado de realizar el proceso de cambio.

En ESTAMPACIÓN S.L., el departamento de mantenimiento no interviene en el proceso de cambio de útiles, sino que únicamente es el departamento de producción el encargado de planificarlo y realizarlo.

A continuación se muestra un esquema aproximado sobre el tipo de información y su transmisión entre los distintos departamentos implicados en ESTAMPACIÓN S.L.:

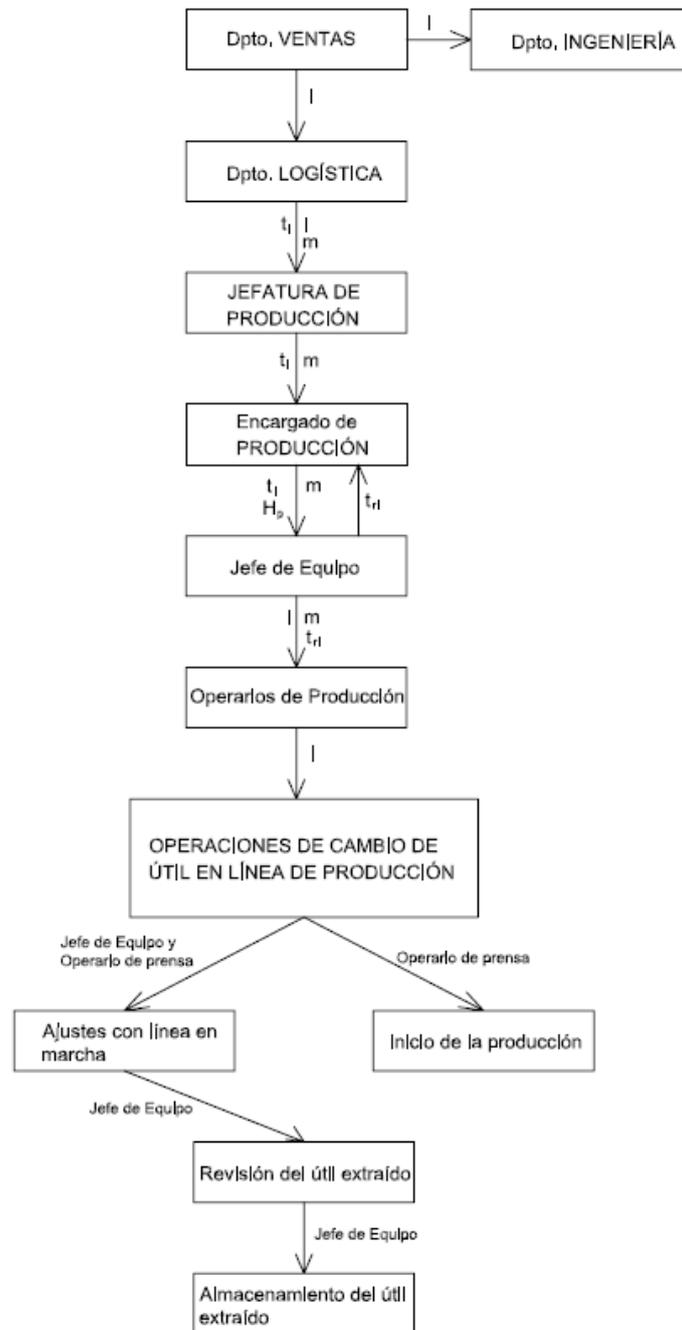


Fig. 73: Flujo de Información en el Cambio de Útiles en ESTAMPACIÓN S.L.

en donde:

I : información sobre el producto a fabricar y cantidad.

m : máquina o línea de producción donde se llevará a cabo el cambio de útil.

t_i : tiempo estimado para el inicio del cambio de útil.

t_{ri} : tiempo real para el inicio del cambio de útil.

H_p : hoja de cambio de útiles de producción.

5) Los elementos de seguridad:

Acorde con la política seguida en ESTAMPACIÓN S.L., la seguridad es un tema que debe estar siempre presente en cualquier actividad, y más aún si dicha actividad requiere un estrecho contacto entre hombre y máquina, tal y como es el cambio de útiles.

Generalmente, aunque no siempre y cada día en menor medida (debido a innovación en diseño), los elementos de seguridad de los que disponen máquinas y operarios, interfieren negativamente en el proceso de cambio de útiles, por actuar estos como una “barrera” entre máquina y persona.

La celeridad exigida para la realización del cambio de útiles tendrá como consecuencia el riesgo de sufrir una infinidad de posibles accidentes laborales. Por ello es de gran importancia la conservación en buen estado de todas las herramientas, mantener limpia y organizada la zona donde se realizará el proceso, así como cumplir con la normativa general y específica sobre la seguridad de los trabajadores.

6.3. OPERACIONES.

Hasta ahora en ESTAMPACIÓN S.L., no se llevaba un control exacto sobre los tiempos y costes de los cambios de utillaje, sino que únicamente se disponía de una idea aproximada (adoptada mediante la experiencia) sobre el tiempo medio que un cambio de útil suponía en función de la prensa y referencias participantes.

Las causas de este desconocimiento exacto de tiempos es causado generalmente por: las diferentes operaciones que configuran el cambio y el tipo de cambio que se va a realizar. Todo ello influenciado por variables aleatorias como el factor humano y ambiental.

En este epígrafe se realizará una descripción general y superficial sobre las principales operaciones implicadas en un cambio de útil.

Las operaciones a realizar en un cambio de útiles vienen marcadas por las diferencias existentes entre las características y/o requisitos del producto anterior y posterior al cambio de útil.

Atendiendo al sistema SMED ideado por Shigeo Shingo, las operaciones de un proceso de cambio de útiles pueden ser clasificadas en:

- **Operaciones internas:** aquellas actividades que configuran el cambio de útiles y que se tienen que realizar con las máquinas paradas.
- **Operaciones externas:** aquellas actividades del cambio de útiles que se pueden realizar antes de realizar la parada, o bien después de la parada de las máquinas.

A pesar de la gran diversidad de operaciones que pueden darse en un cambio de útiles, todas ellas forman parte de unas operaciones principales (en relación de precedencia), cuya función es la misma en todos los procesos de cambio de cualquier industria. Dichas operaciones principales son:

➤ **El almacenamiento de los útiles.**

Se trata de una operación en directa relación con el transporte y limpieza de útiles, herramientas y piezas. Es de gran importancia ya que un almacenamiento erróneo o confuso da lugar a grandes pérdidas de tiempo para encontrar la ubicación adecuada donde colocar o de donde coger el elemento necesario.

➤ **El transporte.**

El transporte es una actividad cuya mala planificación dará lugar a recorridos ineficientes con gran consumo de tiempo y por lo tanto, dinero.

Como primera aproximación convendrá, siempre y cuando se disponga del espacio suficiente, ubicar todo lo que sea necesario para el cambio de útiles lo más cerca posible a la máquina donde se vaya a utilizar. De esta forma se evitarán largos recorridos por la planta que, en el caso particular de ESTAMPACIÓN S.L., se realiza a través de pasillos relativamente estrechos y curvados.

Igualmente, a medida que el transporte es más frecuente y a mayores distancias, el riesgo de accidente se incrementa; por lo que un diseño que permita minimizar dichos factores, disminuirá el riesgo.

➤ **Las operaciones de intercambio de útiles.**

Estas operaciones incluyen todas aquellas que consistan en la adaptación tanto de la máquina como del útil a las nuevas condiciones de fabricación. Es decir, abarca la desinstalación de los útiles, preparación de la máquina e instalación de los nuevos útiles.

Son actividades propiamente dichas de cambio de útiles, pero como se aclaró al comienzo de este bloque, el proceso entero es mucho más que las simples operaciones de intercambio, que generalmente no consumen demasiado tiempo en comparación con otras operaciones.

Los principales factores que afectan a estas operaciones son aquellos relacionados con el diseño y seguridad de la máquina, explicados anteriormente.

➤ **La limpieza de los elementos.**

Para el caso particular de ESTAMPACIÓN S.L., la limpieza de los útiles favorece la instalación de los mismos en la máquina, permite un trabajo más cómodo y por lo tanto más eficiente, disminuye el riesgo de accidente entre los operarios (por ejemplo resbalones debido a charcos de aceite), evita problemas y paradas de producción una vez terminado el proceso de cambio, y facilita la identificación de todos los elementos necesarios.

Por tanto, a pesar de parecer que la limpieza y el orden es algo carente de importancia y que puede realizarse tras el cambio de útiles, no es así y sus consecuencias a largo plazo darán lugar a un ambiente laboral propenso al fracaso.

Para una mayor información sobre ello, léase cualquier documento relacionado con la teoría de gestión japonesa 5S.

➤ Los ajustes.

Como su propio nombre indica, son todas aquellas operaciones que se realizan tanto sobre la máquina como sobre los útiles instalados, con objeto de ajustar sus parámetros a los requeridos para su correcto propósito y funcionamiento.

Se puede afirmar que la inmensa mayoría de plantas de producción, los ajustes son los causantes del mayor consumo de tiempo total de cambio (15 – 20% en procesos correctamente ejecutados e incluso 50% en procesos no controlados). Por ello, es uno de los principales y más difíciles puntos a atacar en una implementación de mejora de cambio.

Globalmente existen dos tipos de ajustes:

- Ajustes de colocación de piezas.
- Ajustes de funcionamiento de máquinas.

En ESTAMPACIÓN S.L., el principal problema observado en toda prensa son los ajustes de funcionamiento, ya que requieren pruebas de ensayo-error hasta verificar que las piezas fabricadas satisfacen las condiciones de calidad impuestas, y el correcto funcionamiento continuo del proceso de fabricación.



Fig. 74: *Proceso General de Ajustes en un Cambio de Útiles.*
(Fuente: “El Proceso de Cambio de Útiles”)

En esta etapa influye en gran medida la persona encargada de realizar dichos ajustes. Una de las herramientas para minimizar el factor humano es disponer de protocolos de actuación, no solo de las operaciones a realizar sino también de cómo realizarlas, o realizar la estandarización del máximo número posible de parámetros y elementos que intervenga en los ajustes.

6.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Entre las principales ventajas que proporciona la reducción de los tiempos de cambio están:

- La adaptabilidad del proceso productivo a las exigencias del cliente, reduciendo los costes de producción y, en consecuencia, abaratando el producto final.
- El tiempo de cambio mide el nivel de flexibilidad de una línea de producción.
- Permite un ahorro de inversiones a medio y largo plazo, pudiendo dedicar el capital a mejorar la adaptación de otras máquinas.
- Mejora el aprovechamiento de la máquina mediante adaptación a las necesidades del mercado, y en consecuencia retrasa su obsolescencia.
- Reducción de los costes de stock (costes financieros, almacenaje, manipulación,...).
- Eliminación de inactividades, aumentando la tasa de trabajo de las máquinas y, en consecuencia, la productividad global.
- Reducción de costes operativos e incremento de las tasas de rotación de capital.
- Reducción del tamaño de lote económico, disminuyendo los requerimientos espaciales de almacenamiento.
- Reducción de costes de personal (horas extra).
- Manuales y protocolos permiten la realización del proceso por parte de operarios no tan especializados.
- Eliminación de errores de preparación y mejora de la calidad.
- Mayor seguridad laboral.
- Menor nivel de entrenamiento y requerimientos.

También existen algunos inconvenientes y requisitos, como por ejemplo:

- Incremento de los costes de productos fijos: inversiones iniciales.
- El proceso de cambio está influenciado por gran cantidad de factores, ya sean humanos o ambientales.
- Requiere una adecuada logística de: operaciones implicadas, información, materiales y personas.

6.5. COSTES DE UN CAMBIO DE ÚTILES.

Como se ha comentado anteriormente, el proceso de cambio de útiles ha sido siempre considerado como algo necesario pero sin importancia económica.

Sin embargo, quizás esa idea ha sido mantenida a lo largo de los años debido a un análisis del proceso no lo suficientemente profundo.

Los costes que intervienen en el proceso son costes bastante importantes y cuya minimización únicamente es posible diseñando y planificando el proceso de una forma óptima.

A pesar de la gran carga económica que lleva consigo, como se verá más adelante, los beneficios de su correcta ejecución y contabilización pueden ser muy acusados, influyendo no solo sobre el coste unitario del producto sino también sobre el tamaño del lote económico.

En el cómputo del coste de un cambio de útiles se han de tener en cuenta todos los costes tanto humanos como materiales de los elementos y personas que hayan sido empleados en ello; así como inversiones y costes de amortización.

A continuación se exponen todos y cada uno de los costes derivados de un cambio de útiles.

6.5.1. Coste Total.

De forma genérica, el coste total de un proceso de cambio de útiles se puede expresar como:

$$CT = f[C_R(t), C_I(t)]$$

en donde:

CT: coste total.

C_R : coste de los recursos empleados, humanos y materiales.

t: duración del cambio.

C_I : coste de indisponibilidad de máquina.

Por tanto, el coste puede estimarse de la siguiente forma:

$$CT = \sum_i n \cdot t_{oi} \cdot C_{oi} + \sum_j t_j \cdot C_{mj} + t_{pi} \cdot P \cdot B$$

en donde:

n: número de operarios, i.

t_{oi} : tiempo empleado por el operario i en el proceso.

C_{oi} : coste horario del operario i.

C_{mj} : coste de amortización de equipos, herramientas, j...

t_j : tiempo del equipo, herramientas, j..., que se dedica a realizar el cambio de útiles.

t_{pi} : tiempo de duración de la parada de la unidad de producción, durante el proceso de cambio de útiles.

P: producción horaria de la unidad productiva.

B: beneficio obtenido por cada unidad producida.

6.5.2. Costes de Organización.

Está referido al coste de elaboración y transmisión del flujo de información correspondiente a un cambio de útiles, desde que sale del departamento comercial, hasta que llega a los operarios encargados de su realización.

$$CI = \sum_{i=1,n} C_i \cdot t_{opi} + \sum_{i,j} K_j \cdot t_{ij}$$

en donde:

CI: coste total del proceso de información o de gestación del cambio de útiles.

n: número total de operarios que interviene en esta etapa.

C_i : coste del operario i.

t_{opi} : tiempo asignado al operario i, por el que pasa la información.

j: soporte.

K_j : coste de amortización del soporte de la información.

t_{ij} : tiempo, i, que se emplea el equipo de información j.

6.5.3. Costes de Preparación.

En este coste deberían estar incluidas la gran mayoría de operaciones que intervienen en el proceso de cambio de útiles; principalmente las de preparación, que se podrían resumir en:

- Desplazarse desde la máquina hasta el almacén.
- Recoger el útil del almacén.
- Transportar el útil desde el almacén hasta la máquina.
- Recoger el útil retirado de la máquina.
- Inspeccionarlo.

- Transportar el útil revisado al almacén donde se ubica.
- Ubicar el útil en su lugar adecuado.
- Volver a la máquina.

Hay operaciones que implican desplazamiento y otras que no, por lo que el coste total de preparación se puede estimar como:

$$CT = \sum_{i=1,n} (t_{mi} + t_{pi} + t_{ri}) \cdot C_{ij} + \sum_j K_j$$

en donde:

CT : coste de todas las operaciones implicadas en la preparación de los elementos para realizar el cambio de útiles.

n : número total de operarios que intervienen en esta etapa.

t_{mi} : tiempo en el que el operario i está en movimiento.

t_{pi} : tiempo en el que el operario i está fuera de su lugar de trabajo.

t_{ri} : tiempo de revisión de útiles, realizado por el operario i .

C_i : coste horario del operario i .

K_j : amortización de los equipos, herramientas, j, \dots

6.5.4. Costes de Parada de Máquina.

Se trata de la parte más compleja de calcular, ya que intervienen dos partes: el coste de la mano de obra y el coste de oportunidad.

Coste de la mano de obra.

Se considera la mano de obra utilizada en la propia acción del cambio de útiles junto con sus tareas asociadas cuando la máquina está parada.

$$Cmo = \sum_{i=1,n} t_{pj} \cdot C_{ij}$$

en donde:

Cmo : coste de la mano de obra utilizada para cambiar el útil.

n : número total de operarios que interviene en esta etapa.

t_{pj} : tiempo de parada de la máquina j .

C_{ij} : coste del operario i que realiza el cambio en la máquina j .

Coste de oportunidad.

Esta fracción del coste tiene en cuenta diversos factores como:

- coste de la mano de obra que permanece sin ocupar.
- costes de amortización de la máquina.
- coste del capital invertido en las materias primas que están a la espera de entrar en el proceso de fabricación.
- pérdida de beneficio que se a generado por el retraso en la producción.

$$C_{ort} = \sum C_j \cdot t_{ji} + K_{ki} \cdot t_{ki} + P \cdot B \cdot t$$

en donde:

C_{ort} : es el coste de oportunidad.

C_j : es el coste de los operarios j que están parados durante el tiempo i.

t_{ji} : es el tiempo que los operarios j están parados.

K_{ki} : es el coste de amortización de la máquina k durante el tiempo de parada, i.

t_{ki} : es el tiempo, i, que la máquina k está parada.

P : es la producción horaria de la máquina.

B : es el beneficio que se obtiene del producto que se va a fabricar en esa máquina.

t : es el tiempo que la máquina va a estar parada mientras en ella se realiza el cambio de útiles.

6.5.5. Costes de Transporte.

El transporte es una operación que forma parte de la preparación del cambio de útil, por lo que ya se ha tenido en cuenta en el cómputo del coste de preparación descrito anteriormente.

Sin embargo, el coste de transporte puede ser tratado de forma aislada, ya que representa una actividad muy importante en toda industria, y la cual suele consumir gran cantidad de tiempo y de recursos. La siguiente fórmula puede ser aplicada a cualquier operación de transporte que se realice dentro de una planta de producción:

$$Ct = \sum_{i,j=1}^{i,j=n} t_{ij} \cdot C_{ij}$$

En donde:

C_t : coste de transporte

t_{ij} : tiempo que el operario necesita para ir con la pieza i hasta la máquina j .

C_{ij} : coste para llevar la pieza i a la máquina j .

C_{ij} depende del número y coste de los operarios que intervienen en el transporte de los útiles y también del coste de los elementos que se emplean para el transporte.

Por tanto la elección de la distribución será aquella que suponga menor coste y tiempo de localización.

6.5.6. Tamaño Económico de Lote.

Según Harris (1913) y Wilson (1934), es la cantidad que se va a producir de un producto y que minimiza la suma de los costes de almacenamiento, de preparación de las máquinas y de cambio de útil.

Esta definición está basada sobre suposiciones que no siempre son reales como por ejemplo:

- Considerar que la demanda de un producto se mantiene constante.
- Suponer que el tiempo de entrega del producto es constante y perfectamente localizable.
- Suponer que no debe haber inexistencia de los materiales que son necesarios para elaborar un producto, en el momento de fabricarlo.
- Los materiales se procesan en lotes, y éstos se entregan al inventario todo completo.
- El coste unitario de un producto es constante.
- El coste del almacenamiento es un promedio del coste de inventario.

A pesar de lo anterior, la teoría del lote económico citada da una idea bastante acertada para el caso particular de ESTAMPACIÓN S.L..

El objetivo es ser capaz de generar un tamaño económico de lote que se corresponda con el tamaño de lote demandado por el mercado. Si eso no es así, será necesario iniciar un proceso de mejora (en este caso sobre los cambios de útil) hasta alcanzar la meta marcada.

Desarrollando la fórmula de los costes mencionados se tiene:

$$TC = D \cdot C + \frac{D}{Q} S + \frac{D}{2} H$$

en donde:

TC: Coste anual total.

D: Demanda anual.

C: Coste por unidad.

Q: Cantidad para el pedido.

S: Coste del cambio de útiles.

H: Coste anual de almacenamiento por unidad de inventario promedio.

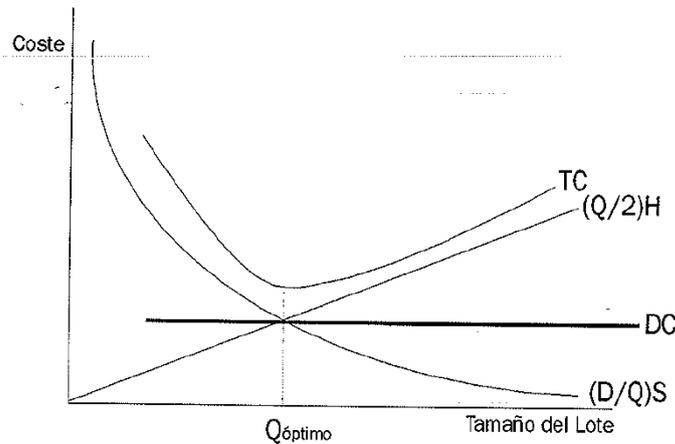


Fig. 75: Curvas de Coste Óptimo. (Fuente: "El proceso de Cambio de Útiles")

Para minimizar los costes y haciendo uso del cálculo diferencial se obtiene:

$$\frac{d(TC)}{dQ} = 0 \Rightarrow Q_{op} = \sqrt{\frac{2D \cdot S}{H}}$$

cantidad cuya producción minimizará el coste total.

6.6. SISTEMA SMED EN ESTAMPACIÓN S.L.

6.6.1. Introducción.

Una vez conocidas las principales operaciones, así como factores y costes que intervienen en un proceso de cambio de útiles, en este epígrafe se procede a su aplicación para un caso particular en la planta de ESTAMPACIÓN S.L.

El presente bloque tiene como objetivo abrir las puertas hacia un cambio de filosofía en los procesos de cambio de troqueles en ESTAMPACIÓN S.L.

La idea de esta parte del proyecto ha sido el estudio del cambio de troquel en una de las prensas, que tras su análisis de tiempos y costes permita definir una serie de mejoras que tengan una importante repercusión tanto económica como de rendimiento productivo.

El sistema ha sido estudiado en una sola prensa, con miras a implantarlo progresivamente en todas y cada una de las máquinas de la planta.

La razón por la que se ha decidido implementar un sistema SMED en ESTAMPACIÓN S.L. ha sido por la gran importancia que el proceso de cambio de útiles tiene en su actividad diaria.

Hasta ahora no se había tenido en consideración la relevancia de este proceso, sin embargo, debido a la situación económica que comenzó a sufrir ESTAMPACIÓN S.L. a mediados de 2008, la empresa se vio obligada a tomar en cuenta temas de rendimiento y eficiencia productiva. Toda industria productiva que se precie de ser competitiva hoy en día, debe dar al proceso de cambio de útiles la importancia que se merece.

Particularmente en ESTAMPACIÓN S.L., el proceso de cambio de útiles, junto con el suministro de materia prima, son los principales cuellos de botella que tiene la planta, por lo que es necesario actuar sobre ellos.

Esto puede comprobarse mediante la observación de las siguientes gráficas con el número de cambios de útil que se produjeron durante 2008 en cada prensa de estampación:

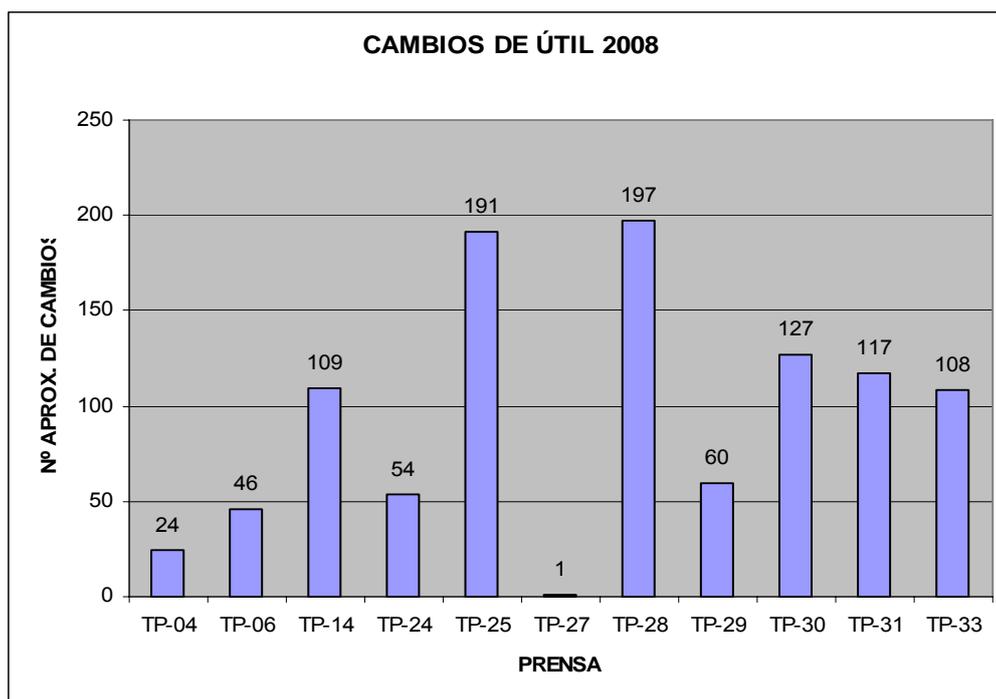


Fig. 76: Nº Cambios de Útil en 2008 por prensa.

La gráfica anterior muestra la gran cantidad de cambios de troquel que se produjeron durante 2008 en cada prensa. Cabe destacar los valores de 191 y 197 cambios para las prensas TP-25 y TP-28, es decir una media de 16 cambios al mes. Ello es lógico ya que son las prensas con mayor carga de trabajo por sus características funcionales y polivalencia.

El gran número de cambios que se producen revela la importancia que adquiere el proceso en una empresa como ESTAMPACIÓN S.L. en la que, la adaptación de la producción a la filosofía "just in time" así como los requerimientos de flexibilidad de fabricación que se requieren en el sector, la obligan a realizar tal cantidad de cambios de útil mensualmente.

Pero algo que dice aún más que la gráfica anterior, es el tiempo que se emplea para llevar a cabo el proceso. Si además de realizar frecuentes cambios, éstos consumen tiempos elevados, entonces se puede decir que la eficiencia de producción es pésima, ya que ello da lugar a precios de producto final y costes desorbitados. Por tanto, la empresa estará abocada a la pérdida de competitividad y en consecuencia al fracaso.

El tiempo aproximado que se empleó durante 2008 para realizar los cambios de útil oportunos en cada prensa fue el siguiente:

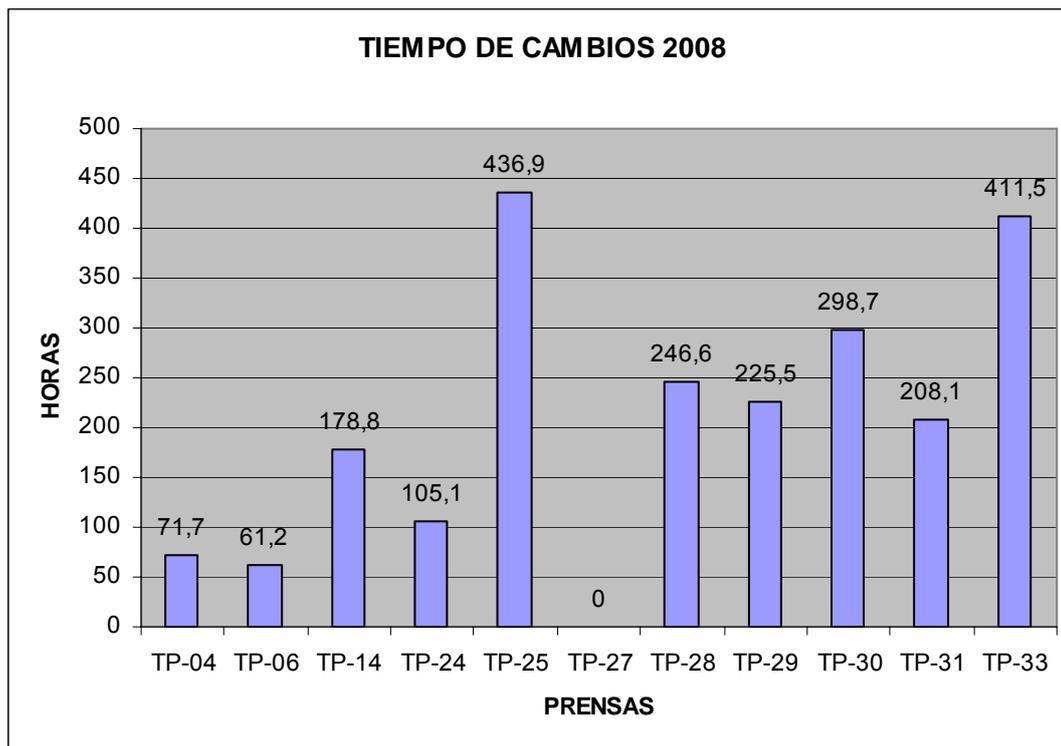


Fig. 77: Tiempos Totales de Cambio por prensa durante 2008.

Dadas las dos gráficas anteriores, es alarmante tanto la cantidad de cambios como el tiempo empleado en ellos. Según las gráficas, el número de cambios totales fue de 1034 y el tiempo que se consumió para ello fue de 2244.1 horas por lo que saldría a una media de 2.17 horas por cambio de útil. Es decir, un tiempo equivalente al 64% del tiempo laboral de que dispone un año (considerando 2 turnos por día y 8 horas por turno), es utilizado para realizar cambios de troquel, lo cual es totalmente inaceptable si se desea estar a la cabeza de un sector tan cambiante como es el de la automoción.

Dejándose llevar por la primera gráfica de número de cambios, se tendría la tentación de designar a la TP-25 o a la TP-28 como las prensas cuyo estudio SMED es más necesario, por ser aquellas que más cambios de útil experimentan. Sin embargo, atendiendo a la segunda gráfica con los tiempos de cambio, la situación cambia, y se observa que los cambios en la TP-28 son aceptablemente eficientes, debido a que su duración es menor que en casos como la TP-25 y la TP-33.

Debido a estos razonamientos, se requiere un parámetro que sea más apropiado para comparar las prensas entre sí y poder seleccionar la idónea. Ese parámetro es el tiempo medio de cambio por prensa, el cual aparece en la siguiente gráfica:

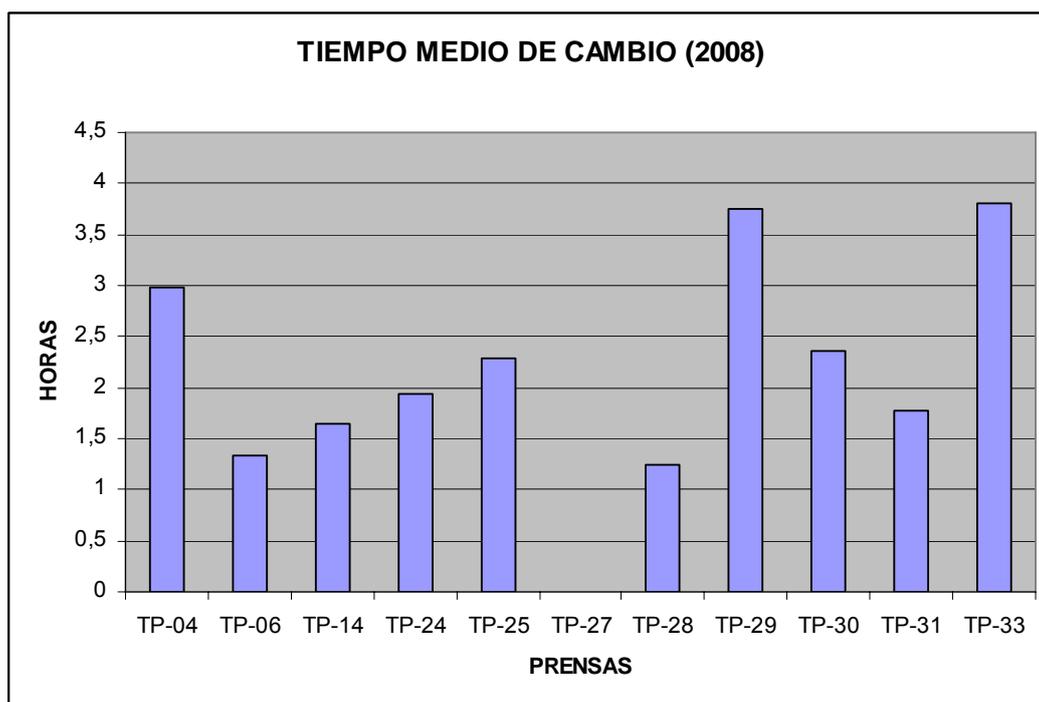


Fig. 78: Tiempo Medio por Cambio en cada Prensa durante 2008.

Ahora es cuando realmente se puede decidir sobre la prensa con peores tiempos en sus cambios, observando el dato de la TP-29, la cual había pasado desapercibida en las anteriores gráficas.

El tiempo medio para la TP-33 es de 3.81 horas/cambio, mientras que para la TP-29 se obtienen 3.75 horas/cambio. En un principio se decidió atacar el estudio en la TP-33, sin embargo, debido a otros factores a tener en cuenta, como por ejemplo la ineficiencia de cada prensa en cuanto a pérdidas de dinero se refiere, resultó ser la TP-29 la más perjudicada.

Ambas son prensas transfert en cuyos cambios de troquel existen numerosísimas operaciones debido a los elementos y ajustes del transfert. De ahí que sus tiempos de cambio sean los mayores de toda la planta.

La TP-33 es una prensa que actualmente está produciendo de forma eficiente y no está incurriendo en pérdidas de dinero para la empresa.

Sin embargo, la TP-29, es una prensa que tiene grandísimos problemas de producción, con continuas paradas por averías e ineficiencias, por lo que se adoptó como prioridad dentro del plan de mejora continua llevado en ESTAMPACIÓN S.L.

La siguiente tabla muestra datos relativos a rendimientos productivos y costes referentes a 2008 en el parque de prensas disponible:

DATOS PRENSAS 2008							
PRENSA	CANTIDAD	HORAS PRODUCTIVAS SIN INCIDENCIAS	HORAS PRODUCTIVAS CON INCIDENCIAS	HORAS NO PRODUCTIVAS	RENDIMIENTO PRODUCTIVO	HORAS TOTALES	GRUPO FUNCIONAL HORARIO (€/hora)
TP-04	333971	65,6	407,4	21,6	81,41	566,58	44,84
TP-06	181473	987,9	102,8	17,7	120,81	1169,83	46,03
TP-14	1096571	260,4	492,5	17,8	93,47	949,61	44,03
TP-24	1854666	704	281,2	54,7	110,1	1145,2	46,29
TP-25	3133039	1233,9	473,9	198,8	113,87	2343,64	46,29
TP-27	10785	105,7	3,3	0,8	124,73	109,94	77,83
TP-28	5843479	2290,5	575,5	322,7	114,55	3417,48	45,1
TP-29	485591	2	1305,5	1536,8	86,9	3067,97	89,76
TP-30	1460203	702,2	660,9	69,6	103,45	1731,71	48,91
TP-31	1933745	1257,6	215,9	174,3	117,86	1856,07	64,18
TP-33	1430040	377,5	1108,8	956,5	136,23	2854,19	80,8

Tabla 39: Datos Productivos de Prensas durante 2008.

donde,

$$\text{Horas Totales} = \text{HP (sin incid.)} + \text{HP (con incid.)} + \text{HNP} + \text{H.PREPARACIÓN}$$

Las horas totales en máquina pueden ser productivas o no. De igual forma se puede producir sin incidencias (es decir 100% funcionamiento productivo) o con incidencias (microparadas, averías,...).

Las horas no productivas son aquellas en las que se está en la máquina, pero no se está produciendo por cualquier causa (pruebas, ajustes, puesta a punto,...). Y por último, durante el cambio de útiles, la máquina está parada, por lo que también sería tiempo no productivo.

En comparación con las demás máquinas, la TP-29 es la que posee mayor cantidad de sistemas modernos de adaptación al cambio rápido de útiles, como por ejemplo una placa de mesa extraíble y una unidad de control de errores y ajustes.

Aún así y debido al gran número de sistemas y piezas que forman la línea de producción, su tiempo de cambio es mucho mayor que en las demás y su rendimiento productivo es el menor de todas las prensas (87% aprox.), por lo que se deduce que existe una práctica ineficiente del proceso que es necesario mejorar para poder sacar el máximo beneficio de la máquina.

De igual forma, es la prensa con el mayor Coste Funcional Horario lo que empuja a reducir costes de otras actividades, como el cambio de útiles. Por todo ello, desde el Comité de Dirección se ha establecido un plan de mejora y competitividad que ha atacado directamente a esta prensa, incluyendo el estudio de un sistema de cambio rápido SMED.

6.6.2. Procedimiento.

El procedimiento correcto para llevar a cabo el estudio de un sistema SMED admite diferentes configuraciones dependiendo de las características físicas, técnicas, humanas y de operación que tenga la planta en estudio.

A pesar de disponer de un procedimiento bien definido, frecuentemente las circunstancias en las que se realiza son complejas y tediosas, ya que el proceso depende de las personas que intervengan en él, requiere modificaciones tanto de máquinas como de hábitos de trabajo, y durante el cambio coexisten otro tipo de operaciones o actividades que alteran su definición.

Un buen estudio debe permitir conocer:

- Las operaciones que configuran el proceso.
- Los operarios que intervienen en su realización.
- El flujo de las operaciones que configuran el cambio.
- Las operaciones ajenas al cambio y que se realizan durante el proceso.

El esquema general de un estudio de cambio de útiles tiene el siguiente aspecto:

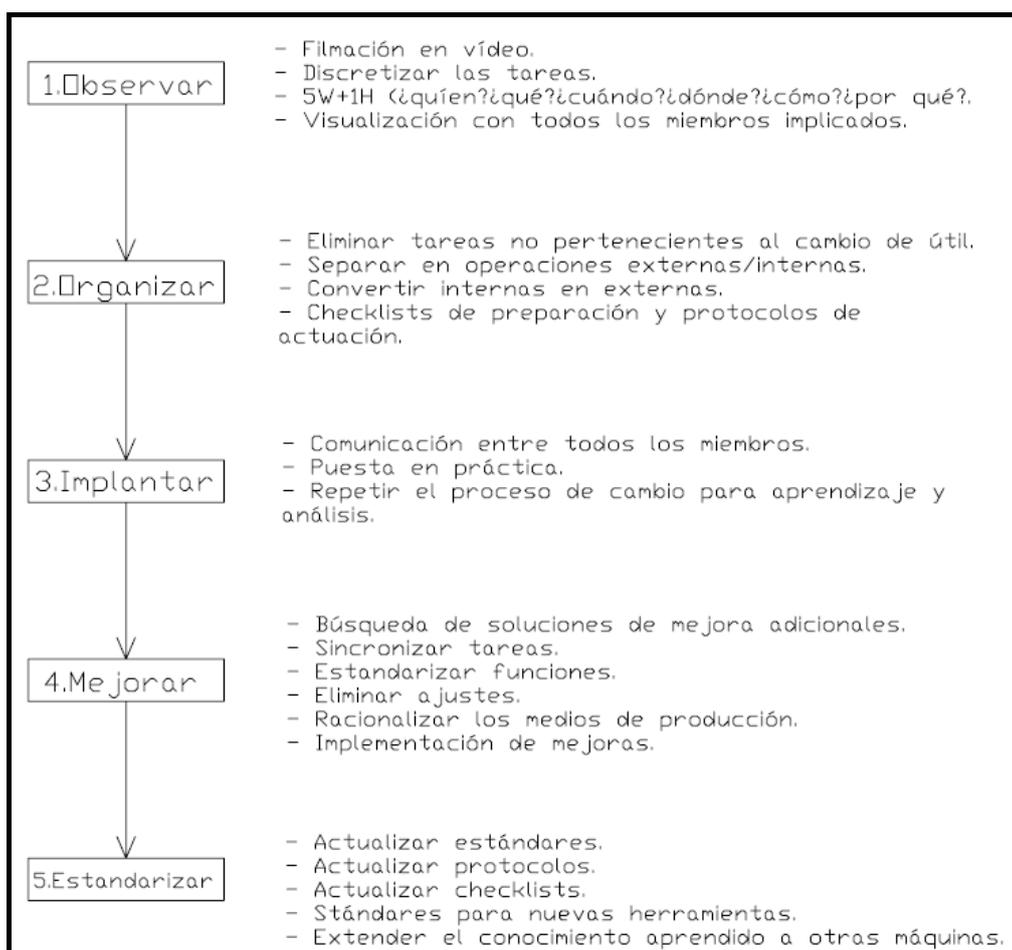


Fig. 79: Procedimiento General de Estudio SMED. (Fuente: SMED Implementation Guide 2007, FAURECIA)

En el caso particular de este proyecto, las principales fases realizadas han sido las siguientes:

1. Toma de datos, identificación y separación de operaciones.

En esta primera fase se procedió a filmar en vídeo un cambio de útil realizado en la prensa de estampación TP-29, antes de implementar ninguna mejora y representativo de la actuación general que se ha venido realizando en ESTAMPACIÓN S.L. desde sus comienzos.

Un efectivo análisis de tiempos requiere la identificación de todas las operaciones elementales que intervienen en el proceso. Generalmente estas operaciones forman parte de una operación principal, en forma de operaciones previas y posteriores.

Dicho lo anterior, se debe considerar que el tiempo empleado para una operación principal, i , es:

$$t_i = t_{ai} + t_{opi} + t_{pi}$$

en donde:

t_a : tiempo invertido en operaciones previas a la operación principal.

t_{op} : tiempo empleado en la operación principal.

t_p : tiempo invertido en operaciones posteriores a la operación principal.

A pesar de realizar un desglose de tiempos, el tiempo invertido en cada operación depende tanto de la persona que lo realiza como de las condiciones ambientales que lo rodea. A lo largo de los años se ha estudiado este fenómeno llegándose a la conclusión de que este tiempo presenta el comportamiento de una distribución de probabilidad β . Ello permite que para el estudio de nuevos procesos de cambios con similares operaciones, es posible asignar a cada una de ellas un tiempo de operación cuya estimación puede realizarse a partir de su:

- Tiempo probable: $t_{probable} = t_a + t_{op}$
- Tiempo óptimo: $t_{óptimo} = t_{op}$
- Tiempo desfavorable: $t_{desfavorable} = t_a + t_{op} + t_p$

Por lo que la distribución β para cada operación del cambio sería:

$$\beta_i = \frac{5t_{ai} + 6t_{opi} + t_{pi}}{6}$$

Una aproximación del tiempo empleado en otro proceso para una operación similar sería:

$$\text{Tiempo de operación, } t_i = \beta_i$$

De lo anterior se deduce que las operaciones que mayor peso tienen sobre el tiempo empleado son las previas a la operación principal y la propia operación principal. De ahí que los mayores esfuerzos en la implantación de mejoras se dirijan hacia la organización, preparación del cambio de útiles y mejoras técnicas.

En la siguiente tabla se sintetizan las operaciones visualizadas y cronometradas mediante tiempos divididos totales. Se ha decidido clasificar cada operación elemental en función de la operación principal a la que pertenece. De igual forma, se ha hecho uso de la teoría 5W + 1H (What?, When?, Who?, Where?, Why? + How?), lo cual permite realizar un análisis bastante preciso para la implementación del SMED.

TIEMPOS SMED

PRENSA: TP-29
REF.SALE:
REF.ENTRA:

12/6202-04
12/5240

FECHA:18/02/2009
TURNO: MAÑANA

Util sale: 10067-1 (2 operarios)
Util entra: 95240

Lote teórico: 12000
Lote teórico: 6000

Lote real: 8194

Material: CH.DC-04 (1020091)
Material: DC-04 (1020004)

T.prep estimado: 150 minutos
T.prep estimado: 300 minutos

Ref.cliente: 4515864-02
Ref.cliente: 0095240 V
Duración total 1º video: 2:28:20
Duración total 2º video: 1:03:50
Duración total 3º video: 0:46:34

Golpes/hora (al 100%): 605
Golpes/hora (al 100%): 262

Dimensiones: 1214+0-1x581+0-0.5x0.5
Dimensiones: 609+0.25x390+0.25x1

OP1: Operario de control
OP2: Operario de embalaje
JE: Jefe de equipo
C: Carretillero
Calidad: Persona del Dpto.Calidad

OPERACIÓN	TIPO	OPERACIÓN PRINCIPAL	INICIO	FIN	TIEMPO	¿QUIÉN?	¿CÓMO? HERRAMIENTA	¿DÓNDE? DESPLAZAMIENTO	¿POR QUÉ?	OBSERVACIONES
1 Embalar últimas piezas tras último golpe de prensa	interna	Embalaje últimas piezas	0:03:30	0:04:08	0:00:38	OP2	Manualmente	Zona Cinta	Finalizar producción saliente	
2 Recoger y rellenar fichas salientes	interna	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	0:03:30	0:04:08	0:00:38	OP1	Desplazamiento/Manualmente	CPU-Taquilla-Zona Cinta	Documentación producción	En zona cinta le entrega los papeles al OP2 y vuelve a taquilla
3 Llevar fichas rellenas y traer las nuevas fichas de embalaje	interna	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	0:04:08	0:09:05	0:04:57	OP2	Desplazamiento	Zona cinta-oficina?-Zona cinta	Preparación nuevo proceso	De forma pausada. Cuando vuelve con las fichas se las entrega al OP1 para que las rellene y coloque
4 Rellenar y colocar ficha de embalaje antiguo	interna	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	0:04:08	0:05:13	0:01:05	OP1	Manualmente	Zona cinta-taquilla-Zona cinta	Identificar el último embalaje	
5 Ir a por las nuevas fichas y ponerlas en la taquilla	interna	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	0:05:13	0:08:55	0:03:42	OP1	Desplazamiento	oficina?	Identificar nuevo lote	De forma pausada
6 Rellenar nuevas fichas de embalaje	interna	Cumplimentación y colocación de documentación entrante	0:08:55	0:09:30	0:00:35	OP1	Manualmente	Zona cinta-Taquilla	Identificar los nuevos embalajes	
7 Ausentarse	interna	Ausencias	0:09:05	0:15:41	0:06:36	OP2	Desplazamiento	Por planta?	descanso?buscar a jefe de equipo?	Aparecen simultáneamente OP2 y JE
8 Colocar plásticos en embalaje antiguo	interna	Retirada de embalaje antiguo	0:09:30	0:10:44	0:01:14	OP1	Rollo de plástico	Zona cinta	Cubrir las piezas del embalaje	
9 Acondicionar y retirar contenedores	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:09:55	0:11:13	0:01:18	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Despejar zona de cambio	
10 Retirar último contenedor	interna	Embalaje últimas piezas	0:10:44	0:11:13	0:00:29	OP1	Transpalet	Zona cinta-Zona piezas NOK	Despejar zona de cambio	
11 Acondicionar soportes contenedores	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:11:13	0:11:43	0:00:30	OP1	Con el pie	Frontal prensa	Colaborar con carretillero	
12 Levantar pantalla frontal de seguridad	interna	Vaciado de chatarra	0:11:43	0:12:01	0:00:18	OP1	Cuadro control	Prensa	Preparación del cambio	
13 Vaciar cajones frontales de chatarra	interna	Vaciado de chatarra	0:12:01	0:12:38	0:00:37	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Limpieza y acondicionamiento de zona	
14 Retirar zona de mandos manual	interna	Vaciado de chatarra	0:12:38	0:13:10	0:00:32	OP1	Manualmente	Zona contenedor chatarra frontal	Despejar el frontal de prensa	
15 Vaciar cajones frontales de chatarra	interna	Vaciado de chatarra	0:13:10	0:14:44	0:01:34	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Extracción útil antiguo	Aparecen Jefe de fabricación y otra persona que están durante aprox. 1 minuto en frontal de prensa
16 Desplazarse y levantar pantalla posterior de seguridad	interna	Vaciado de chatarra	0:14:44	0:15:13	0:00:29	OP1	Cuadro control	Frontal prensa-Posterior prensa	Permitir acceso a zona posterior de prensa	
17 Vaciar cajones posteriores de chatarra	interna	Vaciado de chatarra	0:15:13	0:19:40	0:04:27	OP1	Manualmente	Posterior prensa	Extracción útil antiguo	
18 Desinstalar placas desapilador, y transportarlas hasta almacén	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:15:41	0:28:52	0:13:11	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-almacén barras transfert	Cambio de placas	El OP2 se encuentra en la zona del desapilador pero la grabación no permite ver si hace algo o solamente mira.Hay un momento en el que parece verse que abandona la zona, pero por falta de claridad se considerará que está continuamente en el desapilador hasta su próxima aparición.
19 Soltar latiguillos frontales del transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:15:41	0:16:29	0:00:48	JE	Manualmente	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	Implica cierre de aire comprimido en montante frontal derecho.Coloca los latiguillos enrollándolos en tubo cerca de montante derecho frontal
20 Desplazarse y soltar latiguillos posteriores del transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:16:29	0:17:13	0:00:44	JE	Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Desinstalación Transfert	
21 Desplazarse y avanzar barras transfer	interna	Desinstalación barras transfer	0:17:13	0:18:12	0:00:59	JE	CPU control	Posterior prensa-CPU	Desconexión Transfert	
22 Desconectar cables frontales transfert y enrollarlos	interna	Desinstalación barras transfer	0:18:12	0:18:37	0:00:25	JE	Manualmente	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	
23 Desplazarse y desconectar cables posteriores transfert y enrollarlos	interna	Desinstalación barras transfer	0:18:37	0:19:10	0:00:33	JE	Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Desinstalación Transfert	
24 Desencajar barra posterior transfert y colocar carro con KLT	interna	Desinstalación barras transfer	0:19:10	0:20:24	0:01:14	JE	Manualmente	Posterior de prensa	Desinstalación Transfert	
25 Apilar soportes porta contenedores e ir a ayudar a JE	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:19:40	0:20:24	0:00:44	OP1 y C	Manualmente	Frontal prensa	Despejar zona de cambio	
26 Retirar contenedor chatarra y soportes porta-contenedores	interna	Retirada contenedor frontal de chatarra	0:20:24	0:21:20	0:00:56	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Despejar el frontal de prensa	
27 Cargar y trasladar barra trasfert posterior.	interna	Desinstalación barras transfer	0:20:24	0:21:38	0:01:14	JE y OP1	Manualmente/carro con KLT	Posterior de prensa-zona almacén barras	Desinstalación Transfert	
28 Retirar cinta transportadora pequeña	interna	Desinstalación barras transfer	0:21:38	0:21:59	0:00:21	JE y OP1	Manualmente	Zona almacén de barras transfert	Liberar espacio en almacén de barras transfert	Antes de colocar la barra se requiere quitar una cinta transportadora pequeña que es aparcada en contenedor piezas NOK
29 Almacenar barra posterior transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:21:59	0:22:17	0:00:18	JE y OP1	Manualmente/carro con KLT	Zona almacén de barras transfert	Desinstalación Transfert	
30 Aparcar carro y retirar puesto control	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:22:17	0:22:40	0:00:23	JE y OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Despejar zona de cambio	
31 Colocar carro con KLT en frontal de prensa	interna	Desinstalación barras transfer	0:22:40	0:22:47	0:00:07	JE y OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	
32 Desencajar barra frontal de transfert y colocarla en carro	interna	Desinstalación barras transfer	0:22:47	0:22:59	0:00:12	JE y OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	Con ayuda de un tercer operario que pasaba por la zona
33 Trasladar barra trasfert frontal y almacenarla	interna	Desinstalación barras transfer	0:22:59	0:23:22	0:00:23	JE y OP1	Manualmente/carro con KLT	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	
34 Aparcar carro con KLT	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:23:22	0:24:08	0:00:46	JE	Manualmente	Frontal de prensa-posterior prensa	Despejar zona	Se entretiene hablando con un operario 15 s. aprox.
35 Preparar trapos de limpieza	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:23:22	0:23:45	0:00:23	OP1	Desplazamiento	Frontal de prensa-Zona cinta	Limpieza y acondicionamiento de zona	
36 Desplazarse y retirar imanes del desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:23:45	0:24:20	0:00:35	OP1	Desplazamiento	Desapilador-almacén barras transfert	Desinstalar desapilador	Estos imanes no se requieren en los nuevos embalajes
37 Desplazarse y retirar transportador lat.izquierdo	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:24:08	0:24:55	0:00:47	JE	CPU control	Posterior-frontal prensa	Desinstalar transportador lateral izquierdo	
38 Desplazarse y colaborar en retirar transportador	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:24:20	0:25:05	0:00:45	OP1	Control desapilador	Zona desapilador	Extracción transportador lateral izquierdo	
39 Preparar máquina para cierre de troquel	interna	Preparación desamarre de troquel	0:24:55	0:26:01	0:01:06	JE	Manualmente/Control frontal de prensa	Frontal de prensa	Cerrar el troquel	El JE realiza múltiples desplazamientos entre CPU frontal y zona de mandos manual. Muchas verificaciones de control.
40 Transportar KLT	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:25:05	0:25:55	0:00:50	OP1	Manualmente	Posterior-almacén barras transfert	Despejar zona	Durante el trayecto desde zona posterior a zona frontal, el OP1 para en el desapilador, entra y ayuda a 1 JE durante 10 segundos aprox.
41 Desconectar y recoger cinta transportadora	interna	Desinstalación cinta transportadora grande	0:25:55	0:27:04	0:01:09	OP1	Manualmente	Zona cinta	Retirada de cinta transportadora	Esta tarea se vio interrumpida por el cable de la cámara de vídeo, cuya acción se describe en el siguiente paso
42 Cerrar troquel e ir a zona cinta	interna	Preparación desamarre de troquel	0:26:01	0:27:04	0:01:03	JE	Control de mandos manual y CPU	Frontal prensa	Desamarrar troquel	Tras realizar esto, el JE se va a ayudar al OP1, pero lo hacer por el posterior de prensa. Mucho rodeo.
43 Retirar cable cámara de vídeo	interna	Desinstalación cinta transportadora grande	0:27:04	0:27:36	0:00:32	JE y OP1	Manualmente	Zona cinta	Dificulta la extracción de la cinta transportadora	El JE se desliza desde frontal hasta el lateral derecho de prensa, pero rodeando toda la prensa por detrás
44 Intentar abrir manualmente puerta de jaula derecha	interna	Desinstalación cinta transportadora grande	0:27:36	0:27:40	0:00:04	OP1	Manualmente	Zona cinta	Extracción cinta transportadora	
45 Buscar llave para abrir puerta	interna	Desinstalación cinta transportadora grande	0:27:40	0:27:54	0:00:14	OP1	Desplazamiento	Caja de herramientas y frontal de prensa	Apertura puerta de cinta	Durante este proceso el JE espera dentro de la jaula hasta que el OP1 abra la puerta y poder extraer la cinta juntos.
46 Abrir puerta de cinta	interna	Desinstalación cinta transportadora grande	0:27:54	0:28:28	0:00:34	OP1	Allen 6	Zona cinta	Apertura puerta de cinta	
47 Extraer cinta transportadora	interna	Desinstalación cinta transportadora grande	0:28:28	0:28:52	0:00:24	JE y OP1	Manualmente	Zona cinta	Despejar jaula lateral derecha	Aparcan la cinta cercana al almacén de barras transfert
48 Almacenar placas acero del desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:28:52	0:29:08	0:00:16	OP2	Transpalet eléctrico	Desapilador-almacén barras transfert	Desinstalación desapilador	El OP2 aparece pero no se sabe con certeza si ha estado ausente o ha estado en zona desapilador
49 Desconectar cable cámara vídeo	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:28:52	0:29:07	0:00:15	OP1 y grabador	Manualmente	Zona cinta	No interrumpir trabajo	Durante este tiempo el JE supervisa la desconexión del cable y la acción del OP2
50 Desamarrar la rampa lateral derecha	interna	Desinstalación rampa lateral derecha	0:29:04	0:31:31	0:02:27	JE	Manualmente	Jaula lateral derecha	Desinstalar el transportador	En principio basta con desatar el extremo derecho de la rampa
51 Guardar Herramienta en su funda	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:29:07	0:29:15	0:00:08	OP1	Manualmente	Zona cinta	Quitar tornillos de amarre	
52 Buscar y colocar tacos de madera	interna	Desinstalación rampa lateral derecha	0:29:08	0:29:30	0:00:22	OP2	Manualmente	Montante frontal derecho-almacén barras transfert	Apilar placas de acero	
53 Buscar y transportar palanca de tuercas	interna	Desamarre de troquel saliente	0:29:15	0:29:45	0:00:30	OP1	Manualmente	Almacén barras transfert-frontal prensa	Quitar tornillos de amarre	
54 Volver a zona desapilador y continuar con su desinstalación	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:29:30	0:30:51	0:01:21	OP2	Desplazamiento	Almacén barras transfert-Zona desapilador	Continuar con desinstalación de desapilador	
55 Quitar tornillos superiores de amarre	interna	Desamarre de troquel saliente	0:29:45	0:32:42	0:02:57	OP1	Palanca Palmera 36	Frontal de prensa	Extracción troquel	6 tornillos
56 Buscar herramienta	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:30:51	0:31:43	0:00:52	OP2	Desplazamiento	Desapilador-almacén barras transfert	Búsqueda de herramienta	Antes de abandonar la zona de desapilador, el operario aparta la transpaletizadora del pasillo
57 Extraer rampa lateral derecha	interna	Desinstalación rampa lateral derecha	0:31:31	0:32:30	0:00:59	JE	Manualmente	Jaula lateral derecha-zona lateral derecha	Cambio de transportador	Una única persona tiene grandes dificultades para realizar esta operación
58 Volver a zona desapilador y desamarrar pinchos	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:31:43	0:34:23	0:02:40	OP2	Allen 14	Desplazamiento	Almacén barras transfert-Zona desapilador	
59 Desplazarse y buscar herramienta	interna	Desinstalación rampa lateral derecha	0:32:30	0:32:49	0:00:19	JE	Allen 6 y llave inglesa 14	Jaula derecha-Caja herramientas	Extracción transportador lateral derecho	
60 Llevar tornillos de amarre a cinta	interna	Desamarre de troquel saliente	0:32:42	0:32:48	0:00:06	OP1	Manualmente	Frontal prensa-cinta transportadora	Extracción troquel	Con una caja donde depositar todos los tornillos de amarre se evitarían repeticiones de desplazamiento
61 Volver a frontal y desamarrar tornillos frontales inferiores	interna	Desamarre de troquel saliente	0:32:48	0:34:08	0:01:20	OP1	Palanca Palmera 36	Zona cinta-Frontal prensa	Extracción troquel	
62 Volver a lateral derecho y desamarrar cruceta de metal	interna	Desinstalación cruceta de metal	0:32:49	0:34:30	0:01:41	JE	Allen 6 y llave inglesa 14	Caja herramientas-Jaula derecha	Extracción transportador lateral derecho	
63 Llevar tornillos de amarre a cinta	interna	Desamarre de troquel saliente	0:34:08	0:34:14	0:00:06	OP1	Manualmente	Frontal prensa-cinta transportadora	Extracción troquel	El OP1 se ha dejado un tornillo sin quitar por lo que debe volver a la prensa y quitarle
64 Volver a frontal y desamarrar el tornillo que queda	interna	Desamarre de troquel saliente	0:34:14	0:35:07	0:00:53	OP1	Palanca Palmera 36	Zona cinta-Frontal prensa	Extracción troquel	
65 Cargar pinchos (2) en transpalet eléctrico	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:34:23	0:36:20	0:01:57	OP2	Transpaletizadora	Zona desapilador	Desinstalación pinchos	
66 Ir a taquilla para dejar cruceta y coger L de metal	interna	Instalación L de metal	0:34:30	0:34:44	0:00:14	JE	Desplazamiento	Jaula derecha-taquilla	Desinstalar transportador lateral derecho	
67 Volver a lateral derecho e instalar la L de metal	interna	Instalación L de metal	0:34:44	0:36:48	0:02:04	JE	Allen 4	Taquilla-Jaula derecha	Desinstalar transportador lateral derecho	
68 Llevar tornillo a cinta y desplazarse a posterior de prensa	interna	Desamarre de troquel saliente	0:35:07	0:35:35	0:00:28	OP1	Desplazamiento	Frontal prensa-posterior prensa	Desamarrar tornillos posteriores	
69 Desamarrar tornillos de amarre posteriores	interna	Desamarre de troquel saliente	0:35:35	0:39:44	0:04:09	OP1	Palanca Palmera 36	Posterior de prensa	Extracción troquel	
70 Ausentarse	interna	Ausencias	0:36:20	0:39:07	0:02:47	OP2	Desplazamiento	?	?	Llega otro operario que se pone a hablar con el OP2, luego OP2 desaparece. Los pinchos se quedan cargados en la transpaletizadora
71 Llevar herramienta, volver y quitar un tornillo de amarre del transportador	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:36:48	0:37:11	0:00:23	JE	Manualmente	Zona lateral derecha	Preparar instalación nuevo transportador lateral derecho	Se deja un tornillo sin quitar ya que manualmente no puede
72 Buscar herramienta, volver y quitar el tornillo	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:37:11	0:37:42	0:00:31	JE	Allen 10	Zona lateral derecha	Para quitar otro tornillo que manualmente no podía	
73 Desplazarse hasta jaula desapilador y empujar barra de transportador izquierdo	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:37:42	0:38:20	0:00:38	JE	Desplazamiento	caja herramientas-jaula desapilador	Desinstalar transportador lateral izquierdo	
74 Desplazarse y buscar herramienta	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:38:20	0:38:42	0:00:22	JE	Desplazamiento	jaula desapilador-caja herramientas	Desinstalar transportador lateral izquierdo	
75 Buscar transportador	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:38:42	0:38:50	0:00:08	JE	Desplazamiento	caja herramientas-lateral derecho	Desinstalar transportador lateral izquierdo	
76 Desplazarse hasta jaula desapilador	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:38:50	0:39:12	0:00:22	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-jaula desapilador	Instalar nuevo transportador izquierdo	En el 39:30 sale?? Mirar!! Y aparece en el 40:39

77	Transportar y almacenar pinchos (2)	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:39:07	0:41:42	0:02:35	OP2	Transpaletizadora	Zona desapilador-posterior prensa	Cambio desapilador	Implica transporte y colocación de tacos de madera
78	Quitar transportador izquierdo antiguo	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:39:12	0:40:46	0:01:34	JE	Allen 6 y Allen 5	Jaula desapilador	Nuevo transportador	
79	Transportar tornillos de amarre	interna	Desamarre de troquel saliente	0:39:44	0:40:15	0:00:31	OP1	Manualmente	Posterior prensa-cinta	Extracción troquel	
80	Ir a control manual y subir carro	interna	Preparación extracción de mesa	0:40:15	0:40:46	0:00:31	OP1	Control manual	Frontal prensa	Extracción troquel	
81	Conversar	interna	Ausencias	0:40:46	0:41:01	0:00:15	OP1 y JE	Oral	Frontal prensa	Acordar siguiente acción	
82	Posicionar CPU y programar salida de mesa	interna	Preparación extracción de mesa	0:40:59	0:42:10	0:01:11	JE	CPU control	Frontal prensa	Extraer mesa	
83	Recoger retal y llevarlo a chatarra	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	0:41:01	0:41:17	0:00:16	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Limpieza y acondicionamiento de	
84	Ir a por escoba y volver a zona	interna	Limpieza de guías	0:41:17	0:41:53	0:00:36	OP1	Desplazamiento	Esquina junto TP-31	Limpieza y acondicionamiento de	
85	Volver a jaula desapilador y ordenar piezas	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:41:42	0:43:15	0:01:33	OP2	Manualmente	jaula desapilador	Instalar nuevo transportador	
86	Barrer guías del suelo	interna	Limpieza de guías	0:41:53	0:43:44	0:01:51	OP1	Manualmente con escoba	Frontal de prensa	Limpieza y acondicionamiento de zona para extracción de mesa	
87	Desplazarse, empujar mecanismo transporte del transportador y volver a CPU	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:42:10	0:42:37	0:00:27	JE	Desplazamiento y manualmente	CPU-jaula desapilador-CPU	Instalar nuevo transportador izquierdo	Durante el recorrido se acerca el OP2 para decir algo al JE
88	Programar extracción de mesa e intento de extraerla	interna	Extracción de mesa	0:42:37	0:44:08	0:01:31	JE	CPU control	Frontal prensa	Extracción automática de mesa	Debido a que el mecanismo da fallos, se requiere empujar la mesa desde atrás
89	Conversar	interna	Ausencias	0:43:15	0:43:44	0:00:29	JE y OP2	Oral	zona CPU	??	
90	Conversar	interna	Ausencias	0:43:44	0:44:11	0:00:27	JE y OP1	Oral	zona CPU	El mecanismo de extracción de mesa no funciona	
91	Cargar placas desapilador	interna	Instalación mitad desapilador	0:43:44	0:45:05	0:01:21	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador	Instalar nuevo desapilador	
92	Ir a por la carretilla y volver a posterior prensa	interna	Extracción de mesa	0:44:08	0:46:00	0:01:52	JE	Carretilla elevadora	zona CPU-planta-posterior prensa	Empujar mesa por posterior para iniciar su extracción	
93	Conversar	interna	Ausencias	0:44:11	0:45:05	0:00:54	OP1 y grabador	Oral	Lateral dcho prensa	Explicación mecanismo extracción	
94	Transportar y almacenar placas del desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:45:05	0:46:00	0:00:55	OP1 y OP2	Transpalet eléctrico	Desapilador-almacén barras transfert	Desinstalación desapilador	El OP1 solo acompaña, no es necesario.
95	Extraer mesa	interna	Extracción de mesa	0:46:00	0:47:35	0:01:35	OP1 y JE	CPU control	CPU	Extracción mesa	El JE da un pequeño empujón al posterior de mesa
96	Aparcar transpaletizadora y volver a jaula desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:46:06	0:46:55	0:00:49	OP2	Desplazamiento	Almacén barras transfert-isofix-desapilador	Despejar zona de cambio	
97	Devolver carretilla y volver a zona	interna	Extracción de mesa	0:46:16	0:47:40	0:01:24	JE	Desplazamiento	posterior prensa-planta-zona desapilador	Dejar libre la carretilla	El lugar exacto de aparcamiento de la carretilla se desconoce. Se supone que la deja cerca de la TP-28
98	Cargar pinchos antiguos	interna	Instalación mitad desapilador	0:46:55	0:51:20	0:04:25	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-posterior prensa	Instalación nuevos pinchos	
99	Preparar cepillo con trapos	interna	Limpieza interior de prensa	0:47:35	0:49:25	0:01:50	OP1	Cinta aislante y trapos	Frontal de prensa	Limpieza de zona interna de prensa	
100	Instalar nuevo transportador lateral izquierdo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:47:40	0:50:06	0:02:26	JE	Allen 6, Allen 5 y llave inglesa	Lateral izquierdo	Instalar nuevo transportador	
101	Barrer zona interna de prensa	interna	Limpieza interior de prensa	0:49:25	0:57:06	0:07:41	OP1	Cepillo	Interior prensa	Limpieza de zona interna de prensa	Incluye recoger lo barrido y llevarlo al contenedor de chatarra cercano a la TP-31. Podría depositarlo en
102	Llevar transportador izquierdo antiguo y volver para instalar el nuevo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:50:06	0:52:03	0:01:57	JE	Desplazamiento	Lateral izquierdo-Lateral dcho-Lateral izqdo	Almacenar transportador izquierdo antiguo	
103	Transportar y almacenar pinchos antiguos (2)	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:51:20	0:53:53	0:02:33	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-Posterior prensa	Desinstalación pinchos	Incluye tacos de madera y organizar la zona con el transpaletizador
104	Buscar herramienta y volver a zona desapilador	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:52:03	0:53:30	0:01:27	JE	Desplazamiento	Desapilador-caja herramientas-desapilador	Necesita otra llave	
105	Continuar con instalación transportador lateral izqdo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:53:30	0:59:48	0:06:18	JE	Allen 6 y Allen 5	Lateral izquierdo	Instalar nuevo transportador	Durante este periodo el JE realiza dos desplazamientos rápidos hacia la CPU para tocar parámetros
106	Cargar pinchos nuevos (1) y llevarlos a desapilador	interna	Instalación mitad desapilador	0:53:53	0:55:10	0:01:17	OP2	Transpalet eléctrico	Posterior prensa-transpaletizador	Instalación nuevos pinchos	Incluye reacondicionamiento de zona, tacos de madera etc en posterior de prensa
107	Colocar nuevos pinchos	interna	Instalación mitad desapilador	0:55:10	0:55:57	0:00:47	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador	Nueva configuración de formatos	
108	Desplazarse, volver y continuar	interna	Instalación mitad desapilador	0:55:57	0:58:22	0:02:25	OP2	Desplazamiento	Zona desapilador-posterior prensa-zona desapilador	Coger algo?Verificar algo?	Posiblemente coja una herramienta para instalar los nuevos pinchos?
109	Ausentarse	interna	Ausencias	0:57:06	1:14:50	0:17:44	OP1	Desplazamiento	Planta	Descanso. Hacer tiempo	Me comenta que se espera hasta que sus compañeros terminen de hacer lo que están haciendo para empezar con otra cosa. Podría ayudar a sus compañeros
110	Ir a por nuevos pinchos (1), cargarlos y llevarlos a desapilador	interna	Instalación mitad desapilador	0:58:22	0:59:48	0:01:26	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-posterior prensa-zona desapilador	Instalación nuevos pinchos	
111	Ir a por manual de instrucciones y volver a CPU	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:59:48	1:00:19	0:00:31	JE	Desplazamiento	CPU-taquilla-CPU	Programar transportador lateral	Posibilidad de colocar toda la documentación de CPU justo al lado de la CPU
112	Descargar nuevos pinchos	interna	Instalación mitad desapilador	0:59:48	1:00:23	0:00:35	OP2	Manualmente	Zona desapilador	Nueva configuración de formatos	
113	Programar CPU	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:00:19	1:02:30	0:02:11	JE	CPU control	CPU	Programar transportador lateral	
114	Ir a buscar herramienta y volver a desapilador	interna	Instalación mitad desapilador	1:00:23	1:02:17	0:01:54	OP2	Desplazamiento	Zona desapilador-Caja herramientas-Zona desapilador	Instalar nuevos pinchos	
115	Instalar nuevos pinchos	interna	Instalación mitad desapilador	1:02:17	1:13:40	0:11:23	OP2	Allen 14	Zona desapilador	Nueva configuración de formatos	
116	Ir a por herramienta y volver a desapilador	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:02:30	1:03:20	0:00:50	JE	Desplazamiento	CPU-Caja herramientas-Zona desapilador	Instalar transportador lateral dcho.	
117	Instalar transportador lateral izquierdo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	1:03:20	1:04:24	0:01:04	JE	Allen 6 y Allen 5	Zona desapilador	Instalar transportador lateral izqdo.	
118	Devolver manual instrucciones y volver a CPU	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	1:04:24	1:04:47	0:00:23	JE	Desplazamiento	Zona desapilador-Taquilla-CPU	Devolución manual instrucciones	
119	Programar CPU	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:04:47	1:07:12	0:02:25	JE	CPU control	CPU	Programar ??? Que??	
120	Desplazarse y colocar nueva cinta interior extractora pieza	interna	Instalación cinta interior extractora	1:07:12	1:08:41	0:01:29	JE	Manualmente	Zona CPU-almacén barras transfert	Preparación nueva zona de extracción	Durante este periodo aparece el jefe de Fabricación que conversa con el JE durante 1'35" ralentizando su tarea
121	Colocar nuevo extractor de pieza lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:08:41	1:09:12	0:00:31	JE	Manualmente	Lateral derecho de prensa	Preparación nueva zona de	El JE mueve primero un poco la cinta grande, retira el rollo de plástico, coge la pequeña (que está al lado de contenedor piezas NOK) y la coloca dentro de prensa
122	Fijar nuevo extractor lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:09:12	1:09:59	0:00:47	JE	Allen 10	Lateral derecho de prensa	Preparación nueva zona de	La herramienta la tenía cerca (encima de cinta grande) Aprieta un tornillo allen
123	Ir a por transpalet y colocarlo debajo transportador lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:09:59	1:10:32	0:00:33	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-zona piezas NOK-Lateral derecho	Levantar transportador y atornillarlo fácilmente	Al ir a por la transpaletizadora deposita la herramieta encima de la cinta grande
124	Coger herramienta (taco) y colocarlo en el transpaletizador	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:10:32	1:10:50	0:00:18	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-taquilla-Lateral derecho	Levantar transportador y atornillarlo fácilmente	
125	Elevar transportador	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:10:50	1:11:08	0:00:18	JE	Transpalet	Zona lateral derecha	Levantar transportador y atornillarlo	
126	Atornillar y apretar ambos tornillos	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:11:08	1:12:19	0:01:11	JE	Allen 10	Zona lateral derecha	Fijación nuevo transportador lateral	
127	Aparcar transpaletizadora y volver a lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:12:19	1:13:00	0:00:41	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-frontal prensa-Lateral derecho	Devolución transpaletizadora	
128	Conectar cinta pequeña y extractor derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:13:00	1:15:28	0:02:28	JE	Allen 6 y llave inglesa 14	Jaula lateral derecha	Fijación nuevo transportador lateral	Dificultades para encontrar herramienta en los bolsillos del JE
129	Ir a los aseos?	interna	Ausencias	1:13:40	1:18:17	0:04:37	OP2	Desplazamiento	Lateral izquierdo-aseos	descanso?	El realmente OP2??
130	Localizar y traer puente grúa	interna	Extracción troquel saliente	1:14:50	1:16:00	0:01:10	OP1	Manualmente	Frontal TP-31-frontal TP-29	Extracción troquel	
131	Colocar cinta transportadora grande	interna	Instalación cinta transportadora grande	1:15:28	1:16:28	0:01:00	JE	Manualmente	Lateral derecho de prensa	Preparación nueva zona de	
132	Colocar cadenas en gancho grúa	interna	Extracción troquel saliente	1:16:00	1:16:55	0:00:55	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Extracción troquel	
133	Realizar conexión eléctrica y neumática del extractor y conexión eléctrica de cinta pequeña	interna	Instalación extractor lateral derecho	1:16:28	1:17:42	0:01:14	JE	Manualmente/Conectores y racores	Montante derecho frontal	Instalación nuevo transportador	
134	Enganchar cadenas en primera mitad de troquel	interna	Extracción troquel saliente	1:16:55	1:18:17	0:01:22	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Extracción troquel	
135	Desplazarse dos veces	interna	Revisión y control	1:17:42	1:18:54	0:01:12	JE	Desplazamiento	Jaula lateral derecha-CPU-jaula lateral derecha (x2)	Programar CPU??	
136	Levantar y transportar troquel	interna	Extracción troquel saliente	1:18:17	1:20:44	0:02:27	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn	Frontal prensa-zona pegada a TP-31	Desinstalación troquel	Basta un operario solo para realizar esta operación
137	Colocar sensor en L de metal	interna	Instalación sensor en L de metal	1:18:54	1:21:11	0:02:17	JE	Allen 6 + llave inglesa 14	Jaula lateral derecha	Instalación nueva zona de	
138	Quitar cadenas del troquel antiguo	interna	Extracción troquel saliente	1:20:44	1:21:40	0:00:56	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Desinstalación otra mitad del	
139	Retirar contenedor con piezas antiguas	interna	Retirada de embalaje antiguo	1:20:44	1:22:54	0:02:10	OP2	Transpalet eléctrico	Frontal prensa-aparcar transpalet-Frontal prensa	Despejar zona de cambio	El transpalet se encontraba ya al lado del contenedor. Deja el KLT al lado del isofix y lleva el transpalet a tomar por saco (pa la TP-33)
140	Desplazarse y programar CPU	interna	Instalación mitad desapilador	1:21:11	1:22:14	0:01:03	JE	CPU control	Jaula lateral derecha-CPU	Preparar nuevo desapilador?	
141	Colocar cadenas en la otra mitad de troquel	interna	Extracción troquel saliente	1:21:40	1:23:28	0:01:48	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Desinstalar otra mitad del troquel	
142	Revisar transportador y desapilador	interna	Revisión y control	1:22:14	1:22:57	0:00:43	JE	Desplazamiento	CPU-desapilador-CPU	Revisión	
143	Ayudar a colocar cadenas	interna	Extracción troquel saliente	1:22:54	1:24:16	0:01:22	OP2	Manualmente	Frontal prensa	Desinstalar otra mitad del troquel	
144	Desplazarse, ordenar y colocar rampa y transportador antiguo	interna	Almacenamiento de rampa y transportador antiguo	1:22:57	1:24:16	0:01:19	JE	Manualmente	CPU-lateral dcho	despejar zona lateral	
145	Levantar y transportar troquel	interna	Extracción troquel saliente	1:23:28	1:25:40	0:02:12	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona pegada a TP-31	Desinstalar troquel	
146	Apartar puesto móvil de mando	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	1:24:16	1:24:50	0:00:34	OP2	Manualmente	Frontal prensa-zona piezas NOK	Dejar espacio al lado de la otra mitad de troquel	
147	Ausentarse	interna	Ausencias	1:24:16	1:52:29	0:28:13	JE	Desplazamiento	Planta	???	Recoge unos papeles de la taquilla y se marcha a oficina de producción. De vez en cuando pasa por la zona y se fija en cómo van las tareas para saber cuándo debe volver
148	Ausentarse	interna	Ausencias	1:24:50	1:33:35	0:08:45	OP2	Desplazamiento	Planta?	Descanso??	Desde que aparece hasta que empieza a limpiar transcurre alrededor de 1 minuto
149	Limpia mesa	interna	Limpieza de mesa	1:25:40	1:44:58	0:19:18	OP1	Manual con trapos	Mesa de prensa	Acondicionar superficie de cambio	
150	Limpia mesa	interna	Limpieza de mesa	1:33:35	1:42:57	0:09:22	OP2	Manual con trapos	Mesa de prensa	Acondicionar superficie de cambio	
151	Limpia suelo interior prensa	interna	Limpieza interior de prensa	1:42:57	1:44:30	0:01:33	OP2	Trapos, manos y pie	Interior prensa	Limpia interior prensa	
152	Desplazarse y conversar	interna	Ausencias	1:44:30	1:45:51	0:01:21	OP2 y otro	Oral	Pasillo	??	
153	Desenganchar cadenas de troquel	interna	Extracción troquel saliente	1:44:58	1:45:17	0:00:19	OP1	Manualmente	Frontal prensa	utilizar la grúa para otro uso	
154	Buscar transpalet eléctrico y vuelta a zona	interna	Limpieza de mesa	1:45:17	1:45:55	0:00:38	OP1	Desplazamiento	Frontal prensa-zona isofix-Frontal prensa	Llevar chatarra	
155	Limpia útiles nuevos apilados	interna	Limpieza de útiles entrantes	1:45:51	1:50:10	0:04:19	OP2	Manualmente trapo	Útiles nuevos apilados	Limpieza y acondicionamiento nuevos troqueles	
156	Cargar KLT con chatarra	interna	Limpieza de mesa	1:45:55	1:46:13	0:00:18	OP1	Manual	Frontal prensa	Llevar chatarra	
157	Desplazarse y vaciar chatarra	interna	Limpieza de mesa	1:46:13	1:46:36	0:00:23	OP1	Transpalet eléctrico	Frontal prensa	Evacuar chatarra	Se evacua la chatarra en el contenedor que hay justo al lado de donde están los troqueles antiguos. Luego
158	Devolver KLT, quitar cadenas traseras útil y aparcar transpalet eléctrico	interna	Limpieza de mesa	1:46:36	1:47:42	0:01:06	OP1	Desplazamiento	Frontal prensa-almacén barras-zona isofix-Frontal prensa	Preparar instalación nuevo útil	
159	Recolocar ganchos y llevar grúa a zona nuevos troqueles	interna	Instalación troquel entrante	1:47:42	1:50:10	0:02:28	OP1	Manualmente	Frontal prensa-zona troqueles nuevos	Instalación nuevos troqueles	
160	Enganchar cadenas en primera mitad de troquel nuevo	interna	Instalación troquel entrante	1:50:10	1:50:29	0:00:19	OP1 y OP2	Manualmente	Zona troqueles nuevos apilados	Instalación nuevos troqueles	
161	Elevar la primera mitad de troquel	interna	Instalación troquel entrante	1:50:29	1:52:06	0:01:37	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn	Troqueles apilados-Mesa prensa	Instalación nuevos troqueles	Solo requiere 1 operario, el OP2 mira
162	Buscar a JE y esperar a que lleguen los soportes	interna	Instalación troquel entrante	1:52:06	1:52:46	0:00:40	OP1	Desplazamiento	Zona TP-31	Pedir que traiga soportes de útiles	
163	Esperar a que lleguen los soportes de útiles	interna	Instalación troquel entrante	1:52:06	1:53:21	0:01:15	OP2	Sin hacer nada	Zona TP-29	Esperar	
164	Traer soportes de útiles	interna	Inst								

167	Limpiar base superior de útil nuevo	interna	Instalación troquel entrante	1:53:58	1:55:28	0:01:30	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Instalación nuevos troqueles	
168	Elevar troquel y colocar soportes	interna	Instalación troquel entrante	1:55:28	1:56:46	0:01:18	OP1	Manualmente	Zona útiles nuevos	Limpeza inferior de los útiles	
169	Colocar soportes de útil	interna	Instalación troquel entrante	1:55:42	1:56:46	0:01:04	OP2	Manualmente	Zona útiles nuevos	Limpeza inferior de los útiles	
170	Aparcar carretilla elevadora y colocar soportes	interna	Instalación troquel entrante	1:55:42	1:56:46	0:01:04	JE	Desplazamiento	Zona útiles nuevos-posterior prensa-zona útiles nuevos	Continuar con el cambio de útiles	
171	Colocar útil sobre soportes y limpiar base inferior del útil	interna	Instalación troquel entrante	1:56:46	1:58:03	0:01:17	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Acondicionar superficie de cambio	
172	Ausentarse	interna	Ausencias	1:56:46	2:02:10	0:05:24	JE	Desplazamiento	Planta	Documentos??	El JE desaparece y aparece con documentación, la deja en la taquilla y vuelve a ausentarse
173	Transportar y colocar 1/2 útil en mesa	interna	Instalación troquel entrante	1:58:03	2:00:29	0:02:26	OP1 y OP2	Puente grúa y manualmente	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	El OP1 maneja el puente grúa mientras que el OP2 guía y orienta el útil
174	Desamarrar cadenas del útil	interna	Instalación troquel entrante	2:00:29	2:01:09	0:00:40	OP1 y OP2	Manualmente	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	
175	Llevar puente y amarrar cadenas a la otra mitad del útil	interna	Instalación troquel entrante	2:01:09	2:02:54	0:01:45	OP1 y OP2	Manualmente	Zona útiles nuevos	Instalación nuevo útil	Simultáneamente dan un repaso rápido con los trapos a la base superior del útil
176	Aparecer con documentación y ausentarse seguidamente	interna	Ausencias	2:02:10	2:06:42	0:04:32	JE	Desplazamiento	Planta	???	El JE pasa de vez en cuando por la zona de prensa para ver cómo van los operarios con sus tareas
177	Elevar y colocar el útil sobre soportes	interna	Instalación troquel entrante	2:02:54	2:05:28	0:02:34	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Limpeza inferior de los útiles	El OP2 no realiza ninguna operación, solo ayuda visualmente al OP1
178	Limpiar base inferior del útil	interna	Instalación troquel entrante	2:05:28	2:06:18	0:00:50	OP1 y OP2	Manualmente, trapos	Zona útiles nuevos	Acondicionar superficie de cambio	
179	Transportar y colocar el otro 1/2 útil en mesa	interna	Instalación troquel entrante	2:06:18	2:09:01	0:02:43	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	
180	Recoger, transportar soportes y volver a prensa	interna	Almacenamiento soportes de útiles	2:06:42	2:10:43	0:04:01	JE	Carretilla elevadora	Zona prensa-almacén útiles oficinas	Devolución soportes	
181	Desamarrar cadenas del útil	interna	Instalación troquel entrante	2:09:01	2:09:42	0:00:41	OP1 y OP2	Manualmente	Mesa de prensa	Instalación útil	
182	Aparcar puente grúa	interna	Instalación troquel entrante	2:09:42	2:10:13	0:00:31	OP1 y OP2	Manualmente	Mesa de prensa-Posterior TP-31	Despejar zona de cambio	Lo realiza el OP1, el OP2 está sin hacer nada
183	Ausentarse	interna	Ausencias	2:10:13	2:18:20	0:08:07	OP1	Desplazamiento	Planta	Descanso???	
184	Ausentarse	interna	Ausencias	2:10:13	2:21:04	0:10:51	OP2	Desplazamiento	Planta	Descanso???	
185	Revisar todo y meter mesa de prensa	interna	Introducción de mesa	2:10:43	2:15:13	0:04:30	JE	CPU control	zona prensa y CPU	Instalar nuevo útil	
186	Recolocar contenedor de chatarra	interna	Recolocación contenedor de chatarra posterior	2:10:58	2:11:10	0:00:12	C	Carretilla elevadora	Posterior de prensa	Nuevo layout salida chatarra	
187	Desplazarse y colocar elemento de contacto. Finalizar la instalación de la mesa	interna	Introducción de mesa	2:15:13	2:17:40	0:02:27	JE	CPU control	CPU-posterior prensa-CPU	Instalar nuevo útil	Se trata de una chapita en los sensores traseros para que la mesa termine de hacer contacto
188	Revisar todo e ir a bajar carro	interna	Revisión y control	2:17:40	2:19:40	0:02:00	JE	CPU control	Frontal prensa	Amarrar nuevo útil	Para ello debe coger el control manual y colocarlo en frontal de prensa. Realiza continuas revisiones de todo.
189	Barrer almacén nuevos útiles	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	2:18:20	2:20:15	0:01:55	OP1	Manualmente	Zona útiles nuevos	Limpeza y acondicionamiento de	
190	Ir a por los tornillos de amarrar y sobreponerlos en 6/8 partes del útil	interna	Amarre troquel entrante	2:19:40	2:24:00	0:04:20	JE	Manualmente	Frontal y posterior de prensa	Amarrar nuevo útil	Los tornillos están sobre la cinta. 6 tornillos arriba y 4 abajo por cada lado
191	Recolocar cadenas en gancho	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:20:15	2:21:04	0:00:49	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Transportar útiles antiguos	
192	Llevar puente y enganchar útiles antiguos	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:21:04	2:22:02	0:00:58	OP1 y OP2	Manualmente	Frontal de prensa	Transportar útiles antiguos	
193	Transporte 1/2 útil antiguo, desamarre de cadenas y vuelta a por la otra mitad	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:22:02	2:27:10	0:05:08	OP1	Puente grúa 20 Tn	Frontal de prensa-almacén útiles nuevos	Acondicionamiento de zona	
194	Coger tornillos, desplazarse y apretar tornillos de amarre posteriores	interna	Amarre troquel entrante	2:23:00	2:32:25	0:09:25	OP2	Palanca Palmera 36	Frontal prensa-Posterior prensa	Amarrar nuevo útil	Se quita el chaleco. 30"
195	Desplazarse y subir carro con 1/2 útil puesto y revisar	interna	Revisión y control	2:24:00	2:24:50	0:00:50	JE	CPU control	Posterior prensa-CPU	Comprobación	
196	Cerrar útil y colocar resto de tornillos de amarre	interna	Amarre troquel entrante	2:24:50	2:28:44	0:03:54	JE	Manualmente	Frontal prensa	Instalación nuevo útil	En alguna ocasión va a la taquilla a buscar más tornillos. Conversa ligeramente con otro operario mientras se desplaza al posterior de prensa a revisar los tornillos posteriores.
197	Colocar cadenas en la otra mitad de troquel	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:27:10	2:27:37	0:00:27	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Transportar útiles antiguos	
198	Transportar el otro 1/2 útil antiguo	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:27:37	2:31:56	0:04:19	OP1	Puente grúa 20 Tn	Frontal prensa-almacén útiles nuevos	Acondicionamiento de zona	
199	Ausentarse	interna	Ausencias	2:28:44	2:43:40	0:14:56	JE	Desplazamiento	Planta	???	
200	Quitar cadenas del troquel	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:31:56	2:32:34	0:00:38	OP1	Manualmente	Almacén útiles nuevos	Acondicionamiento de zona	
201	Desplazarse y apretar tornillos de amarre frontales	interna	Amarre troquel entrante	2:32:25	2:38:21	0:05:56	OP2	Palanca Palmera 36	Posterior prensa-Frontal prensa	Instalación nuevo troquel	Interrumpe su tarea para quitarse chaleco con gran tranquilidad
202	Aparcar puente grúa y volver a zona	interna	Almacenamiento de troqueles antiguos	2:32:34	2:33:37	0:01:03	OP1	Manualmente	Zona útiles nuevos-Zona TP-31-Frontal prensa	Despejar zona TP-29	
203	Barrer toda la zona	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	2:33:37	2:47:15	0:13:38	OP1	Manualmente	Frontal, posterior y laterales	Limpeza y acondicionamiento de	Conversaciones esporádicas entre ambos operarios que ralentizan sus tareas
204	Suministrar nuevos formatos	interna	Preparación y carga de nueva materia prima	2:38:01	2:38:10	0:00:09	C	Carretilla elevadora	Zona desapilador	Preparación nueva materia prima	
205	Ausentarse	interna	Ausencias	2:38:21	2:43:40	0:05:19	OP2	Desplazamiento	Planta??	No tiene tarea asignada	
206	Colocar cintas de chatarra traseras y reacondicionar zona posterior	interna	Instalación cinta de chatarra posterior	2:43:40	2:49:10	0:05:30	JE y OP2	Manualmente y transpalet eléctrico	Posterior de prensa	Nuevo layout salida chatarra	Colocación de cinta de chatarra, recolocación de pinchos,...
207	Guardar herramienta, retirar trapos y acondicionar	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	2:47:15	2:48:40	0:01:25	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Ordenar zona	Los trapos sucios se dejan en los contenedores de plástico pegados a TP-04
208	Ausentarse	interna	Ausencias	2:48:40	2:50:46	0:02:06	OP1	Desplazamiento	???	A por quitargrasa??	
209	Desplazarse y poner transpalet eléctrico a cargar	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	2:49:10	2:50:38	0:01:28	OP2	Desplazamiento	Posterior prensa-montante frontal derecho		Además limpia una mancha del suelo cercana al tranpalet eléctrico con un trapo y el pie durante unos 20"
210	Desplazarse y subir carro	interna	Instalación barras transfer	2:49:10	2:49:35	0:00:25	JE	CPU control	posterior prensa-CPU	Colocar rampas	
211	Ausentarse	interna	Ausencias	2:49:35	2:53:30	0:03:55	JE	Desplazamiento	Planta	????	
212	Ausentarse	interna	Ausencias	2:50:38	2:58:13	0:07:35	OP2	Desplazamiento	Planta??	???	Se ausenta, luego llega y se queda hablando con otro operario hasta que viene el JE y le dice que empiece a
213	Limpiar CPU y frontal prensa	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	2:50:46	2:58:25	0:07:39	OP1	Manual, trapo y quitargrasa	Frontal prensa	Limpeza de zona	
214	Dejar documento en taquilla y buscar rampa-puente	interna	Instalación rampa-puente	2:53:30	2:54:17	0:00:47	JE	Visualmente	Lateral derecho y almacén barras transfert	Colocación de rampas	Tarda algunos segundos buscando las rampas por el lateral derecho hasta ver que se encuentran en la zona
215	Llevar rampa y volver a buscar otra	interna	Instalación rampa-puente	2:54:17	2:54:50	0:00:33	JE	Visualmente	Almacén barras transfert-Frontal Prensa- Almacén barras transfert	La anterior rampa no valía	La que no pone la deja en el lado izquierdo de la mesa de prensa
216	Llevar y colocar otra rampa-puente	interna	Instalación rampa-puente	2:54:50	2:55:41	0:00:51	JE	Allen 6	Salida troquel-transportador pieza	Suplir vano	
217	Recoger papel y ausentarse	interna	Ausencias	2:55:41	2:58:25	0:02:44	JE	Desplazamiento	Taquilla-Planta	??	Parece buscar algo o alguien pero no lo encuentra. Quizás enfado por ausencia de OP2
218	Desembalar nuevos formatos y cargarlos	interna	Preparación y carga de nueva materia prima	2:58:13	3:13:25	0:15:12	OP2 y C	Manualmente	Zona desapilador	Cargar nuevos formatos	Los operarios se quejan de lo mal embalados que vienen ahora los formatos. Peligrosidad y se requiere poner listones de madera en suelo para cojerlos. El OP2 no comienza hasta que ve al JE y le da la orden.
219	Colocación rampas chatarra	interna	Instalación rampas de chatarra	2:58:25	3:03:03	0:04:38	JE y OP1	Allen 17	Almacén barras transfert-posterior prensa	Nuevo layout salida chatarra	El JE coge una rampa y el OP1 coge la herramienta. El OP1 hay un momento en el que se pone a limpiar, luego lleva una llave al JE en la parte posterior y se queda allí limpiando. El OP1 coloca la rampa que estaba
220	Llevar llave y limpiar posterior prensa	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:01:20	3:03:35	0:02:15	OP1	Manualmente, trapo y	Frontal Prensa-Posterior prensa	Limpeza zona	
221	Trasladar carro con KLT	interna	Instalación barras transfer	3:03:00	3:03:40	0:00:40	JE	Manualmente	Posterior prensa-zona almacén barras	Transporte barras transfert	Durante unos 20" antes de comenzar esta tarea el JE se ausenta sin saber por qué razón
222	Desplazarse y ayudar a JE?? Acondicionar??	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:03:35	3:04:34	0:00:59	OP1	Manualmente	Posterior prensa-Frontal prensa	???	El OP1 no sabe exactamente lo que hacer, y se dedica a estar pendiente del JE para posible ayuda
223	Ir a programar CPU y revisar	interna	Instalación barras transfer	3:03:40	3:04:34	0:00:54	JE	CPU y visualmente	Taquilla-CPU	Preparación para cambio de barras	
224	Desplazarse, cargar, trasladar y acoplar nueva barra transfert frontal	interna	Instalación barras transfer	3:04:34	3:05:47	0:01:13	JE y OP1	Carro con KLT	Frontal prensa-Almacén barras transfert-frontal prensa	Instalación nuevas barras transfert	Para la carga y descarga hay un 3º operario que les ayuda
225	Desplazarse, cargar, trasladar y acoplar nueva barra transfert posterior	interna	Instalación barras transfer	3:05:47	3:09:52	0:04:05	JE y OP1	Carro con KLT	Frontal prensa-Almacén barras transfert-posterior prensa	Instalación nuevas barras transfert	A mitad de camino y debido a los grandes problemas con el desembalaje y carga de formatos, deben parar de trasladar las barras y ayudar con la carga de formatos. El JE tiene que ir a buscar listones de madera para
226	Desplazarse, buscar y colocar nueva pinza adicional frontal	interna	Instalación pinzas adicionales	3:09:52	3:12:00	0:02:08	OP1	Manualmente	Posterior-taquilla-Frontal	La nueva configuración requiere dos pinzas más	Cada pinza va con cuatro tornillos
227	Desplazarse y programar nuevo transfert	interna	Instalación barras transfer	3:10:02	3:11:50	0:01:48	JE	CPU	Posterior-CPU	Instalación nuevo transfert	Durante el camino se queda un rato en zona apilador revisando
228	Realizar conexión eléctrica-neumática transfert	interna	Instalación barras transfer	3:11:50	3:12:45	0:00:55	JE	Manualmente/Conectores y	Frontal prensa	Instalación nuevo transfert	
229	Buscar herramienta	interna	Instalación pinzas adicionales	3:12:00	3:13:08	0:01:08	OP1	Desplazamiento	Caja de herramientas	Instalación nuevas pinzas	
230	Desplazarse a posterior y revisar toda la parte posterior	interna	Revisión y control	3:12:45	3:13:34	0:00:49	JE	Visualmente			
231	Desplazarse y continuar instalación pinza en frontal	interna	Instalación pinzas adicionales	3:13:08	3:15:23	0:02:15	OP1	Desplazamiento	Frontal prensa	Nueva configuración transfert	
232	Coger cubo e impregnar aceite en columnas guía frontales	interna	Engrase de columnas	3:13:25	3:16:13	0:02:48	OP2	Cubo y rodillo	Utilillaje	Preparación utilillaje	El cubo con aceite está en el montante frontal izquierdo
233	Desplazarse a frontal, dejar herramienta y preparar y revisar desapilador	interna	Revisión y control	3:13:34	3:16:22	0:02:48	JE	Manualmente/control desapilador	Zona desapilador	Ajustes desapilador	
234	Ir a por herramienta y volver a frontal	interna	Instalación pinzas adicionales	3:15:23	3:18:35	0:03:12	OP1	Desplazamiento	Frontal-caja herramientas-frontal prensa	Instalación nuevas pinzas	Cuando termina de instalar pinza se queda alrededor de 1' mirando al JE cómo instala la otra pinza
235	Desplazarse a posterior y seguir impregnando aceite	interna	Engrase de columnas	3:16:13	3:18:38	0:02:25	OP2	Desplazamiento/Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Preparación utilillaje	
236	Recoger pinza del frontal e instalarla en posterior	interna	Instalación pinzas adicionales	3:16:22	3:19:20	0:02:58	JE	Desplazamiento/Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Instalación nuevas pinzas	
237	Retirar pieza de cinta y devolver palanca de tuercas (simultánea con la siguiente ojo!!!!)	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:18:35	3:20:13	0:01:38	OP1	Desplazamiento	Frontal prensa-lateral izquierdo-Frontal prensa taquilla	Ordenar zona?? No saber que hacer???	Se queda mirando un buen rato las barras transfert y luego decide hacer algo, es decir, retirar de la cinta el soporte metálico
238	Desplazarse para dejar el cubo de aceite y limpiar barra frontal transfert	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:18:38	3:20:30	0:01:52	OP2	Trapo manualmente	Posterior prensa-Frontal prensa	????	El cubo lo deja donde estaba antes
239	Desplazarse y buscar herramienta	interna	Instalación pinzas adicionales	3:19:20	3:19:33	0:00:13	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-Caja de herramientas	Instalación nuevas pinzas	
240	Desplazarse y continuar instalando pinza posterior	interna	Instalación pinzas adicionales	3:19:33	3:19:57	0:00:24	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Caja herramientas-Posterior prensa	Nueva configuración transfert	
241	Desplazarse y buscar herramienta o pieza	interna	Instalación pinzas adicionales	3:19:57	3:20:09	0:00:12	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-Caja de herramientas	Instalación nuevas pinzas	
242	Desplazarse y continuar instalación nuevas pinzas	interna	Instalación pinzas adicionales	3:20:09	3:20:13	0:00:04	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Caja herramientas-posterior prensa	Nueva configuración transfert	
243	Rellenar hojas en taquilla	interna	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	3:20:13	3:22:36	0:02:23	OP1	Manualmente	taquilla	Nuevos datos de fabricación	Deja la palanca, se acerca al frontal y decide ir a taquilla a rellenar las hojas
244	Mirar	interna	Ausencias	3:20:30	3:27:46	0:07:16	OP2	Visualmente	Zona prensa	No tiene tarea asignada	deja de limpiar la barra y mira lo que hace el JE
245	Devolver herramienta y revisar pinzas y barras transfert	interna	Revisión y control	3:21:05	3:22:01	0:00:56	JE	Visualmente	Posterior prensa-taquilla-frontal	Ajustes transfert	Implica apertura de aire comprimido en montante frontal derecho, y conexión eléctrica de barras
246	Comprobar movimientos transfert, desplazar primer formato a zona de impacto	interna	Preparación primer golpe	3:22:01	3:22:38	0:00:37	JE	CPU	Frontal-CPU	Ajustes transfert	
247	Recoger herramientas de frontal y devolverlas	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:22:36	3:23:20	0:00:44	OP1	Taquilla-Frontal-Taquilla			
248	Primer golpe de prensa y comienzo de ensayo-error	interna	Ajustes e inspección	3:22:38	3:24:26	0:01:48	JE	CPU	frontal prensa	Ajustes	El OP2 sigue mirando lo que hace el JE. El JE va dando golpes de prensa y comprobando el funcionamiento correcto de todos los elementos. Realiza desplazamientos entre desapilador y fronta para sus comprobaciones
249	Ausentarse	interna	Ausencias	3:23:20	3:26:37	0:03:17	OP1	Desplazamiento	Alrededor prensa-planta	No tiene tarea asignada	Antes de ausentarse abandona la taquilla, da unas vueltas por la zona de prensa, se acerca al frontal y
250	Desplazarse e inspeccionar primera pieza	interna	Ajustes e inspección	3:24:26	3:25:05	0:00:39	JE	Visualmente	Lateral derecho	Primera comprobación	El OP2 mira y maneja la cinta extractora
251	Volver a frontal y continuar con ensayo-error	interna	Ajustes e inspección	3:25:05	3:28:39	0					

257	Puentear barrera y conectar cables posteriores	interna	Puenteo de barrera	3:29:09	3:31:49	0:02:40	JE	Manualmente	Posterior de prensa	Introducir contenedor chatarra	El puenteo no se grabó pero se estimó en 2 minutos para realizarlo
258	Revisar pinzas y transfert y colocar puesto de control	interna	Revisión y control	3:29:09	3:32:49	0:03:40	OP1	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Frontal prensa	Ajustes transfert	
259	Revisar piezas	interna	Calidad	3:29:09	3:40:24	0:11:15	Calidad	Visualmente	Lateral derecho	Validación de pieza	OP1 saca piezas, Calidad y JE inspeccionan, OP2 coloca y limpia piezas
260	Pasear por frontal de prensa	interna	Ausencias	3:29:09	3:33:01	0:03:52	OP2	Desplazamiento	Frontal prensa	??? Supervisión??	
261	Desplazarse e inspeccionar las piezas	interna	Ajustes e inspección	3:31:49	3:36:15	0:04:26	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-Lateral derecho	Inspección piezas	En el lateral derecho de prensa está Calidad inspeccionando las primeras piezas obtenidas. El JE se desplaza
262	Desplazarse y levantar pantalla posterior de seguridad	interna	Ajustes e inspección	3:32:49	3:33:09	0:00:20	OP1	Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Acondicionar zona e introducción de contenedor chatarra	
263	Revisar barras transfert	interna	Revisión y control	3:33:01	3:35:14	0:02:13	OP2	Visualmente	Frontal prensa	??	
264	Recoger chatarra del suelo y dejarla en contenedor	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:33:09	3:33:32	0:00:23	OP1	Manualmente	Posterior prensa	Se habían caído retales	
265	Desplazarse a lateral derecho de prensa y permanecer allí	interna	Revisión y control	3:33:32	3:36:15	0:02:43	OP1	Desplazamiento	Posterior prensa-Frontal prensa	??? Quizás revisar piezas??Charla??	
266	Desplazarse e inspeccionar las piezas	interna	Ajustes e inspección	3:35:14	3:37:33	0:02:19	OP2	Visualmente	Frontal prensa-Lateral de prensa	Validación de pieza?? Charla con	La mayoría del tiempo están hablando o esperando a salida de piezas. En ese momento están en el lateral
267	Colocar contenedor chatarra posterior	interna	Recolocación contenedor de chatarra posterior	3:36:15	3:37:33	0:01:18	JE, OP1 y C	Carretilla elevadora	Posterior prensa	Nuevo layout salida chatarra	Esta tarea es muy difusa ya que el carretillero llega más tarde y mientras OP1,OP2, JE, y Calidad están
268	Desplazarse a control de prensa y sacar primeras piezas	interna	Ajustes e inspección	3:37:33	3:46:49	0:09:16	OP1	Desplazamiento	Posterior prensa-control manual	Realizar primeros golpes de prensa	
269	Desplazarse y supervisar golpes de prensa e inspeccionar nuevas piezas	interna	Ajustes e inspección	3:37:33	3:41:54	0:04:21	JE	Visualmente	Posterior prensa-Frontal prensa	Ensayo-error de primeros golpes de prensa	
270	Permanecer en zona cinta	interna	Embalaje de nuevas piezas	3:37:33	3:47:02	0:09:29	OP2	Manualmente	Frontal prensa	Ir recolocando y embalando las piezas que vayan saliendo	Pasearse, bajar barrera y la vuelve a subir porque llega OP1 y necesita la barrera subida para probar golpes de prensa. El contenedor aún no está colocado y el OP2 debe ir andando hasta él para dejar las piezas.
271	Inspeccionar con útil de control	interna	Calidad	3:40:24	3:42:44	0:02:20	Calidad	Calibre	Lateral dcho prensa	Validación de pieza	
272	Desplazarse y buscar herramienta	interna	Ajustes e inspección	3:41:54	3:42:24	0:00:30	JE	Desplazamiento	Frontal prensa-Caja herramientas	Ajustar pinzas	
273	Desplazarse y ajustar pinzas	interna	Ajustes e inspección	3:42:24	3:45:14	0:02:50	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Caja herramientas-Frontal prensa	Ajustes	Durante el tiempo en el que el JE no esté interviniendo en ajustes, supervisa el proceso de estampación
274	Rellenar hoja calidad	interna	Calidad	3:42:44	3:43:29	0:00:45	Calidad	Manualmente	Taquilla	Validación de pieza	
275	Desplazarse y buscar dato	interna	Calidad	3:43:29	3:43:57	0:00:28	Calidad	Desplazamiento	Taquilla-Hoja en jaula desapilador-Taquilla	Rellenar hoja de calidad	
276	Volver y terminar de rellenar hoja	interna	Calidad	3:43:57	3:44:37	0:00:40	Calidad	Manualmente	Taquilla	Validación de pieza	Tras esta operación CALIDAD da el visto bueno y se marcha
277	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	3:45:14	3:45:43	0:00:29	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Frontal prensa	Ajustes de pinzas	
278	Bajar barrera frontal	interna	Ajustes e inspección	3:46:49	3:47:02	0:00:13	OP1	CPU	Frontal prensa	Entrada en producción	
279	Rellenar hojas de embalajes y colocarlas en los nuevos embalajes	interna	Cumplimentación y colocación de documentación entrante	3:47:02	3:50:45	0:03:43	OP1	Manualmente	Frontal prensa-Taquilla-Zona cinta	Entrada en producción	Tras bajar la barrera cambia enchufes del montante izquierdo y se dirige a taquilla. 4 hojas de embalaje
280	Desechufar transpalet eléctrico y enchufar cámara de video	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:47:02	3:48:45	0:01:43	OP2 y grabador	Manualmente	Zona cinta	Transportar contenedores y recargar cámara de video	
281	Desplazarse y colocar nuevos contenedores de piezas	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:48:45	3:50:34	0:01:49	OP2	Transpalet eléctrico	Frontal prensa-zona cinta	Entrada en producción	Realiza dos viajes con el transpalet eléctrico. 2x2 contenedores apilados
282	Suministrar nuevos contenedores piezas (4) y desajustarlos	interna	Suministro y acondicionamiento de contenedores	3:48:45	3:49:17	0:00:32	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Diferentes embalajes de piezas	
283	Meter piezas en embalajes	interna	Embalaje de nuevas piezas	3:50:34	4:05:39	0:15:05	OP2	Manualmente	Zona cinta	Entrada en producción	El OP2 ya no interviene en operaciones relacionadas con el cambio de útiles y permanece en su puesto
284	Desplazarse a frontal prensa y comenzar producción serie	interna	Ajustes e inspección	3:50:45	3:51:58	0:01:13	OP1	CPU control	Taquilla-Puesto de control	Entrada en serie	
285	Suministrar nuevos contenedores piezas y acondicionarlos	interna	Suministro y acondicionamiento de contenedores	3:50:51	3:51:58	0:01:07	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Entrada en producción	Realiza dos viajes con la carretilla. Dos contenedores en cada viaje
286	Interrumpir producción por desajustes	interna	Ajustes e inspección	3:51:58	4:05:58	0:14:00	OP1	Manualmente y control manual	Frontal prensa	Pequeños fallos de ajuste de pinzas	Se debe levantar barrera y hacer golpes de prueba. El JE supervisa el funcionamiento y está a la espera de
287	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	3:54:21	3:54:47	0:00:26	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
288	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	3:55:27	3:56:58	0:01:31	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
289	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	3:58:15	3:58:23	0:00:08	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
290	Desplazarse y buscar herramienta	interna	Ajustes e inspección	3:58:23	3:58:53	0:00:30	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-caja herramienta	ajuste de pinzas	
291	Volver a posterior prensa y ajustar pinzas	interna	Ajustes e inspección	3:58:53	3:59:35	0:00:42	JE	Desplazamiento	Caja herramienta-Posterior prensa	ajuste de pinzas	
292	Retirar 2 contenedores de piezas vacíos	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	3:58:56	3:59:09	0:00:13	C	Carretilla elevadora	Zona cinta	Despejar zona cinta	C lo había puesto anteriormente en el frontal de prensa
293	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	4:00:28	4:01:29	0:01:01	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
294	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	4:03:19	4:03:49	0:00:30	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
295	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	4:05:18	4:05:36	0:00:18	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
296	Organizar contenedores piezas	interna	Suministro y acondicionamiento de contenedores	4:05:39	4:07:24	0:01:45	OP2	Transpalet eléctrico	Zona cinta	Despejar zona cinta	Poner el lleno abajo y subir el vacío arriba
297	Desplazarse, mirar documentación y tocar CPU	interna	Ajustes e inspección	4:05:36	4:06:32	0:00:56	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-taquilla-CPU	Programación??	
298	Preparar nuevos formatos y desembalar	interna	Preparación y carga de nueva materia prima	4:05:58	4:07:14	0:01:16	OP1	Tubo metálico, tijeras y triángulo metálico	Zona desapilador	Nuevos formatos	Tras esta operación el OP1 espera a que JE termine de ajustar
299	Volver a frontal y colaborar con JE	interna	Ajustes e inspección	4:07:14	4:14:17	0:07:03	OP1	Desplazamiento/CPU	Frontal prensa	Ayuda de ajustes	
300	Desplazarse y realizar ajustes	interna	Ajustes e inspección	4:07:30	4:09:08	0:01:38	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Frontal prensa-Jaula derecha	ajuste de pinzas	Tras esta última intervención el JE revisa el funcionamiento, habla con OP1 y abandona la zona
301	Preparar y cargar nuevos formatos	interna	Preparación y carga de nueva materia prima	4:07:39	4:10:42	0:03:03	C	Carretilla elevadora	Zona desapilador	Cargar nuevos formatos	Para el desembalaje los operarios se queja de su peligrosidad y dificultad. Tras esto el OP2 vuelve a su puesto y continua su tarea
302	Desplazarse y ayudar con nuevos formatos	interna	Preparación y carga de nueva materia prima	4:07:46	4:10:42	0:02:56	OP2	Tubo metálico, tijeras y triángulo metálico	Zona cinta-Zona desapilador	Cargar nuevos formatos	
303	Bajar barrera frontal y comenzar con producción serie	interna	Ajustes e inspección	4:14:17	4:14:28	0:00:11	OP1	Control frontal	Frontal prensa	Entrada en producción serie	Finalización del proceso completo de cambio de útil

Tabla 40: Tiempos Cambio de Útil en TP-29.

Las operaciones han sido ordenadas cronológicamente y a pesar de estar bien definidas, no siguen un orden funcional en el tiempo, sino que cada operario va realizando las tareas que cree oportunas. Por ello se ha añadido una columna que indica la operación principal u objetivo al que pertenece cada operación elemental.

De todas las operaciones principales, las que mayor tiempo consumen son las de:

- Preparación y acondicionamiento de zona.
- Ausencias.
- Ajustes e inspección.

Realizando la suma correspondiente se obtiene que el tiempo invertido en desplazamientos y búsqueda de herramientas u objetos necesarios es de aproximadamente 15 minutos, es decir, ese tiempo es desperdiciado debido a una mala localización e identificación de herramientas.

Es absolutamente inaceptable, tal y como se observa en la tabla de tiempos, que ninguna operación correspondiente al cambio de útil sea de tipo externo, ni siquiera las de preparación de utensilios o elementos necesarios. Es decir, no hay nada preparado antes del cambio, y todo se comienza a hacer una vez parada la máquina.

De ello se desprende la insignificante importancia que en ESTAMPACIÓN S.L. se le está dando al cambio de útiles, lo cual tiene grandes perjuicios tanto en costes como en captación de nuevos proyectos.

Es destacable la gran cantidad de ausencias en el puesto de trabajo que se producen durante el cambio. Los operarios conocen los tiempos aproximados que duran las tareas y “se turnan” para realizar descansos o ausencias, costumbre que en un correcto proceso de cambio sería inadmisibles.

De igual forma, se percibe una falta de planificación e información sobre el cambio de útil, ya que el jefe de equipo no se presenta en la zona hasta pasado un tiempo después de haber parado la máquina. En multitud de ocasiones los operarios están parados sin realizar ninguna operación, ya sea por falta de organización, desconocimiento o por no tener una tarea asignada.

En cuanto a la eficiencia en la realización de tareas, se puede afirmar tras observar el vídeo detenidamente, que es totalmente desastrosa. Existen gran cantidad de desplazamientos innecesarios alrededor de la zona, así como repetición de operaciones y búsqueda de herramientas por falta de orden.

Por otro lado, la actitud de los operarios en la realización de las tareas muestra, en cierta medida, pasividad y poca implicación para disminuir la duración.

2. Conversión de operaciones internas en externas.

Visto lo anterior, se hace necesaria una actuación urgente no solo sobre el cambio de sistemática, sino también sobre un cambio psicológico y de actitud de todo el personal implicado ante los cambios de útil. Para ello se comienza con una conversión de la mayor cantidad de operaciones posibles a operaciones externas.

En la tabla anterior aparecen en rojo las operaciones que son internas pero susceptibles de ser convertidas en externas mediante una planificación adecuada. A su vez, operaciones no pertenecientes al cambio de útil aparecen en fondo punteado y deben ser eliminadas por completo.

Como se observa, existe una gran cantidad de operaciones que, pudiéndose realizar con la máquina en marcha (ya sea antes o después del cambio), son llevadas a cabo con la línea parada, lo cual da lugar al despilfarro de un tiempo productivo muy valioso.

Las operaciones seleccionadas pertenecen generalmente a las siguientes operaciones principales:

- Preparación y acondicionamiento de la zona de cambio.
- Almacenamiento de piezas o elementos salientes.
- Búsqueda de herramientas o piezas.
- Preparación de útiles entrantes.

3. Mejorar el resto de operaciones internas y de preparación.

De lo acertadas que sean las decisiones tomadas en esta fase depende el éxito de la mejora buscada y la utilidad del esfuerzo y dinero empleados.

Una vez convertidas todas las operaciones de preparación y las máximas internas posibles en externas, se debe actuar sobre la mejora de tiempos y eficiencia en las restantes operaciones internas, así como idear metodologías o herramientas que faciliten las operaciones de preparación.

Principalmente se pueden realizar propuestas de mejora de dos tipos: organizativas y técnicas.

Dada la situación económica actual de la empresa, el presupuesto necesario para realizar inversiones de carácter técnico no está aceptado por la Dirección, por lo que en una primera fase solo se realizarán mejoras organizativas, las cuales son más que suficientes para llegar al objetivo marcado por el Dpto. Ingeniería (50% reducción de tiempo de cambio).

Las propuestas organizativas adoptadas en ESTAMPACIÓN S.L. han sido:

➤ **Propuestas organizativas de mejora:**

1. **Eliminación de actividades no pertenecientes al cambio de útil.**

Operaciones tales como estar mirando sin saber que hacer, esperas pasivas o ausencias en la zona de cambio deben ser eliminadas por completo. Para ello se debe establecer un orden y planificación adecuada sobre las actuaciones a seguir.

2. **Correcta asignación de tareas a cada operario:**

De forma que se trabaje en paralelo, redistribuyendo equitativamente sus operaciones y ocupación (siempre atendiendo a criterios de conocimientos y responsabilidades apropiadas), y de forma que finalicen a la par.

3. **Armario de herramientas:**

Instalación de un armario de herramientas al lado de la prensa, de forma que estén ordenadas y bien identificadas aquellas que sean necesarias en el proceso de cambio, evitando largos desplazamientos al taller y pérdida de tiempo en su búsqueda.

4. **Tablón informativo en Oficina de Producción:**

Que incluya, además de lo que ya contiene, información sobre: personal encargado de realizar el cambio, fecha de cambio (día y hora), referencia que sale y referencia que entra.

5. **Whiteboard en zona de prensa:**

Colocación de una whiteboard cerca del puesto de operación de la prensa con información relativa al siguiente cambio de útil: hora del próximo cambio, personal implicado, tiempo estimado de cambio, referencia que entra y posibles observaciones.

6. **Protocolo de herramientas:**

Que permita, de un vistazo, conocer todas las herramientas que serán necesarias para un determinado tipo de cambio, y en qué operaciones del proceso son utilizadas.

7. Hoja de localización de herramientas y útiles:

Para poder saber en todo momento dónde se encuentran ubicadas las herramientas y los útiles que intervengan en los procesos de cambio de cada prensa.

8. Protocolos generales de actuación:

Para operaciones internas y operaciones externas. Con estos formatos se facilitará la identificación por parte de los operarios de las tareas que cada uno debe realizar y el tiempo estimado para cada una. Las operaciones tendrán un orden cronológico, aunque generalmente se podrán comenzar varias a la vez siempre y cuando sea posible.

Algo a tener muy en cuenta al rellenar estos protocolos es poner tiempos que jamás sean inferiores a los reales, ya que ello incurriría en apresuración y en riesgo de accidente.

9. Paneles informativos de alarmas:

Debido a la gran cantidad de problemas que surgían en la TP-29, se ha decidido instalar, en lugar visible, un panel en el que los operarios anoten todas las incidencias que aparezcan en cualquier elemento de la línea de producción.

Este panel será consultado diariamente por el responsable del Dpto. de Calidad, que se encargará de comunicar las alarmas a los departamentos cuya resolución sea de su competencia.

El panel refleja, mediante un código de colores, el área (o departamento) encargado de solucionar el problema registrado, así como una descripción del problema. Si el problema no ha sido solucionado en un período máximo de 10 días, el personal de calidad colocará un círculo rojo en el apartado de "alarma" para hacer ver que no se ha llevado a cabo una correcta actuación por parte del departamento encargado de solucionar el problema.

10. Diagrama de recorridos:

El cual permite estimar las distancias a recorrer en el proceso de cambio de útiles. Sobre el plano general de la planta, se ha realizado un diagrama de flechas que indican los desplazamientos y las distancias que implica el proceso. Así, se facilita el cálculo de tiempos y costes de transporte, al igual que se obtiene una visión general del área de la planta que va a entrar en juego, pudiendo anticipar las zonas que necesitarán estar despejadas y libres de todo problema de tránsito.

11. Matrices de origen-destino para distancias y costes:

Mientras que el punto anterior proporciona un resultado cualitativo sobre la actividad de transporte, el establecimiento de unas matrices de origen-destino permite la obtención de datos cuantitativos referentes a distancias y costes de transporte.

En estas matrices están representadas en un eje las máquinas como origen y en el otro los destinos del transporte, tales como almacenes o áreas de la planta. La tabla se divide para combinación en cuatro celdillas, la cuales contienen información sobre:

- Distancia de almacén de útiles a la máquina.
- Distancia de máquina al lugar de inspección de útiles empleados.
- Distancia del lugar de inspección de los útiles empleados al almacén de útiles.
- Distancia de zona mantenimiento utillaje a máquina.

De forma análoga, otra matriz origen-destino puede ser rellenada con información relativa a los costes. La configuración es igual que la anterior solo que ahora los datos en cada celdilla son:

- Coste de recorrido de almacén de útiles a la máquina.
- Coste de recorrido de máquina al lugar de inspección de útiles empleados.
- Coste de recorrido del lugar de inspección de los útiles empleados al almacén de útiles.
- Coste de recorrido de zona mantenimiento utillaje a máquina.

La apariencia de estas matrices podría ser la siguiente:

Destino \ Origen	M1		M2		M3	
	1	2	1	2	1	2
P1	1	2	1	2	1	2
	3	4	3	4	3	4
P2	1	2	1	2	1	2
	3	4	3	4	3	4
P3	1	2	1	2	1	2
	3	4	3	4	3	4

Tabla 41: Matriz Origen-Destino para SMED. (Fuente: "El Proceso de Cambio de Útiles)

M → Máquina1, Máquina 2...

P → Localización almacén (posición 1, posición 2,...)

Para el caso particular analizado, no tiene demasiado sentido rellenar este tipo de matriz, ya que la inmensa mayoría de desplazamientos se realizan alrededor de la zona de prensa. Tanto el almacén de útiles como la zona de inspección están justo al lado de la máquina. Y el mantenimiento de utillaje no forma parte del cambio de útiles por lo que se ha decidido no cumplimentar estas matrices.

No obstante, se trata de una herramienta muy útil que sí convendría usar en el proceso de cambio correspondiente a otras máquinas dentro de la planta.

➤ **Propuestas técnicas de mejora:**

Una vez descritas las mejoras organizativas, y las cuales poseen una mayor influencia sobre el proceso, se deben estudiar una serie de mejoras técnicas futuras que faciliten y agilicen determinadas operaciones.

En ESTAMPACIÓN S.L. las propuestas técnicas no han sido estudiadas a fondo por dos razones. La primera es el requerimiento de inversión que se necesita para la implantación de nuevas técnicas y tecnologías, lo cual unido a la situación económica en la que se encuentra la empresa hace inviable dichas propuestas a corto plazo.

La segunda razón es la inmadurez que ESTAMPACIÓN S.L. posee en lo que a SMED se refiere, es decir, dado que es el primer proyecto de implantación SMED que se realiza en la empresa, se recomienda dar un primer paso únicamente mejorando la organización y planificación del cambio de útiles. Posteriormente y cuando el personal implicado haya adquirido conocimientos, conciencia y práctica, se estará en disposición de aplicar un nuevo estudio introduciendo mejoras técnicas.

Aún así hay una serie de opciones típicas que se podrían introducir para la estandarización funcional, como por ejemplo:

1. Sistema de amarre hidráulico o mediante anclajes rápidos.
2. Estandarización de alturas de troquel.
3. Reglas calibradas.
4. Arandelas en U.
5. Desapilador de formatos con ajuste automático de tamaño.
6. Transportadores de formatos y extractores de piezas estándares o con ajuste automático a todas las referencias fabricadas.
7. Doble placa de mesa extraíble.

6.6.3. Resultados Estimados.

Tras la implantación de los sistemas de mejora, se deben realizar revisiones periódicas que controlen los tiempos y eviten el decremento de efectividad, ya sea por pérdida de hábitos o por cambio de condiciones (referencias, localizaciones, máquinas,...).

Estas auditorias permitirán, por tanto, mantener la eficiencia en los cambios de útil e implantar nuevas mejoras.

Sin embargo, debido a que solo algunas de las propuestas del epígrafe anterior han sido ya llevadas a cabo en la práctica, el proceso de mejora aún está en fase de implantación. Por ello, y hasta que no esté la mayoría de propuestas en funcionamiento, no se ha realizado un nuevo estudio para observar los efectos positivos.

De todas formas, se puede realizar a priori una serie de estimaciones conservadoras en lo que ha resultados se refiere, que permitan tener una visión previa de lo que ocurrirá posteriormente de forma experimental.

Tras la reordenación de operaciones y la implantación de los nuevos sistemas de mejora organizativos, se estima que la nueva configuración que adquiriría el proceso de cambio y sus nuevos tiempos de operación serían los siguientes:

TIEMPOS SMED

PRENSA: TP-29
REF.SALE:
REF.ENTRA:

12/6202-04
12/5240

FECHA:18/02/2009
TURNO: MAÑANA

Util sale: 10067-1 (2 operarios)
Util entra: 95240

Lote teórico: 12000
Lote teórico: 6000

Lote real: 8194

Material: CH.DC-04 (1020091)
Material: DC-04 (1020004)

T.prep estimado: 150 minutos
T.prep estimado: 300 minutos

Ref.cliente: 4515864-02
Ref.cliente: 0095240 V
Duración total 1º vídeo: 2:28:20
Duración total 2º vídeo: 1:03:50
Duración total 3º vídeo: 0:46:34

Golpes/hora (al 100%): 605
Golpes/hora (al 100%): 262

Dimensiones: 1214+o-1x581+o-0,5x0,5
Dimensiones: 609+o-0,25x390+o-0,25x1

OP1: Operario de control
OP2: Operario de embalaje
JE: Jefe de equipo
C: Carretillero
Calidad: Persona del Dpto.Calidad

OPERACIÓN	TIPO	OPERACIÓN PRINCIPAL	INICIO	FIN	TIEMPO	¿QUIÉN?	¿CÓMO? HERRAMIENTA	¿DÓNDE? DESPLAZAMIENTO	¿POR QUÉ?	OBSERVACIONES
9	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:00:00	0:01:18	0:01:18	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Despejar zona de cambio	Esta acción debe ser la que inicie la puesta en marcha de preparación de cambio de útil. Comenzará 1 hora antes de cambio aprox, es decir, cuando se cargue en el desapilador de espera el último paquete de formatos
11	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:01:18	0:01:48	0:00:30	OP1	Con el pie	Frontal prensa	Colaborar con carretillero	El OP1 deberá estar alerta para comenzar los preparativos cuando vea al C comenzar con su tarea
25	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:01:48	0:02:32	0:00:44	OP1 y C	Manualmente	Frontal prensa	Despejar zona de cambio	
26	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:02:32	0:03:02	0:00:30	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Despejar el frontal de prensa	
35	externa	Localización y preparación de herramientas	0:02:32	0:08:12	0:05:40	OP1	Visualmente	Armario de herramientas	Preparación herramientas	Mediante el protocolo de herramientas se revisa que estén en su sitio y en buen estado, incluyendo ambos transpalet y grúa. El responsable de cada operación se desplazará al comienzo a la estantería de herramientas y cogerá todas las herramientas que vaya a necesitar en la próxima operación. Atención!! Para operaciones que requieran extracción y/o puesta de tornillos es posible usar la pistola de impacto que actualmente no se usa, lo cual reduciría los tiempos considerablemente
40	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:08:12	0:09:02	0:00:50	OP1	Manualmente	Posterior-almacén barras transfert	Despejar zona	
14	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:09:02	0:09:34	0:00:32	OP1	Manualmente	Zona contenedor chatarra frontal	Despejar el frontal de prensa	
30	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:09:34	0:10:04	0:00:30	OP1 y OP2	Manualmente	Frontal de prensa-Zona piezas NOK	Despejar zona de cambio	Atención!! El puesto de control se colocará NO al lado del contenedor de piezas NOK, sino enfrente a dicho contenedor para dejar espacio libre de almacenamiento de troqueles salientes
84	externa	Limpieza de guías	0:10:04	0:10:40	0:00:36	OP1	Desplazamiento	Esquina junto TP-31	Limpieza y acondicionamiento de zona	
86	externa	Limpieza de guías	0:10:40	0:12:31	0:01:51	OP1	Manualmente con escoba	Frontal de prensa	Limpieza y acondicionamiento de zona para extracción de mesa	
99	externa	Localización y preparación de herramientas	0:12:31	0:14:21	0:01:50	OP1	Cinta aislante y trapos	Frontal de prensa	Limpieza de zona interna de prensa	
31	externa	Localización y preparación de herramientas	0:14:21	0:14:51	0:00:30	OP1	Manualmente	Posterior prensa-Almacén barras	Desinstalación Transfert	
N	externa	Revisión y control	0:14:51	0:19:51	0:05:00	OP1	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Zona almacén de barras transfert	Liberar espacio en almacén de barras transfert	Si se requiere su descarga para los ajustes el OP2 y el OP1 sacarán la barra correspondiente en el carro con KLT
130	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:19:51	0:21:01	0:01:10	OP1	Manualmente	Frontal TP-31-frontal TP-29	Extracción troquel	
159	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:21:01	0:23:19	0:02:18	OP1	Manualmente	Frontal prensa-zona troqueles nuevos	Instalación nuevos troqueles	
155	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:23:19	0:26:58	0:03:39	OP1	Manualmente trapo	Útiles nuevos apilados	Limpieza y acondicionamiento nuevos troqueles	Antes de que lleguen los soportes el OP1 puede limpiar los útiles superficialmente
160	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:26:58	0:27:38	0:00:40	OP1	Manualmente	Zona troqueles nuevos apilados	Instalación nuevos troqueles	
164	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:22:00	0:27:00	0:05:00	JE	Carretilla elevadora	Almacén oficinas-Zona útiles nuevos	Limpieza de útiles nuevos	Existen dos posibilidades: 1) Utilizar un par de soportes grandes y un par de pequeños 2) Utilizar el par grande para limpieza y dos pares pequeños para mantenerlos en espera sin peligrosidad Tras esta tarea el JE puede ausentarse hasta que se pare la máquina para el cambio de útil
N	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:27:38	0:31:38	0:04:00	OP1	Manualmente	Zona útiles nuevos	Limpieza nuevos troqueles	
161	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:31:38	0:33:15	0:01:37	OP1	Puente grúa 20 Tn	Troqueles apilados-Mesa prensa	Instalación nuevos troqueles	Solo requiere 1 operario, el OP2 mira
165	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:33:15	0:34:27	0:01:12	OP1	Puente grúa 20 Tn	Al lado de la zona de útiles nuevos	Limpíarlo por encima	
167	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:34:27	0:36:27	0:02:00	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Instalación nuevos troqueles	
171	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:36:27	0:37:44	0:01:17	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Acondicionar superficie de cambio	
N	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:37:44	0:39:14	0:01:30	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Limpieza de nuevos útiles	
174	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:39:14	0:40:34	0:01:20	OP1	Manualmente	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	
175	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:40:34	0:42:54	0:02:20	OP1	Manualmente	Zona útiles nuevos	Instalación nuevo útil	
177	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:42:54	0:45:28	0:02:34	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona útiles nuevos	Limpieza inferior de los útiles nuevos	El OP2 no realiza ninguna operación, solo ayuda visualmente al OP1
178	externa	Limpieza de útiles entrantes	0:45:28	0:46:18	0:00:50	OP1	Manualmente, trapos	Zona útiles nuevos	Acondicionar superficie de cambio	
18	externa	Desinstalación mitad desapilador	0:46:18	0:59:29	0:13:11	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-almacén barras transfert	Cambio de placas	El OP1 releva en el puesto de embalaje al OP2, que coge todas las herramientas necesarias y se desplaza al desapilador para iniciar su desinstalación. Solo es posible realizar la desinstalación e instalación en medio desapilador cuando se quede vacío (último paquete de formatos en fabricación)
48	externa	Desinstalación mitad desapilador	0:59:29	0:59:45	0:00:16	OP2	Transpalet eléctrico	Desapilador-almacén barras transfert	Desinstalación desapilador	El OP2 aparece pero no se sabe con certeza si ha estado ausente o ha estado en zona desapilador
54	externa	Desinstalación mitad desapilador	0:59:45	1:01:06	0:01:21	OP2	Desplazamiento	Almacén barras transfert-Zona desapilador	Continuar con desinstalación de desapilador	
58	externa	Desinstalación mitad desapilador	1:01:06	1:03:46	0:02:40	OP2	Allen 14	Desplazamiento	Almacén barras transfert-Zona desapilador	
65	externa	Desinstalación mitad desapilador	1:03:46	1:05:43	0:01:57	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador	Desinstalación pinchos	
77	externa	Desinstalación mitad desapilador	1:05:43	1:08:18	0:02:35	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-posterior prensa	Cambio desapilador	Implica transporte y colocación de tacos de madera
106	externa	Instalación mitad desapilador	1:08:18	1:09:35	0:01:17	OP2	Transpalet eléctrico	Posterior prensa-transpaletizador	Instalación nuevos pinchos	Incluye reacondicionamiento de zona, tacos de madera etc en posterior de prensa
107	externa	Instalación mitad desapilador	1:09:35	1:10:22	0:00:47	OP2	Transpalet eléctrico y Allen 14	Zona desapilador	Nueva configuración de formatos	
204	externa	Preparación y carga de nueva materia prima	1:10:22	1:10:31	0:00:09	C	Carretilla elevadora	Zona desapilador	Preparación nueva materia prima	
218	externa	Preparación y carga de nueva materia prima	1:10:22	1:25:34	0:15:12	OP2 y C	Tijeras, triángulo y tubo metálico	Zona desapilador	Cargar nuevos formatos	Los operarios se quejan de lo mal embalados que vienen ahora los formatos. Peligrosidad y se requiere poner listones de madera en suelo para cojerlos. El OP2 no comienza hasta que ve al JE y le da la orden.
298	externa	Preparación y carga de nueva materia prima	1:25:34	1:26:50	0:01:16	OP2	Tijeras y tubo metálico	Zona desapilador	Nuevos formatos	Con esta operación acabaría la preparación del cambio, y tras ello el paquete en fabricación estaría próximo a agotarse y comenzar con las operaciones internas

1	Embalar últimas piezas tras último golpe de prensa	interna	Embalaje últimas piezas	0:00:00	0:00:38	0:00:38	OP1	Manualmente	Zona Cinta	Finalizar producción saliente	
16	Desplazarse y levantar pantalla posterior de seguridad	interna	Vaciado de chatarra	0:00:00	0:00:29	0:00:29	OP2	Cuadro control	Frontal prensa-Posterior prensa	Permitir acceso a zona posterior de prensa	
20	Levantar pantalla frontal y soltar latiguillos frontales del transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:00:00	0:01:02	0:01:02	JE	Manualmente	Posterior prensa	Desinstalación Transfert	El JE deberá estar continuamente alerta y controlar el tiempo para, en cuanto se pare la prensa, acercarse y comenzar su actuación
17	Vaciar cajones posteriores de chatarra	interna	Vaciado de chatarra	0:00:29	0:04:56	0:04:27	OP2	Manualmente	Posterior prensa	Extracción útil antiguo	Siempre y cuando sea posible, el vaciado de chatarra se podrá realizar como operación externa posterior al cambio de útil
10	Retirar último contenedor	interna	Embalaje últimas piezas	0:00:38	0:01:07	0:00:29	OP1	Transpalet	Zona cinta-Zona piezas NOK	Despejar zona de cambio	Este contenedor se colocará al lado del contenedor de piezas NOK, lo cual permitirá disponer de un espacio para almacenamiento provisional de troqueles salientes
19	Desplazarse y soltar latiguillos posteriores del transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:01:02	0:01:50	0:00:48	JE	Manualmente	Posterior prensa-Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	Implica cierre de aire comprimido en montante frontal derecho. Coloca los latiguillos enrollándolos en tubo cerca de montante derecho frontal
13	Vaciar cajones frontales de chatarra y colocar carro extractor de barras en posterior de prensa	interna	Vaciado de chatarra	0:01:07	0:04:18	0:03:11	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Limpieza y acondicionamiento de zona	Siempre y cuando sea posible, el vaciado de chatarra se podrá realizar como operación externa posterior al cambio de útil
21	Avanzar barras transfer	interna	Desinstalación barras transfer	0:01:50	0:02:49	0:00:59	JE	CPU control	Posterior prensa-CPU	Desconexión Transfert	
22	Desconectar cables frontales transfert y enrollarlos	interna	Desinstalación barras transfer	0:02:49	0:03:14	0:00:25	JE	Manualmente	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	
23	Desplazarse y desconectar cables posteriores transfert y enrollarlos	interna	Desinstalación barras transfer	0:03:14	0:03:47	0:00:33	JE	Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Desinstalación Transfert	
N	Retirar contenedor frontal de chatarra	interna	Retirada contenedor frontal de chatarra	0:03:36	0:04:06	0:00:30	C	Carretilla elevadora	Frontal de prensa-Posterior TP-31		
24	Desencajar barra posterior transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:03:47	0:05:01	0:01:14	JE	Manualmente	Posterior de prensa	Desinstalación Transfert	
91	Cargar placa desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:04:56	0:06:17	0:01:21	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador	Instalar nuevo desapilador	
27	Extraer y trasladar barra transfer posterior	interna	Desinstalación barras transfer	0:05:01	0:06:15	0:01:14	JE y OP1	Manualmente/carro extractor	Posterior de prensa-zona almacén barras	Desinstalación Transfert	Para la carga ayudaría también el OP2
29	Almacenar barra posterior transfert	interna	Desinstalación barras transfer	0:06:15	0:06:33	0:00:18	JE y OP1	Manualmente/carro extractor	Zona almacén de barras transfert	Desinstalación Transfert	
94	Transportar y almacenar placas del desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:06:17	0:07:12	0:00:55	OP2	Transpalet eléctrico	Desapilador-almacén barras transfert	Desinstalación desapilador	
32	Extraer barra frontal de transfer	interna	Desinstalación barras transfer	0:06:33	0:06:45	0:00:12	JE y OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	Con ayuda de un tercer operario que pasaba por la zona
33	Trasladar barra transfert frontal y almacenarla	interna	Desinstalación barras transfer	0:06:45	0:07:08	0:00:23	JE y OP1	Manualmente/carro con KLT	Frontal de prensa	Desinstalación Transfert	
37	Desplazarse a jaula izquierda, retirar transportador lat.izquierdo	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:07:08	0:08:28	0:01:20	OP1	Allen 6, Allen 5 y llave inglesa 14	Jaula lateral izquierda	Desinstalar transportador lateral izquierdo	El OP1 permanece allí mientras el JE está en la CPU para ayudarlo a preparar la desinstalación del transportador lateral izquierdo
39	Preparar máquina para cierre de troquel	interna	Preparación desamarre de troquel	0:07:08	0:08:14	0:01:06	JE	Manualmente/Control frontal de prensa	Frontal de prensa	Cerrar el troquel	Al estar el OP1 en lateral izquierdo, le proporciona al JE ayuda visual, lo que hace que el JE reduzca su número de desplazamientos para verificación
96	Aparcar transpalet y volver a jaula desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:07:12	0:08:01	0:00:49	OP2	Desplazamiento	Almacén barras transfert-isofix-desapilador	Despejar zona de cambio	
98	Desinstalar y cargar pinchos (2) antiguos	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:08:01	0:12:26	0:04:25	OP2	Transpalet eléctrico y Allen 14	Zona desapilador-posterior prensa	Instalación nuevos pinchos	
42	Cerrar troquel e ir a zona cinta	interna	Preparación desamarre de troquel	0:08:14	0:09:17	0:01:03	JE	Control de mandos manual y CPU	Frontal prensa	Desamarrar troquel	Tras realizar esto, el JE se va a ayudar al OP1, pero lo hacer por el posterior de prensa. Mucho rodeo.
36	Retirar imanes del desapilador	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:08:28	0:08:57	0:00:29	OP1	Desplazamiento	Desapilador-almacén barras transfert	Desinstalar desapilador	
41	Desconectar y recoger cinta transportadora	interna	Desinstalación de cinta transportadora grande	0:08:57	0:10:06	0:01:09	OP1	Manualmente	Zona cinta	Retirada de cinta transportadora	Esta tarea se vio interrumpida por el cable de la cámara de vídeo, cuya acción se describe en el siguiente paso
43	Retirar cable cámara de vídeo	interna	Desinstalación de cinta transportadora grande	0:09:17	0:09:49	0:00:32	JE y OP1	Manualmente	Zona cinta	Dificulta la extracción de la cinta transportadora	El JE se desplaza desde frontal hasta el lateral derecho de prensa, pero rodeando toda la prensa por detrás
46	Abrir puerta de cinta	interna	Desinstalación de cinta transportadora grande	0:09:49	0:10:23	0:00:34	JE	Allen 6	Zona cinta	Apertura puerta de cinta	
47	Extraer cinta transportadora	interna	Desinstalación de cinta transportadora grande	0:10:23	0:10:47	0:00:24	JE y OP1	Manualmente	Zona cinta	Despejar jaula lateral derecha	Aparcan la cinta cercana al almacén de barras transfert
49	Desconectar cable cámara vídeo	interna	Desinstalación de cinta transportadora grande	0:10:47	0:11:02	0:00:15	OP1 y grabador	Manualmente	Zona cinta	No interrumpir trabajo	Durante este tiempo el JE supervisa la desconexión del cable y la acción del OP2
50	Desamarrar la rampa lateral derecha	interna	Desinstalación rampa lateral derecha	0:10:47	0:13:14	0:02:27	JE	Manualmente	Jaula lateral derecha	Desinstalar el transportador	En principio basta con desatar el extremo derecho de la rampa
55	Coger KLT, palanca y quitar tornillos frontales superiores de amarre	interna	Desamarre de troquel saliente	0:11:02	0:13:41	0:02:39	OP1	Palanca Palmera 36	Frontal de prensa	Extracción troquel	El OP1 utiliza un KLT para ir echando todos los tornillos y no tener que hacer múltiples desplazamientos para dejarlos
103	Transportar y almacenar pinchos antiguos (2)	interna	Desinstalación mitad desapilador	0:12:26	0:14:59	0:02:33	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-Posterior prensa	Desinstalación pinchos	Incluye tacos de madera y organizar la zona con el transpaletizador
57	Extraer rampa lateral derecha	interna	Desinstalación rampa lateral derecha	0:13:14	0:14:13	0:00:59	JE	Manualmente	Jaula lateral derecha-zona lateral derecha	Cambio de transportador	Posibilidad de que el OP1 le ayude en esta operación
61	Desamarrar tornillos frontales inferiores	interna	Desamarre de troquel saliente	0:13:41	0:15:54	0:02:13	OP1	Palanca Palmera 36	Zona cinta-Frontal prensa	Extracción troquel	
62	Volver a lateral derecho y desamarrar cruceta de metal	interna	Desinstalación cruceta de metal	0:14:13	0:17:58	0:03:45	JE	Allen 6 y llave inglesa 14	Caja herramientas-Jaula derecha	Extracción transportador lateral derecho	
110	Cargar nuevos pinchos (1) y llevarlos a desapilador	interna	Instalación mitad desapilador	0:14:59	0:16:25	0:01:26	OP2	Transpalet eléctrico	Zona desapilador-posterior prensa-zona desapilador	Instalación nuevos pinchos	
68	Llevar tornillos a cinta y desplazarse a posterior de prensa	interna	Desamarre de troquel saliente	0:15:54	0:16:22	0:00:28	OP1	Desplazamiento	Frontal prensa-posterior prensa	Desamarrar tornillos posteriores	
69	Desamarrar tornillos de amarre posteriores	interna	Desamarre de troquel saliente	0:16:22	0:20:31	0:04:09	OP1	Palanca Palmera 36	Posterior de prensa	Extracción troquel	
112	Descargar nuevos pinchos	interna	Instalación mitad desapilador	0:16:25	0:17:00	0:00:35	OP2	Manualmente	Zona desapilador	Nueva configuración de formatos	
115	Instalar nuevos pinchos	interna	Instalación mitad desapilador	0:17:00	0:28:23	0:11:23	OP2	Allen 14	Zona desapilador	Nueva configuración de formatos	
67	Llevar cruceta a taquilla, coger L de metal e instalarla	interna	Instalación L de metal	0:17:58	0:20:02	0:02:04	JE	Allen 4	Taquilla-Jaula derecha	Desinstalar transportador lateral derecho	
71	Desatornillar los 2 tornillos superiores del extractor lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:20:02	0:20:56	0:00:54	JE	Allen 10	Zona lateral derecha	Preparar instalación nuevo transportador lateral derecho	
79	Transportar tornillos de amarre	interna	Desamarre de troquel saliente	0:20:31	0:21:02	0:00:31	OP1	Manualmente	Posterior prensa-cinta	Extracción troquel	
73	Coger nuevo transportador, desplazarse hasta jaula desapilador y empujar barra de transportador izquierdo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:20:56	0:21:34	0:00:38	JE	Desplazamiento	caja herramietas-jaula desapilador	Desinstalar transportador lateral izquierdo	
80	Dejar KLT e ir a control manual y subir carro	interna	Preparación extracción de mesa	0:21:02	0:21:33	0:00:31	OP1	Control manual	Frontal prensa	Extracción troquel	
87	Desplazarse a jaula izquierda y empujar mecanismo transporte del transportador	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:21:33	0:23:00	0:01:27	OP1	Desplazamiento y manualmente	CPU-jaula desapilador-CPU	Instalar nuevo transportador izquierdo	
78	Quitar transportador izquierdo antiguo	interna	Desinstalación transportador lateral izquierdo	0:21:34	0:23:08	0:01:34	JE	Allen 6 + Allen 5 y llave inglesa 14	Jaula desapilador	Nuevo transportador	
82	Posicionar CPU y programar salida de mesa	interna	Extracción de mesa	0:23:08	0:24:19	0:01:11	JE	CPU control	Frontal prensa	Extraer mesa	
88	Programar extracción de mesa y desplazarse a posterior de prensa	interna	Extracción de mesa	0:24:19	0:25:19	0:01:00	JE	CPU control	Frontal prensa	Extracción automática de mesa	Se supone que no se ha arreglado el problema de la extracción de mesa y se necesita utilizar la carretilla elevadora

95	Extraer mesa	interna	Extracción de mesa	0:25:19	0:26:54	0:01:35	OP1 y JE	CPU control	CPU	Extracción mesa	La carretilla se encuentra en el posterior de prensa, por lo que el JE no debe desplazarse por la planta para buscarla
100	Instalar nuevo transportador lateral izquierdo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:26:54	0:35:38	0:08:44	JE	Allen 6 + Allen 5+ llave inglesa 14	Lateral izquierdo	Instalar nuevo transportador izquierdo	Ojo el antiguo lo dejará allí cerca hasta que finalice para llevarlo a su sitio correspondiente. Incluye ajustar la apertura de las ventosas
101	Barrer zona interna de prensa	interna	Limpieza interior prensa	0:26:54	0:28:23	0:01:29	OP1	Cepillo	Interior prensa	Limpieza de zona interna de prensa	Incluye recoger lo barrido y llevarlo al contenedor de chatarra cercano a la TP-31. Podría depositarlo en contenedor posterior que está más cerca
134	Enganchar cadenas en primera mitad de troquel	interna	Extracción de troquel saliente	0:28:23	0:29:03	0:00:40	OP1 y OP2	Manualmente	Frontal de prensa	Extracción troquel	El OP1 deja de barrer para realizar esta operación
136	Levantar y transportar troquel	interna	Extracción de troquel saliente	0:29:03	0:31:30	0:02:27	OP1	Puente grúa 20 Tn	Frontal prensa-zona pegada a TP-31	Desinstalación troquel	El troquel se deposita justo al lado de donde está el contenedor con piezas antiguas
N	Terminar de barrer zona interna de prensa	interna	Limpieza interior prensa	0:29:03	0:32:53	0:03:50	OP2	Escoba	Interior prensa	Limpieza de zona interna de prensa	
138	Quitar cadenas del troquel antiguo	interna	Extracción de troquel saliente	0:31:30	0:32:26	0:00:56	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Desinstalación otra mitad del troquel	
141	Colocar cadenas en la otra mitad de troquel	interna	Extracción de troquel saliente	0:32:26	0:33:20	0:00:54	OP1 y OP2	Manualmente	Frontal prensa	Desinstalar otra mitad del troquel	
145	Levantar y transportar troquel	interna	Extracción de troquel saliente	0:33:20	0:35:32	0:02:12	OP1	Puente grúa 20 Tn	Zona pegada a TP-31	Desinstalar troquel	El OP2 comienza limpiando la mesa y cuando el OP1 ha depositado el troquel antiguo se incorpora también a la limpieza de mesa. Esta segunda mitad de troquel se deposita encima de la otra mitad y no al lado como se hacía anteriormente
149	Limpiar mesa	interna	Limpieza de mesa	0:33:20	0:43:20	0:10:00	OP2 y OP1	Manual con trapos	Mesa de prensa	Acondicionar superficie de cambio	
111	Llevar transportador, ir a por manual de instrucciones y volver a CPU	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:35:38	0:36:09	0:00:31	JE	Desplazamiento	CPU-taquilla-CPU	Programar transportador lateral izqdo	Posibilidad de colocar toda la documentación de CPU justo al lado de la CPU
113	Programar CPU	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:36:09	0:38:20	0:02:11	JE	CPU control	CPU	Programar transportador lateral izqdo	
117	Instalar transportador lateral izquierdo	interna	Instalación transportador lateral izquierdo	0:38:20	0:39:24	0:01:04	JE	Allen 6 + Allen 5+ llave inglesa 14	Zona desapilador	Instalar transportador lateral izqdo.	En esta fase el transportador izquierdo debe quedar listo para su funcionamiento
119	Programar CPU	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:39:24	0:41:34	0:02:10	JE	CPU control	CPU	Preparar instalación de extractor derecho	
120	Desplazarse y colocar nueva cinta interior extractora pieza	interna	Instalación cinta interior extractora	0:41:34	0:42:54	0:01:20	JE	Manualmente	Zona CPU-almacén barras transfert-lateral derecho	Preparación nueva zona de extracción	
121	Colocar nuevo extractor de pieza lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:42:54	0:43:25	0:00:31	JE	Manualmente	Lateral derecho de prensa	Preparación nueva zona de extracción	
153	Desenganchar cadenas de troquel	interna	Extracción de troquel saliente	0:43:20	0:43:39	0:00:19	OP1	Manualmente	Frontal prensa	utilizar la grúa para otro uso	
156	Cargar KLT con chatarra	interna	Limpieza de mesa	0:43:20	0:43:38	0:00:18	OP2	Manual	Frontal prensa	Llevar chatarra	
122	Fijar nuevo extractor lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:43:25	0:44:05	0:00:40	JE	Allen 10	Lateral derecho de prensa	Preparación nueva zona de extracción	Para el correcto apriete de los tornillos necesita levantar el transportador ligeramente mediante el transpalet
157	Desplazarse y vaciar chatarra	interna	Limpieza de mesa	0:43:38	0:44:01	0:00:23	OP2	Transpalet eléctrico	Frontal prensa	Evacuar chatarra	Se evacua la chatarra en el contenedor que hay justo al lado de donde están los troqueles antiguos. Luego lleva KLT a almacen barras transfert.
159	Recolocar ganchos y llevar grúa a zona nuevos troqueles	interna	Instalación troquel entrante	0:43:39	0:45:57	0:02:18	OP1	Manualmente	Frontal prensa-zona troqueles nuevos	Instalación nuevos troqueles	
158	Devolver KLT y aparcar transpalet eléctrico	interna	Instalación troquel entrante	0:44:01	0:45:07	0:01:06	OP2	Desplazamiento	Frontal prensa-almacén barras-zona isofix-Frontal prensa	Preparar instalación nuevo útil	
123	Ir a por transpalet y colocarlo debajo transportador lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:44:05	0:44:38	0:00:33	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-zona piezas NOK-Lateral derecho	Levantar transportador y atornillarlo fácilmente	
124	Coger herramientas (taco) y colocarlo en el transpalet	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:44:38	0:44:56	0:00:18	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-taquilla-Lateral derecho	Levantar transportador y atornillarlo fácilmente	
125	Elevar extractor derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:44:56	0:45:14	0:00:18	JE	Transpalet	Zona lateral derecha	Levantar transportador y atornillarlo fácilmente	
126	Atornillar y apretar ambos tornillos	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:45:14	0:46:14	0:01:00	JE	Allen 10	Zona lateral derecha	Fijación nuevo transportador lateral derecho	
160	Enganchar cadenas en primera mitad de troquel nuevo	interna	Instalación troquel entrante	0:45:57	0:46:16	0:00:19	OP1 y OP2	Manualmente	Zona troqueles nuevos apilados	Instalación nuevos troqueles	
127	Aparcar transpalet y volver a lateral derecho	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:46:14	0:46:55	0:00:41	JE	Desplazamiento	Lateral derecho-frontal prensa-Lateral derecho	Devolucion transpaletizadora	
128	Conectar cinta pequeña y extractor	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:46:55	0:48:45	0:01:50	JE	Allen 6 y llave inglesa 14	Jaula lateral derecha	Fijación nuevo transportador lateral derecho	
173	Transportar y colocar 1/2 útil en mesa	interna	Instalación troquel entrante	0:46:16	0:48:42	0:02:26	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn/manualmente	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	El OP1 maneja el puente grúa mientras que el OP2 guía y orienta el útil
174	Desamarrar cadenas del útil	interna	Instalación troquel entrante	0:48:42	0:49:22	0:00:40	OP1 y OP2	Manualmente	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	
131	Colocar cinta transportadora grande	interna	Instalación cinta transportadora grande	0:48:45	0:49:35	0:00:50	JE	Manualmente	Lateral derecho de prensa	Preparación nueva zona de extracción	
175	Llevar puente y amarrar cadenas a la otra mitad del útil	interna	Instalación troquel entrante	0:49:22	0:51:07	0:01:45	OP1 y OP2	Manualmente	Zona útiles nuevos	Instalación nuevo útil	
133	Realizar conexión eléctrica y neumática del extractor y conexión eléctrica de cinta pequeña	interna	Instalación extractor lateral derecho	0:49:35	0:50:40	0:01:05	JE	Manualmente	Montante derecho frontal	Instalación nuevo transportador	
135	Desplazarse dos veces	interna	Revisión y control	0:50:40	0:51:42	0:01:02	JE	Desplazamiento	Jaula lateral derecha-CPU-jaula lateral derecha (x2)	Programar CPU y revisar	
179	Transportar y colocar el otro 1/2 útil en mesa	interna	Instalación troquel entrante	0:51:07	0:53:50	0:02:43	OP1 y OP2	Puente grúa 20 Tn	Mesa de prensa	Instalación nuevo útil	
137	Colocar sensor en L de metal	interna	Instalación de sensor en L de metal	0:51:42	0:53:44	0:02:02	JE	Allen 6 + llave inglesa 14	Jaula lateral derecha	Instalación nueva zona de extracción	
140	Desplazarse y programar CPU	interna	Revisión y control	0:53:44	0:54:47	0:01:03	JE	CPU control	Jaula lateral derecha-CPU	Control de errores	
181	Desamarrar cadenas del útil	interna	Instalación troquel entrante	0:53:50	0:54:31	0:00:41	OP1 y OP2	Manualmente	Mesa de prensa	Instalación útil	Tras esta operación el OP2 se desplaza al posterior de prensa para poner elemento de contacto
N	Sobreponer tornillos de amarre inferiores	interna	Amarre de troquel entrante	0:54:31	0:56:31	0:02:00	OP2	Manualmente	Zona cinta-Frontal prensa	Instalación útil	
182	Aparcar puente grúa	interna	Instalación troquel entrante	0:54:31	0:55:02	0:00:31	OP1	Manualmente	Mesa de prensa-Posterior TP-31	Despejar zona de cambio	Lo realiza el OP1, el OP2 está sin hacer nada
142	Revisar transportador y desapilador	interna	Revisión y control	0:54:47	0:55:30	0:00:43	JE	Desplazamiento	CPU-desapilador-CPU	Revisión	
N	Apretar tornillos de amarre inferiores frontales y posteriores	interna	Amarre de troquel entrante	0:55:02	0:58:32	0:03:30	OP1	Palanca Palmera 36	Frontal prensa	Instalación útil	Tras esta tarea el OP1 se desplaza a posterior de prensa con los tornillos de amarre posteriores superiores
185	Revisar todo y meter mesa de prensa	interna	Introducción de mesa	0:55:30	1:00:00	0:04:30	JE	CPU control	zona prensa y CPU	Instalar nuevo útil	
N	Reacondicionar posterior de prensa, colocar elemento de contacto y colocar cinta de chatarra posterior	interna	Instalación cinta de chatarra posterior	0:56:31	1:03:01	0:06:30	OP2	Manualmente y transpalet eléctrico	Posterior de prensa	Nuevo layout salida chatarra	Colocación de cinta de chatarra, recolocación de pinchos,...
219	Colocación rampas chatarra	interna	Instalación rampas de chatarra	0:58:32	1:02:10	0:03:38	OP1	Allen 17	Frontal y posterior de prensa	Nuevo layout salida chatarra	
186	Recolocar contenedor de chatarra posterior	interna	Recolocación contenedor de chatarra posterior	0:59:42	0:59:54	0:00:12	C	Carretilla elevadora	Posterior de prensa	Nuevo layout salida chatarra	
187	Finalizar la instalación de la mesa	interna	Introducción de mesa	1:00:00	1:01:13	0:01:13	JE	CPU control/chapa-tope posterior	CPU-posterior prensa-CPU	Instalar nuevo útil	El OP2 espera en el posterior de prensa para poner el elemento de contacto
188	Revisar todo y bajar carro	interna	Amarre de troquel entrante	1:01:13	1:02:13	0:01:00	JE	CPU control	Frontal prensa	Amarrar nuevo útil	Para ello debe coger el control manual y colocarlo en frontal de prensa. Realiza continuas revisiones de todo.
N	Sobreponer tornillos de amarre superiores posteriores de 1/2 útil	interna	Amarre de troquel entrante	1:02:10	1:02:43	0:00:33	OP1	Manualmente	Posterior de prensa	Amarrar nuevo útil	Para la comprobación no es necesario apretarlos
190	Sobreponer tornillos de amarre superiores frontales de 1/2 útil	interna	Amarre de troquel entrante	1:02:13	1:02:43	0:00:30	JE	Manualmente	Frontal y posterior de prensa	Amarrar nuevo útil	
195	Desplazarse y subir carro con 1/2 útil puesto y revisar	interna	Revisión y control	1:02:43	1:04:13	0:01:30	JE	CPU control	Posterior prensa-CPU	Comprobación	
221	Trasladar carro con KLT	interna	Instalación barras transfer	1:03:01	1:03:41	0:00:40	OP2	Manualmente	Posterior prensa-zona almacén barras	Transporte barras transfert	
196	Cerrar útil y revisar los tornillos	interna	Amarre de troquel entrante	1:04:13	1:05:13	0:01:00	JE	Manualmente	Frontal prensa	Instalación nuevo útil	
194	Colocar y apretar resto de tornillos de amarre superiores posteriores	interna	Amarre de troquel entrante	1:04:13	1:08:13	0:04:00	OP1 y JE	Palanca Palmera 36	Frontal prensa-Posterior prensa	Amarrar nuevo útil	Se requiere poseer dos palancas de tuercas. El JE revisa la posición en la que están todos y cada uno de los tornillos que se están apretando
201	Colocar y apretar resto de tornillos de amarre superiores frontales	interna	Amarre de troquel entrante	1:05:13	1:08:13	0:03:00	OP2 y JE	Palanca Palmera 36	Posterior prensa-Frontal prensa	Instalación nuevo troquel	Se requiere poseer dos palancas de tuercas. El JE revisa la posición en la que están todos y cada uno de los tornillos que se están apretando
N	Coger nueva barra transfer	interna	Instalación barras transfer	1:08:13	1:08:43	0:00:30	JE y OP1	Manualmente	Zona almacén de barras transfert posterior prensa-CPU	Instalación barras transfer	
210	Subir carro	interna	Instalación barras transfer	1:08:13	1:08:38	0:00:25	OP2	CPU control	posterior prensa-CPU		
N	Llevar extractor con barras al frontal y colocar barra	interna	Instalación barras transfer	1:08:43	1:09:56	0:01:13	JE, OP2 y OP1	Manualmente	Almacén barras-frontal prensa	Instalación barras transfer	
216	Llevar y colocar rampa-puente	interna	Instalación de rampa puente	1:09:56	1:10:47	0:00:51	JE	Allen 17	Salida troquel-transportador pieza	Suplir vano	

225	Desplazarse y acoplar nueva barra transfert posterior	interna	Instalación barras transfer	1:09:56	1:12:01	0:02:05	OP1 y OP2	Carro extractor	Frontal prensa-Almacén barras transfert-posterior prensa	Instalación nuevas barras transfert	
223	Ir a programar CPU y revisar	interna	Revisión y control	1:10:47	1:11:41	0:00:54	JE	CPU y visualmente	Taquilla-CPU	Preparación para cambio de barras	
227	Desplazarse y programar nuevo transfert	interna	Revisión y control	1:11:41	1:13:29	0:01:48	JE	CPU	Posterior-CPU	Instalación nuevo transfert	Durante el camino se queda un rato en zona apilador revisando
232	Coger cubo e impregnar aceite en columnas guía frontales	interna	Engrase de columnas	1:12:01	1:14:49	0:02:48	OP2	Cubo y rodillo	Utilillaje	Preparación utilillaje	El cubo con aceite está en el montante frontal izquierdo
N	Coger pinza adicional e instalarla en barra frontal	interna	Instalación pinzas adicionales	1:12:01	1:16:01	0:04:00	OP1	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Zona almacén de barras transfert	Liberar espacio en almacén de barras transfert	
N	Coger pinza adicional e instalarla en barra posterior	interna	Instalación pinzas adicionales	1:13:29	1:17:29	0:04:00	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Almacén barras	Instalación de pinzas adicionales	
235	Desplazarse a posterior y seguir impregnando aceite	interna	Engrase de columnas	1:14:49	1:17:14	0:02:25	OP2	Desplazamiento/Manualmente	Frontal prensa-Posterior prensa	Preparación utilillaje	
245	Revisar pinzas y barras transfert	interna	Revisión y control	1:16:01	1:19:41	0:03:40	OP1	Visualmente	Posterior prensa-taquilla-frontal	Ajustes transfert	Implica apertura de aire comprimido en montante frontal derecho, y conexión eléctrica de barras
267	Colocar contenedor chatarra posterior	interna	Recolocación contenedor de chatarra posterior	1:17:14	1:18:32	0:01:18	OP2 y C	Carretilla elevadora	Posterior prensa	Nuevo layout salida chatarra	
228	Realizar conexión eléctrica-neumática transfert	interna	Instalación barras transfer	1:17:29	1:18:24	0:00:55	JE	Manualmente/Conectores y racores	Frontal prensa	Instalación nuevo transfert	
230	Desplazarse a posterior y revisar toda la parte posterior	interna	Revisión y control	1:18:24	1:19:13	0:00:49	JE	Desplazamiento/visualmente			
263	Revisar barras transfert	interna	Revisión y control	1:18:32	1:20:45	0:02:13	OP2	Visualmente	Frontal prensa	??	
233	Revisar desapilador	interna	Revisión y control	1:19:13	1:21:01	0:01:48	JE	Manualmente/control desapilador	Zona desapilador	Ajustes desapilador	
247	Recoger herramientas de frontal y devolverlas	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	1:19:41	1:20:25	0:00:44	OP1	Taquilla-Frontal-Taquilla	Frontal prensa	Ordenar	
264	Recoger chatarra del suelo y dejarla en contenedor	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	1:20:25	1:20:48	0:00:23	OP1	Manualmente	Posterior prensa	Se habían caído retales anteriormente	
282	Suministrar nuevos contenedores piezas (4) y desapilarlos	interna	Suministro y acondicionamiento de contenedores	1:20:45	1:21:17	0:00:32	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Diferentes embalajes de piezas	
281	Desplazarse y colocar nuevos contenedores de piezas	interna	Suministro y acondicionamiento de contenedores	1:20:45	1:22:34	0:01:49	OP2	Transpalet eléctrico	Frontal prensa-zona cinta	Entrada en producción	Realiza dos viajes con el transpalet eléctrico. 2x2 contenedores apilados
265	Desplazarse a lateral derecho de prensa y permanecer allí	interna	Revisión y control	1:20:48	1:23:31	0:02:43	OP1	Desplazamiento	Posterior prensa-Frontal prensa	??? Quizás revisar piezas??Charla???	
246	Comprobar movimientos transfert, desplazar primer formato a zona de impacto	interna	Preparación primer golpe	1:21:01	1:21:38	0:00:37	JE	CPU	Frontal-CPU	Ajustes transfert	
248	Primer golpe de prensa y comienzo de ensayo-error	interna	Ajustes e inspección	1:21:38	1:23:26	0:01:48	JE	CPU	frontal prensa	Ajustes	El OP2 sigue mirando lo que hace el JE. El JE va dando golpes de prensa y comprobando el funcionamiento correcto de todos los elementos. Realiza desplazamientos entre desapilador y fronta para sus comprobaciones
266	Desplazarse e inspeccionar las piezas	interna	Ajustes e inspección	1:22:34	1:24:53	0:02:19	OP2	Visualmente	Frontal prensa-Lateral de prensa	Validación de pieza?? Charla con Calidad??	La mayoría del tiempo están hablando o esperando a salida de piezas. En ese momento están en el lateral OP1, OP2, JE y Calidad mirando la pieza
259	Revisar piezas	interna	Calidad	1:23:26	1:34:41	0:11:15	Calidad	Visualmente	Lateral derecho	Validación de pieza	OP1 saca piezas, Calidad y JE inspeccionan, OP2 coloca y limpia piezas
250	Desplazarse e inspeccionar primera pieza	interna	Ajustes e inspección	1:23:26	1:24:05	0:00:39	JE	Visualmente	Lateral derecho	Primera comprobación	El OP2 mira y maneja la cinta extractora
251	Volver a frontal y continuar con ensayo-error	interna	Ajustes e inspección	1:23:31	1:39:51	0:13:42	OP1	Desplazamiento/visualmente/CPU	Frontal, CPU y desapilador	Ajustes	Golpes de prensa, control en frontal y desplazamientos a desapilador para ver funcionamiento
257	Puentear barrera y conectar cables posteriores	interna	Puenteo de barrera	1:24:05	1:26:45	0:02:40	JE	Manualmente	Posterior de prensa	Introducir contenedor chatarra	El puenteo no se grabó pero se estimó en 2 minutos para realizarlo
270	Permanecer en zona cinta almacenando las piezas	interna	Embalaje nuevas piezas	1:24:53	1:34:22	0:09:29	OP2	Manualmente	Frontal prensa	Ir recolocando y embalando las piezas que vayan saliendo	
261	Desplazarse e inspeccionar las piezas	interna	Ajustes e inspección	1:26:45	1:31:11	0:04:26	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-Lateral derecho	Inspección piezas	En el lateral derecho de prensa está Calidad inspeccionando las primeras piezas obtenidas. El JE se desplaza por un momento fuera del frontal de prensa
269	Desplazarse y supervisar golpes de prensa e inspeccionar nuevas piezas	interna	Ajustes e inspección	1:31:11	1:35:32	0:04:21	JE	Visualmente	Posterior prensa-Frontal prensa	Ensayo-error de primeros golpes de prensa	
280	Enchufar cámara de vídeo	interna	Preparación y acondicionamiento de zona	1:34:22	1:36:05	0:01:43	OP2 y grabador	Manualmente	Zona cinta	Transportar contenedores y recargar cámara de vídeo	
271	Inspeccionar con útil de control	interna	Calidad	1:34:41	1:37:01	0:02:20	Calidad	Calibre	Lateral dcho prensa	Validación de pieza	
277	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:35:32	1:38:51	0:03:19	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Frontal prensa	Ajustes de pinzas	
274	Rellenar hoja calidad	interna	Calidad	1:37:01	1:37:46	0:00:45	Calidad	Manualmente	Taquilla	Validación de pieza	
275	Desplazarse y buscar dato	interna	Calidad	1:37:46	1:38:14	0:00:28	Calidad	Desplazamiento	Taquilla-Hoja en jaula desapilador-Taquilla	Rellenar hoja de calidad	
276	Volver y terminar de rellenar hoja	interna	Calidad	1:38:14	1:38:54	0:00:40	Calidad	Manualmente	Taquilla	Validación de pieza	Tras esta operación CALIDAD da el visto bueno y se marcha
278	Bajar barrera frontal y comienzo de producción serie	interna	Ajustes e inspección	1:38:51	1:39:04	0:00:13	OP1	CPU	Frontal prensa	Entrada en producción	
286	Interrumpir producción por desajustes	interna	Ajustes e inspección	1:44:04	2:01:37	0:17:33	OP1	Manualmente y control manual	Frontal prensa	Pequeños fallos de ajuste de pinzas o transfert	Se debe levantar barrera y hacer golpes de prueba. El JE supervisa el funcionamiento y está a la espera de intervenir en ajustes
287	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:46:24	1:46:50	0:00:26	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
288	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:47:30	1:49:01	0:01:31	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
289	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:50:10	1:50:18	0:00:08	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
293	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:52:30	1:53:31	0:01:01	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
294	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:55:30	1:56:00	0:00:30	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
295	Intervenir para ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:57:30	1:57:48	0:00:18	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Posterior de prensa	ajuste de pinzas	
297	Desplazarse, mirar documentación y tocar CPU	interna	Ajustes e inspección	1:57:48	1:58:44	0:00:56	JE	Desplazamiento	Posterior prensa-taquilla-CPU	Programación??	
300	Desplazarse y realizar ajustes	interna	Ajustes e inspección	1:59:48	2:01:26	0:01:38	JE	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19	Frontal prensa-Jaula derecha	ajuste de pinzas	Tras esta última intervención el JE revisa el funcionamiento.
303	Bajar barrera frontal y comenzar con producción serie	interna	Ajustes e inspección	2:01:26	2:01:37	0:00:11	OP1	Control frontal	Frontal prensa	Entrada en producción serie	Finalización del proceso completo de cambio de útil

N	Rellenar todos los documentos antiguos necesarios	externa	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	0:00:00	0:05:00	0:05:00	OP1	Manualmente	Taquilla	Finalizar producción antigua	Atención!! Durante todo el tiempo que el OP1 esté fuera de su puesto realizando otras tareas, el OP2 deberá, además de embalar, controlar el correcto funcionamiento del proceso para detener la máquina ante cualquier anomalía
144	Desplazarse, ordenar y colocar rampa y transportador antiguo	externa	Almacenamiento rampa y transportador antiguo	0:00:00	0:01:19	0:01:19	JE	Manualmente	CPU-lateral dcho	despejar zona lateral	Si anteriormente la rampa y el transportador antiguos no hubiesen sido colocados en su almacén, ahora podría realizarse dicha operación
296	Organizar contenedores de piezas	externa	Suministro y acondicionamiento de contenedores	0:00:00	0:01:45	0:01:45	OP2	Transpalet eléctrico	Zona cinta	Despejar zona cinta	Poner el lleno abajo y subir el vacío arriba. El OP1 deberá también estar atento para facilitar el cambio de contenedor al OP2 cuando se requiera
97	Transportar soportes de útiles y devolver carretilla	externa	Almacenamiento soportes de útiles	0:01:19	0:06:19	0:05:00	JE	Desplazamiento	posterior prensa-planta-zona desapilador	Dejar libre la carretilla	Deberá realizar al menos dos desplazamientos para poder llevar todos los soportes de los útiles. Tras esta operación el JE habrá terminado su intervención en el cambio de útil
N	Colocar fichas de embalaje antiguo, llevar fichas antiguas y volver con todos los documentos nuevos necesarios	externa	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	0:05:00	0:11:00	0:06:00	OP1	Desplazamiento	Taquilla-Planta-Taquilla	Registrar datos nuevos	
N	Rellenar todos los documentos nuevos necesarios y colocar las nuevas fichas de embalaje	externa	Cumplimentación y colocación de documentos entrantes	0:11:00	0:18:00	0:07:00	OP1	Manualmente	Taquilla	Registrar datos nuevos	
8	Colocar plásticos en embalaje antiguo	externa	Retirada embalaje antiguo	0:18:00	0:19:14	0:01:14	OP1	Rollo de plástico	Zona cinta	Cubrir las piezas del embalaje	
139	Retirar contenedor con piezas antiguas	externa	Retirada embalaje antiguo	0:19:14	0:21:24	0:02:10	C	Transpalet eléctrico	Frontal prensa-aparcar transpalet-Frontal prensa	Despejar zona de cambio	Ahora el contenedor se encuentra justo al lado del contenedor de piezas NOK
83	Recoger retal y llevarlo a chatarra	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:19:14	0:19:30	0:00:16	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Limpieza y acondicionamiento de zona	
34	Aparcar carro con KLT	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:19:30	0:20:16	0:00:46	OP1	Manualmente	Frontal de prensa-posterior prensa	Despejar zona	
207	Guardar herramienta, retirar trapos y acondicionar	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:20:16	0:21:41	0:01:25	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Ordenar zona	Los trapos sucios se dejan en los contenedores de plástico pegados a TP-04
209	Desplazarse y poner transpalet eléctrico a cargar	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:21:41	0:23:09	0:01:28	OP1	Desplazamiento	Posterior prensa-montante frontal derecho	Devolver transpalet eléctrico cargado	
189	Barrer almacén nuevos útiles	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:23:09	0:25:04	0:01:55	OP1	Escoba	Zona útiles nuevos	Limpieza y acondicionamiento de zona	
191	Recolocar cadenas en gancho	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:25:04	0:25:53	0:00:49	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Transportar útiles antiguos	
192	Llevar puente y enganchar útiles antiguos	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:25:53	0:27:49	0:01:56	OP1	Manualmente	Frontal de prensa	Transportar útiles antiguos	
193	Transporte 1/2 útil antiguo, desamarre de cadenas y vuelta a por la otra mitad	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:27:49	0:32:57	0:05:08	OP1	Puente grúa 20 Tn	Frontal de prensa-almacén útiles nuevos	Acondicionamiento de zona	
197	Colocar cadenas en la otra mitad de troquel	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:32:57	0:33:24	0:00:27	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Transportar útiles antiguos	
198	Transportar el otro 1/2 de útil antiguo	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:33:24	0:37:43	0:04:19	OP1	Puente grúa 20 Tn	Frontal prensa-almacén útiles nuevos	Acondicionamiento de zona	
200	Quitar cadenas del troquel	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:37:43	0:38:21	0:00:38	OP1	Manualmente	Almacén útiles nuevos	Acondicionamiento de zona	
202	Aparcar puente grúa y volver a zona	externa	Almacenamiento de troqueles antiguos	0:38:21	0:39:24	0:01:03	OP1	Manualmente	Zona útiles nuevos-Zona TP-31-Frontal prensa	Despejar zona TP-29	
203	Barrer toda la zona	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:39:24	0:53:02	0:13:38	OP1	Escoba	Frontal, posterior y laterales	Limpieza y acondicionamiento de zona	
213	Limpiar CPU, frontal y posterior de prensa	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	0:53:02	1:02:56	0:09:54	OP1	Manual, trapo y quitagrasa	Frontal prensa	Limpieza de zona	
N	Colocar puesto de control	externa	Preparación y acondicionamiento de zona	1:02:56	1:03:21	0:00:25	OP1	Manualmente	Frontal prensa	Colocar el puesto en su sitio	
285	Suministrar nuevos contenedores piezas y acondicionarlos	externa	Suministro y acondicionamiento de contenedores	1:03:21	1:04:28	0:01:07	C	Carretilla elevadora	Frontal prensa	Entrada en producción	Realiza dos viajes con la carretilla. Dos contenedores en cada viaje
302	Desplazarse y ayudar con nuevos formatos	externa	Preparación y carga de nueva materia prima	1:04:28	1:07:24	0:02:56	OP1	Tijeras y tubo metálico	Zona cinta-Zona desapilador	Cargar nuevos formatos	
301	Suministrar, preparar y cargar nuevos formatos	externa	Preparación y carga de nueva materia prima	1:07:24	1:10:27	0:03:03	C	Carretilla elevadora, tijeras, tubo y triángulo metálico	Zona desapilador	Cargar nuevos formatos	Para el desembalaje los operarios se quejan de su peligrosidad y dificultad. Tras esto el OP2 vuelve a su puesto y continua su tarea

Tabla 42: Estimación Tiempo de Cambio en TP-29 aplicando SMED.

Simplemente con observar los resultados estimados de la tabla de arriba, es fácil ver la mejora sustancial en cuanto a tiempos se refiere, lo cual tendría como consecuencias no solo un ahorro considerable de costes, sino un aumento de la eficiencia productiva y un mayor acercamiento a las ventajas que proporciona un cambio de útil efectivo.

Las operaciones han sido reordenadas y reasignadas de tal forma que el aprovechamiento tanto de tiempo como de mano de obra sea el mejor posible. Ello implica invertir mayor tiempo en preparación pre y post-cambio reduciendo, en consecuencia, el tiempo de parada de máquina. Para este caso particular el tiempo de parada ha sido reducido en un 50% (de 4 horas a 2 horas), tal y como indicaban los objetivos marcados al comienzo del proyecto.

Considerando el nuevo proceso de cambio mejorado, con sus nuevos tiempos de realización y protocolos de actuación, las tablas y formatos descritos en las propuestas podrían ser rellenados obteniéndose, para el caso particular de la TP-29, los siguientes documentos y herramientas:

<i>PRENSA</i>	<i>¿CÚANDO?</i>	<i>REF. SALE</i>	<i>REF. ENTRA</i>	<i>PERSONAL</i>
<i>TP-29</i>	<i>18/02/20099 12:00 h</i>	<i>12/6202 12/6204</i>	<i>12/5240</i>	<i>Jefe de equipo Operario1 Operario2 Carretillero Calidad</i>
<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>
<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>
<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>

Tabla 43: Tablón Informativo en Oficina de Producción.

Actualmente la oficina de producción dispone de una pizarra en la cual el encargado general de producción realiza una tabla muy similar a la anterior, solo que sin información de personal, con fechas no siempre exactas y sin especificar la hora de comienzo.

Según el responsable, es difícil conocer el momento exacto del cambio ya que existen otros muchos factores influyentes; sin embargo, uno de los objetivos de este proyecto es priorizar el proceso de cambio y concienciar a todo el personal implicado sobre la importancia del mismo así como llevar a cabo una planificación con información lo más exacta posible.

Un tablón como el anterior facilitaría a los jefes de equipo información actualizada sobre los sucesivos cambios de útil en las prensas, y por lo tanto permitiría su planificación y preparación con suficiente antelación.

Si bien es cierto, tal y como se comentó en apartados anteriores, en gran cantidad de ocasiones la realización o no del cambio de útiles viene condicionada por la disponibilidad de materia prima (cuello de botella), por lo que habría que plantearse en primera instancia la resolución de dicho problema de suministro.

Una tabla análoga a la anterior pero dispuesta en zona de prensa sobre una pizarra es otra de las propuestas de mejora organizativa. Estaría en total relación con la tabla anterior y su aspecto sería el siguiente:

PRÓXIMO CAMBIO	PERSONAL	TIEMPO ESTIMADO (+/- 20 min)	REF. ENTRA	OBSERVACIONES
18/02/2009 12:00 h	Operario 1 Operario 2 Jefe de Equipo Carretillero Personal Calidad	120	12/5240	Comienzo de preparación cuando entre el penúltimo paquete de formatos
.
.
.

Tabla 44: Whiteboard en Zona de Prensa.

Una tabla con este formato debe estar cerca de la zona de trabajo de cada prensa. En cuanto un jefe de equipo conozca la información referente a un cambio de útil (expuesta en la pizarra de oficina de producción), éste deberá rellenar la tabla en la zona de prensa correspondiente. Con ello permitirá que los operarios de la prensa tengan presente la información sobre el próximo cambio y, por tanto, realicen las preparaciones oportunas para ello.

Ante cualquier imprevisto o modificación, el flujo de información desde el encargado de fabricación hasta los operarios deberá ser lo más rápido posible, por lo que tanto jefes de equipo como operarios deberán estar siempre atentos a estas pizarras.

Para el caso particular analizado, en taquilla deberán estar presentes un protocolo de herramientas y una hoja de localización de herramientas/útiles que permitan su lectura tanto a los operarios como al jefe de equipo.

El protocolo de herramientas será específico para cada cambio, dependiendo de la referencia que sale y la referencia que entra. Dicho documento tendrá una lista de las operaciones principales que conforman el proceso de cambio y las herramientas utilizadas en cada operación. Un posible formato para dicho protocolo aplicado a la TP-29 sería el siguiente:

PROTOCOLO DE HERRAMIENTAS SMED	
Operación	Herramientas (+ pistola de impacto)
Preparación y acondicionamiento de zona	Carretilla elevadora, escoba, trapos y quitagrasa
Limpieza de guías	Escoba
Localización y preparación de herramientas	Cinta aislante y trapos
Revisión y control	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Limpieza de útiles entrantes	Trapos, carretilla elevadora, puente grúa 20 Tn
Desinstalación mitad desapilador	Tranpalet eléctrico y allen 14
Instalación mitad desapilador	Tranpalet eléctrico y allen 14
Preparación y carga de nueva materia prima	Carretilla elevadora, tijeras, tubo y triángulo metálico
Embalaje últimas piezas	Tranpalet
Vaciado de chatarra	-
Desinstalación barras transfer	Carro extractor
Retirada contenedor frontal de chatarra	Carretilla elevadora
Desinstalación mitad desapilador	Tranpalet eléctrico y allen 14
Desinstalación transportador lateral izquierdo	Allen 6, Allen 5 y llave inglesa 14
Preparación desamarre de troquel	-
Desinstalación de cinta transportadora grande	Allen 6
Desinstalación rampa lateral derecha	-
Desamarre de troquel saliente	Palanca Palmera 36
Desinstalación cruceta de metal	Allen 6 y llave inglesa 14
Instalación mitad desapilador	Tranpalet eléctrico y allen 14
Instalación L de metal	Allen 4
Instalación transportador lateral izquierdo	Allen 6, Allen 5 y llave inglesa 14
Preparación extracción de mesa	-
Extracción de mesa	Carretilla elevadora
Limpieza interior prensa	Escoba con trapos
Extracción troquel saliente	Puente grúa 20 Tn
Limpieza de mesa	Trapos, KLT, tranpalet eléctrico
Instalación cinta interior extractora	-
Instalación extractor lateral derecho	Allen 6, Allen 10, llave inglesa 14, tranpalet y listones de madera
Instalación troquel entrante	Puente grúa 20 Tn
Instalación cinta transportadora grande	-
Instalación sensor en L	Allen 6 y llave inglesa 14
Revisión y control	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Amarre de troquel entrante	Palanca Palmera 36
Introducción de mesa	Chapa-tope posterior
Instalación cinta de chatarra posterior	Tranpalet eléctrico
Instalación rampas de chatarra	Allen 17
Recolocación contenedor chatarra posterior	Carretilla elevadora
Revisión y control	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Instalación barras transfer	Carro con KLT
Instalación rampa-puente	Allen 17
Revisión y control	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Engrase de columnas	Cubo de aceite / rodillo
Instalación de pinzas adicionales	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Revisión y control	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Preparación y acondicionamiento de zona	Carretilla elevadora, escoba, trapos y quitagrasa
Suministro y acondicionamiento de contenedores	Carretilla elevadora y tranpalet eléctrico
Preparación primer golpe	-
Ajustes e inspección	Allen 10, 6, 3, alicates y llave inglesa 19
Calidad	Útil de control
Punteo de barrera	-
Embalaje de nuevas piezas	Tranpalet eléctrico
Cumplimentación y entrega de documentos salientes	Bolígrafo
Almacenamiento de rampa y transportador antiguos	-
Suministro y acondicionamiento de contenedores	Carretilla elevadora y tranpalet eléctrico
Almacenamiento de soportes de útiles	Carretilla elevadora
Cumplimentación y colocación de documentos entrantes	Bolígrafo
Retirada de embalaje antiguo	Tranpalet eléctrico y rollo de plástico
Preparación y acondicionamiento de zona	Carretilla elevadora, escoba, trapos y quitagrasa
Almacenamiento de troqueles antiguos	Escoba y puente grúa 20 Tn
Preparación y acondicionamiento de zona	Carretilla elevadora, escoba, trapos y quitagrasa
Suministro y acondicionamiento de nuevos contenedores	Carretilla elevadora y tranpalet eléctrico
Preparación y carga de nueva materia prima	Carretilla elevadora, tijeras, tubo y triángulo metálico

Tabla 45: Protocolo de Herramientas en TP-29

Por el contrario, la hoja de localización tendrá una relación de todas y cada una de las herramientas, piezas o útiles pertenecientes a la línea de trabajo.

Periódicamente los operarios de dicha línea deberán comprobar (especialmente antes de un cambio de útil) que todas y cada una de las herramientas que necesitarán, están donde deben estar y en buen estado. A modo de ejemplo se muestran algunas de las herramientas y útiles pertenecientes a la línea de producción de la TP-29:

LOCALIZACIÓN DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS SMED				
Piezas:	Código	Almacén	Estantería o Zona	Piso
Contenedor frontal de chatarra	0A0	0	A	0
Contenedor posterior de chatarra	0B0	0	B	0
Cinta de chatarra posterior	0B0	0	B	0
Chapa tope posterior	0B0	0	B	0
Pinchos salientes desapilador	0B0	0	B	0
Pinchos entrantes desapilador	0B0	0	B	0
Rampa lateral derecha	0C0	0	C	0
Transportador saliente	0C1	0	C	1
Transportador entrante	0C1	0	C	1
Sensor inductivo	0C1	0	C	1
Cinta transportadora grande	0C0	0	C	0
Útil de control	0C0	0	C	0
Extractor lateral entrante	0C0	0	C	0
Barras transfer salientes	0Y2	0	Y	2
Barras transfer entrantes	0Y3	0	Y	3
KLT	0Y0	0	Y	0
Cruceta de metal	0T2	0	T	2
L de metal	0T2	0	T	2
Tornillos/tuercas de amarre	0T2	0	T	2
Pinzas transfer	0T1	0	T	1
Troquel saliente	0X0	0	X	0
Troquel entrante	0X0	0	X	0
Cinta interior extractora	0Y0	0	Y	0
Rampas de chatarra	0Y0	0	Y	0
Placas desapilador	0Y0	0	Y	0
Imanes del desapilador	0Y1	0	Y	1
Contenedores vacíos de piezas	1-0	1	-	0
Contenedores llenos de piezas	1--	1	-	-
Soportes de útiles	2-0	2	-	0
Materia prima	3-0	3	-	0
Documentación saliente	4--	4	-	-
Documentación entrante	4--	4	-	-
Herramientas:	Código	Almacén	Estantería o Zona	Piso
Llaves Allen	0Y2	0	Y	2
Llaves Inglesas	0Y3	0	Y	3
Transpalet eléctrico	0Y0	0	A	0
Cinta aislante	0T2	0	T	2
Trapos	0T2	0	T	2
Escoba	0A0	0	A	0
Tijeras	0D1	0	D	1
Tubo metálico	0D0	0	D	0
Triángulo metálico	0Y0	0	Y	0
Alicates	0Y2	0	Y	2
Carro con KLT	0B0	0	B	0
Quitagrasas	0Y2	0	Y	2
Palanca de tuercas	0Y2	0	Y	2
Material para escribir	0T3	0	T	3
Cubo y rodillo de engrase	0A0	0	A	0
Rollo de plástico	0Y0	0	Y	0
Carretilla elevadora	2-0	2	-	0
Transpalet	2-0	2	-	0
Puente grúa 20 Tn.	5-1	5	-	1

Tabla 46: Hoja de Localización de Piezas y Herramientas para TP-29.

La codificación de las localizaciones puede ser diferente a la expuesta anteriormente. Si se decide utilizar la tabla anterior, se deberá poner en conocimiento del personal el significado de la codificación, que para este caso en particular sería:

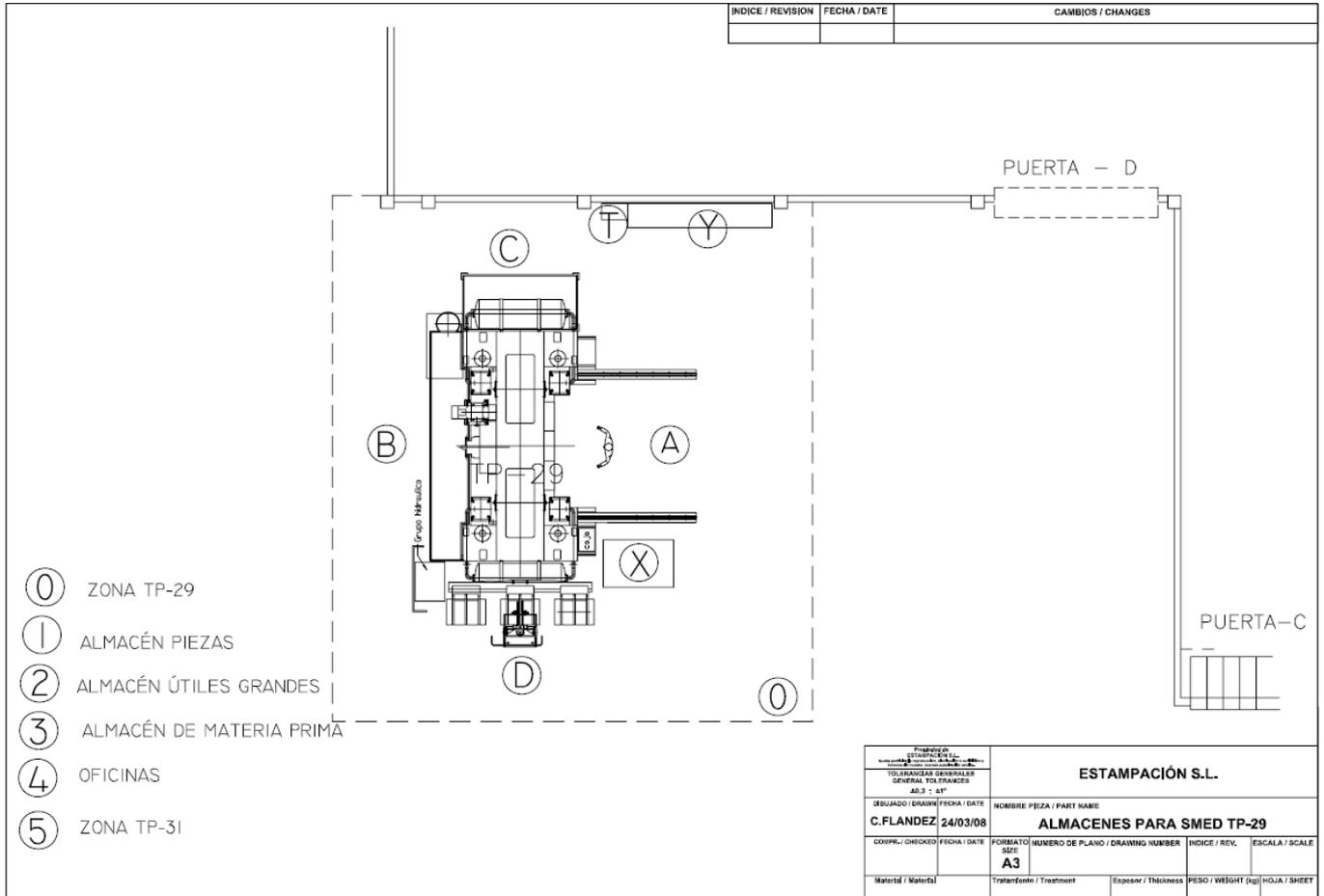


Fig. 80: Codificación de Localizaciones para SMED en TP-29.

El código estaría formado por tres caracteres. El primero correspondería al almacén o lugar donde se encuentra la herramienta. El segundo indica la zona exacta dentro de los alrededores de la TP-29 y el tercer carácter corresponde al piso del almacén, el cual indica el nivel sobre el suelo al que se encuentra la herramienta.

Otro de los documentos propuestos para facilitar la realización de proceso al personal implicado son los protocolos de actuación, para operaciones tanto internas como externas. En ellas se ordenan las operaciones principales según su realización cronológica, así como una descripción de ellas, el tiempo estimado para llevarlas a cabo y el personal encargado de realizarlas.

Los protocolos de actuación para los cambios en la TP-29 serían los siguientes:

PROTOCOLO DE ACTUACIÓN SMED				
TIPO DE CAMBIO: Cambio de útil		MÁQUINA TP-29	Nº DE OPERARIOS 3	
OPERACIONES INTERNAS: MÁQUINA PARADA				
Orden de operación	Operación principal	Descripción de la operación	Tiempo (min.)	Operario
1	Embalaje últimas piezas	Introducir últimas piezas en contenedor tras el último golpe de prensa y retirar contenedor al lado de piezas NOK	1	OP1
	Vaciado de chatarra	Vaciar cajones frontales y posteriores de chatarra, y colocar carro con KLT en posterior de prensa	5	OP1 y OP2
	Desinstalación barras transfer	Desconexión eléctrica y neumática de barras y su almacenamiento	7	JE y OP1
2	Retirada contenedor frontal de chatarra	Retirar el contenedor frontal y dejarlo pegado a la jaula de la TP-31	0,5	C
	Desinstalación mitad desapilador	Retirar y almacenar placa de media parte del desapilador restante y desinstalar y almacenar los 2 pinchos correspondientes a dicha mitad	10	OP2
	Desinstalación transportador lateral izquierdo	Desatornillar el transportador con ayuda del JE para cuando se necesite manejar la CPU	3	OP1
	Preparación desamarre de troquel	Realizar comprobación en CPU y bajar carro para proceder a su desamarre	2	JE
3	Desinstalación de cinta transportadora grande	Desconexión eléctrica de la cinta y extracción fuera de jaula derecha	2	JE y OP1
4	Desinstalación rampa lateral derecha	Desmarrar la rampa lateral derecha y extraerla fuera de jaula derecha	3,5	JE
	Desamarre de troquel saliente	Quitar tornillos de amarre frontales y posteriores, y depositarlos encima de la cinta transportadora grande. Si se requiere, utilizar un KLT para su transporte de una sola vez	10	OP1
5	Desinstalación cruceta de metal	Quitar la cruceta de metal situada en el lateral derecho de prensa	3,75	JE
	Instalación mitad desapilador	Transportar nuevos pinchos e instalarlos en la mitad de desapilador que falta	13	OP2
6	Instalación L de metal	Colocar y atornillar L de metal en lateral derecho de prensa	2	JE
7	Instalación transportador lateral izquierdo	Colocar nuevo transportador izquierdo y realizar las comprobaciones y ajustes necesarios con la CPU	18	JE
	Preparación extracción de mesa	Subir carro y ayuda a JE	0,5	OP1
8	Extracción de mesa	Programación de extracción en CPU y ayuda mediante empujon con carretilla elevadora	4	JE y OP1
9	Limpieza interior prensa	Barrer interior de prensa y limpiar aceite del suelo.	5	OP1 ó OP2
	Extracción troquel saliente	Retirar troqueles de la mesa y apilarlos provisionalmente en zona pegada a TP-31	15	OP1 y OP2
10	Limpieza de mesa	Limpiar la mesa y retirar su chatarra	10	OP1 y OP2
	Instalación cinta interior extractora	Colocar, realizar conexión eléctrica y comprobar la cinta pequeña de extracción de piezas	1,5	JE
11	Instalación extractor lateral derecho	Colocar, realizar conexión eléctrica y neumática, y comprobar su funcionamiento	10	JE
	Instalación troquel entrante	Coger troqueles entrantes limpios y posicionarlos en mesa de prensa	12	OP1 y OP2
12	Instalación cinta transportadora grande	Introducir y colocar cinta transportadora grande dentro de jaula lateral derecha y conectarla	1	JE
13	Instalación sensor en L	Colocar sensor inductivo en la L de metal y conectarlo eléctricamente	2	JE
14	Revisión y control	Control de errores en CPU	2	JE
15	Amarre de troquel entrante	Colocar y apretar tornillos inferiores, bajar carro, colocar y apretar tornillos superiores	14	JE, OP1 y OP2
16	Introducción de mesa	Meter mesa de prensa a través de programación de CPU. Para colocación de chapa tope posterior ayuda el OP2	6	JE
	Instalación cinta de chatarra posterior	Acondicionamiento de zona posterior de prensa, colocación de chapa tope de mesa e instalación de cinta de chatarra posterior	6,5	OP2
	Instalación rampas de chatarra	Coger rampas de chatarra e instalarlas en frontal y posterior del útil	3,5	OP1
17	Recolocación contenedor chatarra posterior	Colocar el contenedor posterior de chatarra acorde a los nuevos requerimientos de salida de chatarra	1,5	OP2 y C
	Revisión y control	Subir carro con 1/2 útil puesto y revisar. Bajar carro y continuar con amarre de troquel	1,5	JE
18	Instalación barras transfer	Subir carro, coger nuevas barras transfer, colocarlas y realizar conexión eléctrica y neumática. Posibilidad de cargar 2 barras transfer en el carro portador	10	JE, OP1 y OP2
19	Instalación rampa-puente	Coger rampa puente, posicionarla y fijarla entre troquel y cinta pequeña	1	JE
20	Revisión y control	Mediante CPU, realizar control de fallos y revisar barras transfer	3	JE
21	Engrase de columnas	Engrasar todas las columnas del troquel	5	OP2
	Instalación de pinzas adicionales	Colocar y fijar 2 pinzas adicionales en barras transfer	5	JE y OP1
22	Revisión y control	Revisar y comprobar el correcto funcionamiento de todos los elementos instalados	5	JE, OP1 y OP2
23	Preparación y acondicionamiento de zona	Retirar y almacenar herramientas o elementos que interrumpen la puesta en marcha de la nueva producción	1	OP1
	Suministro y acondicionamiento de contenedores	Traer contenedores para nuevas piezas y colocarlos de forma apta para comienzo de embalaje	2	C y OP2
	Preparación primer golpe	Comprobar movimientos transfert, desplazar primer formato a zona de impacto	1	JE
24	Ajustes e inspección	Comenzar golpes de prueba para realizar ajustes. El OP1 realiza los golpes y el JE los ajustes necesarios en pinzas	40	JE y OP1
	Calidad	Inspección visual, inspección con útil de control y rellenar documentos correspondientes	16	Calidad
25	Puenteo de barrera	Puentear barrera posterior de prensa	3	JE
	Embalaje de nuevas piezas	Permanecer en zona de cinta embalando las piezas nuevas salientes. Ante cualquier necesidad de acondicionamiento o ayuda también podrá realizarlo	36	OP2

Tabla 47: Protocolo de Actuación SMED para Operaciones Internas.

PROTOCOLO DE ACTUACIÓN SMED				
TIPO DE CAMBIO: Cambio de útil		MÁQUINA TP-29	Nº DE OPERARIOS 3	
OPERACIONES EXTERNAS ANTES DE COMENZAR EL CAMBIO				
Orden de operación	Operación principal	Descripción de la operación	Tiempo (min.)	Operario
1	Preparación y acondicionamiento de zona	Despejar zona frontal de contenedores y sus soportes, retirar mando manual y puesto de control (enfrente de piezas NOK)	10	OP1 y C
2	Limpieza de guías	Coger escoba y barrer las guías de salida de mesa	2,5	OP1
3	Localización y preparación de herramientas	Comprobar protocolo de herramientas, preparar cepillo con trapos y colocar carro en posterior de prensa	8	OP1
4	Revisión y control	Revisar nuevas barras transfer y todas las pinzas, ajustando aquellas que lo necesiten	5	OP1
5	Limpieza de útiles entrantes	El JE trae 2 pares de soportes y el OP1 realiza las maniobras con la grúa para limpiar inferiormente los útiles entrantes y dejarlos depositados hasta su instalación posterior	26	OP1 y JE
6	Desinstalación mitad desapilador	Retirar y almacenar placa de media parte del desapilador (vacío) y desinstalar y almacenar los 2 pinchos correspondientes a dicha mitad	22	OP2
7	Instalación mitad desapilador	Transportar nuevos pinchos de una mitad de desapilador e instalarlos	5	OP2
8	Preparación y carga de nueva materia prima	Suministro de nuevos formatos, desembalaje y carga en medio desapilador	16	OP2 y C
OPERACIONES EXTERNAS DESPUÉS DE REALIZAR EL CAMBIO				
Orden de operación	Operación principal	Descripción de la operación	Tiempo (min.)	Operario
1	Cumplimentación y entrega de documentos salientes	Rellenar todos los documentos antiguos, llevarlos y traer todos los documentos referentes a la nueva referencia	11	OP1
	Almacenamiento de rampa y transportador antiguos	Si anteriormente no había colocado estos elementos en su sitio, ahora puede realizarlo	1,5	JE
	Acondicionamiento de nuevos contenedores	Poner el lleno abajo y subir el vacío arriba. El OP1 deberá también estar atento para facilitar el cambio de contenedor al OP2 cuando se requiera	2	OP2
2	Almacenamiento de soportes de útiles	Almacenar soportes de útiles utilizados y devolver carretilla elevadora	5	JE
	Cumplimentación y colocación de documentos entrantes	Rellenar todos los documentos necesarios para la nueva referencia y colocar las hojas nuevas de embalaje	7	OP1
3	Retirada de embalaje antiguo	Colocar plásticos en embalaje antiguo y retirar contenedor con piezas antiguas	3,5	OP1 y C
4	Preparación y acondicionamiento de zona	Almacenar todos los elementos y herramientas utilizados durante el cambio, poner transpalet eléctrico a cargar	4	OP1
5	Almacenamiento de troqueles antiguos	Transportar y apilar los troqueles salientes en su almacén correspondiente	16	OP1
6	Preparación y acondicionamiento de zona	Limpiar toda la zona (barrer y quitagrasas) y colocar puesto de control	24	OP1
	Suministro y acondicionamiento de nuevos contenedores	Suministrar nuevos contenedores de piezas en el frontal de prensa para su futura utilización	1	C
7	Preparación y carga de nueva materia prima	Suministrar, desembalar y cargar nuevos formatos en desapilador	6	OP1 y C

Tabla 48: Protocolo de Actuación SMED para Operaciones Externas.

Con los documentos anteriores el jefe de equipo y los operarios deben ser capaces de identificar correctamente las operaciones que tienen que realizar en el cambio, su prioridad y ajustarse lo mejor posible al tiempo estimado para ello. En el caso de ESTAMPACIÓN S.L., para llegar a realizar un proceso óptimo se requerirá un aprendizaje por parte del personal, que será obtenido a través de la puesta en práctica y análisis de los cambios de útil.

Una de las mejoras propuestas no solo para el SMED sino para la mejora de cualquier actividad en planta, es la utilización de paneles de alarmas dispuestos en la zona de prensa.

En el caso particular del proceso de cambio de útiles, todas y cada una de las máquinas implicadas, así como zona de trabajo y elementos necesarios, deben estar en perfectas condiciones para permitir un proceso adecuado de cambio. Mediante este panel, ante cualquier problema que surja, ya sea de maquinaria o zonal, y que produzca ineficiencias en la actividad de cambio, se forzarán a su inmediata resolución por el departamento correspondiente. Ello evitará ineficiencias en cualquier actividad que se realice cerca de la línea de producción.

La configuración del panel de alarmas creado para la planta de ESTAMPACIÓN S.L. tiene el siguiente aspecto:



Fig. 81: Panel Informativo de Alarmas en Prensa.

Otra de las ayudas visuales es el diagrama de recorridos, el cual para el caso de la TP-29 tiene el siguiente aspecto:

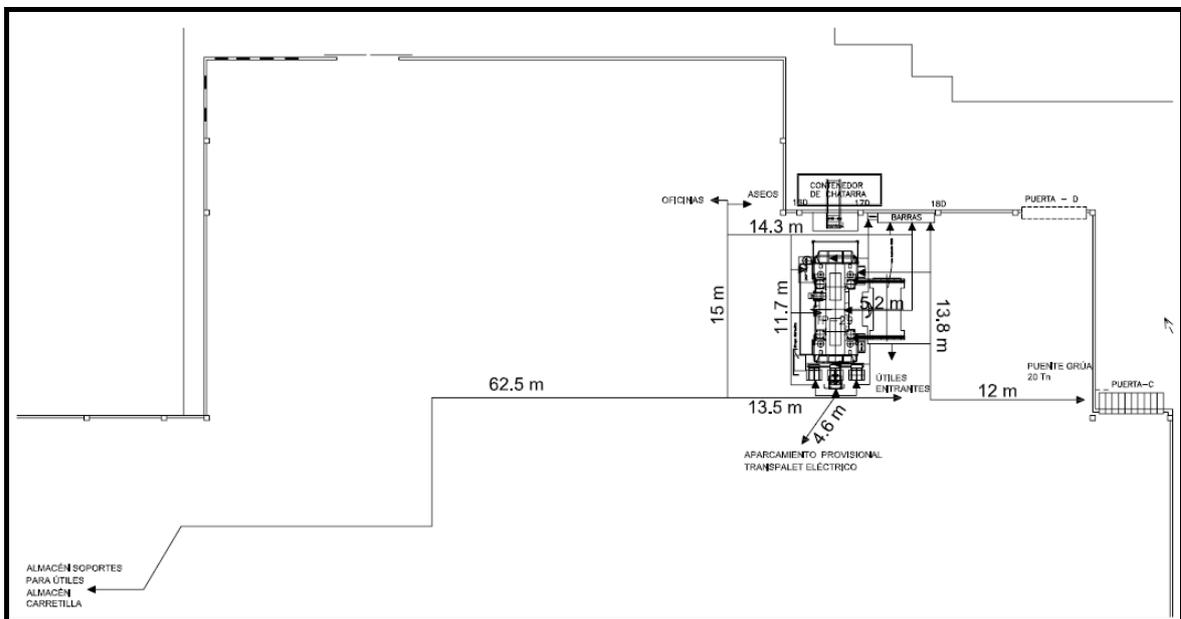


Fig. 82: Diagrama de Recorridos para SMED en TP-29.

La imagen superior muestra un extracto del plano general de planta en el que se han omitido todos los elementos, maquinaria y señalizaciones excepto la prensa en cuestión y las zonas involucradas. En ella aparece un entramado de líneas que representan los diferentes caminos que son recorridos por los operarios durante el proceso de cambio. Se han añadido las distancias aproximadas de los recorridos más significativos para tener, a simple vista, una idea general de las distancias que se recorren durante el cambio así como las zonas que deben estar despejadas y libres de cualquier obstáculo. En función de la frecuencia que cada operario se desplace por los tramos marcados es posible calcular, de forma aproximada, el coste de transporte y/o desplazamiento, así como diseñar un protocolo de actuación que optimice los desplazamientos de cada operario.

6.6.4. Estudio de Costes.

En este epígrafe se pretende dar una idea aproximada de las mejoras tanto económicas como funcionales que se obtendrían tras la aplicación de las propuestas anteriores.

Utilizando las fórmulas y siguiendo las nomenclaturas descritas en el apartado "6.5. COSTES DE UN CAMBIO DE ÚTILES" se ha confeccionado la siguiente tabla, en la que aparecen los costes del cambio de útil antes y después de la implantación SMED.

Los costes se han desglosado en dos grupos, costes de las operaciones externas y costes de las operaciones internas. A su vez, se clasifican en costes de preparación, organización, mano de obra directa y coste de oportunidad.

COSTES CAMBIO DE ÚTIL

PRENSA: TP-29

REF.SALE: 12/6202-04

REF.ENTRA: 12/5240

FECHA:18/02/2009

TURNO: MAÑANA

Util sale: 10067-1 (2 operarios)
Util entra: 95240

Lote teórico: 12000 Lote real: 8194
Lote teórico: 6000

Material: CH.DC-04 (1020091)
Material: DC-04 (1020004)

T.prep estimado: 150 minutos
T.prep estimado: 300 minutos

Ref.cliente: 4515864-02
Ref.cliente: 0095240 V

Golpes/hora (al 100%): 605
Golpes/hora (al 100%): 262

Dimensiones: 1214+o-1x581+o-0,5x0,5
Dimensiones: 609+-0,25x390+-0,25x1

OP1: Operario de control
OP2: Operario de embalaje

JE: Jefe de equipo

C: Carretillero

Calidad: Persona del Dpto.Calidad

Precio de venta (12/5240)
Precio coste (12/5240)

2,4341 €/unidad
2,1323 €/unidad

	OPERACIONES EXTERNAS												OPERACIONES INTERNAS										
	COSTES DE ORGANIZACIÓN DEL PROCESO						COSTES PREPARACIÓN DEL CAMBIO						MANO DE OBRA				COSTE DE OPORTUNIDAD						
	n	Ci	Topi	Kj	Tij	CI	n	Tmi+Tpi+Tri	Ci	Kj	CT	n	Tpj	Cij	Cmo	Cj	Tji	Kki	Tki	P	B	T	Cort
Antes del SMED	Comercial	35,5	0,0	0,0	0,0	0,0	JE	0,0	37,1	0,0	0,0	JE	2,6	37,1	97,7	37,1	0,0						0,0
	Logística	35,5	0,5	0,0	2,0	17,8	OP1	0,0	37,1	0,0	0,0	OP1	4,2	37,1	155,2	37,1	4,2						155,2
	Director Prod.	54,0	0,5	0,0	0,0	27,0	OP2	0,0	37,1	0,0	0,0	OP2	4,2	37,1	155,2	37,1	4,2	0,0	4,2	420,0	0,2	4,2	155,2
	Encargado Prod.	30,4	0,5	0,0	1,0	15,2	C	0,0	37,1	0,0	0,0	C	0,4	37,1	14,9	37,1	0,0						0,0
	JE	37,1	0,0	0,0	0,0	0,0	Calidad	0,0	23,0	0,0	0,0	Calidad	0,3	23,0	5,8	23,0	0,0						0,0
	TOTAL				60,0			TOTAL		0,0		TOTAL	428,7			TOTAL					737,7		
Con SMED	Comercial	35,5	0,5	0,0	1,0	17,8	JE	0,2	37,1	0,0	6,8	JE	1,8	37,1	67,4	37,1	0,0						0,0
	Logística	35,5	0,5	0,0	2,0	17,8	OP1	1,9	37,1	0,0	68,7	OP1	2,0	37,1	75,0	37,1	2,0						75,0
	Director Prod.	54,0	0,5	0,0	1,0	27,0	OP2	0,7	37,1	0,0	26,0	OP2	2,0	37,1	75,0	37,1	2,0	0,0	2,0	420,0	0,2	2,0	75,0
	Encargado Prod.	30,4	1,0	0,0	1,5	30,4	C	0,4	37,1	0,0	14,9	C	0,0	37,1	1,5	37,1	0,0						0,0
	JE	37,1	0,5	0,0	0,0	18,6	Calidad	0,0	23,0	0,0	0,0	Calidad	0,3	23,0	5,8	23,0	0,0						0,0
	TOTAL				111,5			TOTAL		116,3		TOTAL	224,7			TOTAL					356,5		

Costes de Organización:

- Información logística
- Dpto. Producción.
- Jefe de Equipo y operarios

TOTAL SIN SMED	1226,3
-----------------------	---------------

TOTAL CON SMED	809,0
-----------------------	--------------

Costes de Preparación:

- Búsqueda y transporte de nuevos útiles
- Transporte y almacenamiento de útiles salientes

Coste de Op. Internas:

- Cambio de útil
- Resto de operaciones necesarias
- Coste de oportunidad: operarios y producción parada

Tabla 49: Costes del Cambio de Útil en TP-29.

Es fácil ver que la gran cantidad de tiempo e ineficiencia del proceso provocan altos costes en el proceso analizado.

Destacan por su elevado valor los costes relativos a mano de obra y oportunidad, lo cual indica claramente mal reparto de los recursos humanos necesarios y gran cantidad de tiempo improductivo.

Por otro lado, aplicando el sistema SMED, los costes referentes a operaciones internas son reducidos enormemente a cambio de aumentar ligeramente los recursos invertidos en organización y preparación del cambio.

El ahorro económico que ello genera es de aproximadamente **400€/cambio**, lo cual supone una cantidad sustancial teniendo en cuenta que se vienen realizando en torno a **50 cambios/año**.

Además de lo anterior, también ello permite disponer de una cadena de producción mucho más eficiente y flexible que la que se tenía hasta ahora, alcanzando en gran medida los objetivos marcados por la Dirección y mejorando la competitividad de la empresa.

Por último y para completar el estudio de costes, sería adecuado realizar un cálculo del nuevo lote económico que se obtendría tras la mejora.

Aplicando la fórmula descrita sobre el modelo de tamaño económico básico (EOQ), se puede realizar una estimación sobre la reducción de dicho tamaño para la prensa estudiada.

Sabiendo que la demanda anual de la pieza 12/5240 es de 130.000 piezas/año y que el coste de mantener el inventario por unidad y año es de aproximadamente 5 euros, el lote económico existente hasta entonces era:

$$Q_{op} = \sqrt{\frac{2D \cdot S}{H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 130.000 \cdot 1226}{5}} \approx \mathbf{8000 \text{ piezas/lote}}$$

Con los nuevos costes del cambio de útil se obtiene un nuevo lote económico de:

$$Q_{op} = \sqrt{\frac{2D \cdot S}{H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 130.000 \cdot 809}{5}} \approx \mathbf{6500 \text{ piezas/lote}}$$

Por tanto se observa que el nuevo lote económico ha disminuido apreciablemente, lo cual permitiría fabricar lotes más pequeños y por tanto disponer de una mayor flexibilidad en dicha línea de producción.

6.7. ANÁLISIS ECONÓMICO.

En este último epígrafe del proceso estudiado se pretende reflejar una valoración económica sobre el coste-beneficio que supondría la implantación de un sistema de cambio rápido SMED en la prensa TP-29, acorde a lo anteriormente expuesto. Una tabla resumen de las fases del proyecto, junto con su personal implicado y horas utilizadas, es expuesta a continuación:

ANÁLISIS ECONOMICO SMED TP-29			
Concepto	Horas empleadas	Mano de obra / Material	Cantidad (€)
1. Inversiones en el proyecto.			30600
1.1. Equipos y Herramientas	-	Nuevas Herramientas y equipos empleados	1000
1.2. Formación SMED	40	Jefes de equipo, operarios y responsable fabricación	29600
2. Mano de obra	498		4309,5
1.1. Definición del proyecto.	8	Dtor.I+D, Director PRL, Ingeniero de Desarrollo	622
1.2. Recogida de datos, análisis y memoria del proyecto	480	Ingeniero de Desarrollo	1800
1.3. Análisis final y conclusiones	10	Equipo de Ingeniería y Director PRL	1887,5
3. Gastos Generales Suplementarios			2000
4. Impacto de las mejoras previstas.	Estimación	Cálculo	20865
4.1. Reducción coste de cambio de útil	Reducción tiempo de cambio	50 Cambios/año y 417,3€/cambio	20865
5. Beneficio anual neto (1º año)	Mejoras - Inversiones	Mejoras - Inversiones	-16044,5

Tabla 50: Análisis Económico del Proyecto SMED.

Las inversiones materiales para realizar el estudio SMED han sido nulas, y la mano de obra necesaria para ello escasa, lo que ha permitido realizar el diseño con un coste muy bajo.

De igual forma, en el diseño se han considerado únicamente mejoras organizativas, lo cual no ha requerido la adquisición de equipos o tecnologías caras.

Todo ello ha facilitado la implementación del primer proyecto SMED en ESTAMPACIÓN S.L. con unos costes insignificantes, que reportará unos beneficios estimados importantes.

Según la tabla superior, los beneficios que se obtendrían llevando a cabo los protocolos expuestos en apartados anteriores rondarían los **20.000 €/año**; cantidad que podría ser reinvertida en sucesivos rediseños SMED, en su aplicación hacia el resto de máquinas de la planta, así como en formación del personal implicado.

7. BLOQUE VII: RESUMEN.

7.1. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD TOTAL.

Este último bloque pretende justificar la decisión de llevar a cabo cada uno de los proyectos descritos en esta memoria.

Para ello se ha hecho uso de dos índices financieros usuales en las decisiones de inversión: VAN y TIR.

Ambos índices han sido calculados para cada proyecto por separado, teniendo en cuenta una duración del proyecto de 5 años (duración media de un proyecto de Producción en serie en ESTAMPACIÓN S.L.), y considerando unos flujos de caja acordes a los análisis y perspectivas económicas realizadas a lo largo de esta memoria.

Está claro que tanto las cifras como las conclusiones proporcionadas no son exactos, ya que en gran parte no se dispone de datos reales y han tenido que ser estimados. Sin embargo, los resultados arrojados de este análisis de rentabilidad dan una idea bastante clara sobre la decisión a tomar.

Los cálculos llevados a cabo para obtener los índices han sido realizados mediante una tabla Excel extraída de la página web www.plannegocios.com.

Debido a que la tasa de descuento aplicada al valor del dinero es variable durante los años y depende en gran medida de un sinnúmero de factores, se ha decidido adoptar una tasa media de las registradas en los últimos años de entorno al 12%.

Es necesario indicar que los valores que a continuación aparecen tanto de flujo de caja como de inversiones, son estimaciones basadas en predicciones lógicas. Sin embargo, los datos a partir de los cuales se han estimado no han sido exactos, por lo que se trata de un análisis muy rudo aunque suficiente para tener una visión general sobre la viabilidad o no de los proyectos.

A continuación se exponen los resultados estimados para la primera parte del proyecto:

1 Datos para el análisis						
PROYECTO ESTANDARIZACIÓN INFORMACIÓN TÉCNICA						
Inversión	importe	1.000				
		AÑOS				
Flujo de caja (neto anual)	inversión	1	2	3	4	5
		-1.000	-2.348	3.172	3.500	4.000
			4.000	4.000		
2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.						
Tasa de descuento	%	12,00%				
V.A.N a cinco años		6.735,28				
		Valor positivo, inversión (en principio) factible				
T.I.R a cinco años		75,54%				
		Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible				
PERÍODO RECUPERACIÓN:		2 AÑOS				

Tabla 51: Análisis de Rentabilidad proyecto de estandarización.

Consideraciones:

- La inversión para realizar esta parte de estandarización es muy baja, ya que no se requiere prácticamente ninguna compra de especial importancia.
- El mayor coste durante el primer año es generado por la mano de obra empleada en el análisis, ejecución y seguimiento del proyecto.
- Durante el resto de años se considera necesario un mantenimiento de actualización de información, lo cual consume recursos humanos únicamente.
- Los beneficios obtenidos del uso de información estandarizada se consideran crecientes durante los cinco años.

Las estimaciones para el proyecto referente al nuevo sistema BRANKAMP son:

1 Datos para el análisis							
Inversión	importe	PROYECTO BRANKAMP					
		35.500					
		AÑOS					
Flujo de caja (neto anual)	inversión	1	2	3	4	5	
		-35.500	6.800	15.000	30.000	35.000	40.000
2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.							
Tasa de descuento	%	12,00%					
V.A.N a cinco años		48.822,95 Valor positivo, inversión (en principio) factible					
T.I.R a cinco años		45,42% Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible					
PERÍODO RECUPERACIÓN:		3 AÑOS					

Tabla 52: Análisis de Rentabilidad proyecto Brankamp.

Consideraciones:

- La inversión inicial corresponde a la adquisición del equipo BRANKAMP y del resto de herramientas necesarias.
- Durante los primeros años del proyecto se requiere mantenimiento del sistema y formación de operarios.
- El beneficio obtenido por la utilización del sistema se considera creciente a lo largo de los años.

Referente al proyecto de ruidos, las estimaciones sobre su TIR son:

1 Datos para el análisis						
PROYECTO DE RUIDOS						
Inversión	importe					
	100.000					
AÑOS						
Flujo de caja (neto anual)	inversión	1	2	3	4	5
	-100.000	30.000	-25.000	-25.000	75.000	80.000
2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.						
Tasa de descuento	%					
	12,00%					
V.A.N a cinco años	-17.880,63	Valor negativo, inversión (en principio) no recomendable.				
T.I.R a cinco años	7,01%	Valor inferior a la tasa, inversión a analizar con detalle.				
PERÍODO RECUPERACIÓN:	5 AÑOS					

Tabla 53: Análisis de Rentabilidad proyecto de ruidos.

Consideraciones:

- Las inversiones para completar todo el proyecto completo se realizarían en el año 0, en el año 2 y en el año 3, ya que se trata de una gran cantidad de propuestas sobre ruido que necesitan un periodo de tiempo amplio para su consecución.

Para el proyecto de parametrización su análisis arrojaría los siguientes resultados estimados:

1 Datos para el análisis						
PROYECTO DE PARAMETRIZACIÓN UTILLAJE						
Inversión	importe					
	80.000					
AÑOS						
Flujo de caja (neto anual)	inversión	1	2	3	4	5
	-80.000	30.000	35.000	40.000	40.000	40.000
2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.						
Tasa de descuento	%					
	12,00%					
V.A.N a cinco años	51.276,51	Valor positivo, inversión (en principio) factible				
T.I.R a cinco años	34,11%	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible				
PERÍODO RECUPERACIÓN:	3 AÑOS					

Tabla 54: Análisis de Rentabilidad proyecto de parametrización.

Consideraciones:

- Las inversiones iniciales corresponden a la fabricación de los primeros útiles estandarizados.
- Los beneficios del proyecto no comenzarían a notarse hasta finales del primer año de vida, a partir de cual se irían mejorando los procesos y adquiriendo práctica en su utilización.

Por último, para los resultados referentes al proyecto SMED analizado, se podrían tomar como aceptables los siguientes pronósticos:

1 Datos para el análisis						
		PROYECTO SMED				
Inversión	importe					
		AÑOS				
		1	2	3	4	5
Flujo de caja (neto anual)	inversión					
		-3.000	-16.044	5.000	8.000	12.000
					15.000	
2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.						
Tasa de descuento	%					
		12,00%				
V.A.N a cinco años		8.492,83				
		Valor positivo, inversión (en principio) factible				
T.I.R a cinco años		28,49%				
		Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible				
PERÍODO RECUPERACIÓN: 3 AÑOS						

Tabla 55: Análisis Rentabilidad proyecto SMED.

Consideraciones:

- Durante el primer año se obtiene un flujo negativo debido a la salida de dinero necesario para la formación del personal que vaya a participar en los cambios de útil.
- A partir del segundo año, los beneficios comienzan a notarse, ya que el personal está formado en SMED, y ha adquirido experiencia en su puesta en práctica.
- Se supone que no se realizan inversiones de importancia durante los primeros cinco años, únicamente adaptación y adquisición de práctica en cambios rápidos de útil.

7.2. CONCLUSIONES FINALES.

Como parte final de este proyecto es posible remarcar una serie de conclusiones sobre el transcurso y aplicación de las diferentes tareas realizadas.

A día de hoy, únicamente dos de los cinco proyectos expuestos están siendo aplicados. Uno es la estandarización de información, cuyos formatos están a disposición del personal de ESTAMPACIÓN S.L. y son usados con frecuencia para gran cantidad de tareas. Y el otro es el sistema de control Brankamp, el cual lleva en funcionamiento desde verano de 2008, y está proporcionando muy buenos resultados.

El resto de proyectos están a la espera de entrar en marcha tras recibir las subvenciones solicitadas a los Organismos Oficiales correspondientes como parte del “proyecto de mejora de la competitividad”.

En cuanto a la rentabilidad de cada proyecto, se ha observado que la mayoría de los proyectos analizados arrojan unos resultados positivos excepto el proyecto de ruido, el cual al tratarse de un proyecto muy amplio y con elevadas inversiones, requiere de un estudio más profundo para tomar una decisión.

Actualmente se encuentra en fase de análisis una reestructuración del layout de la planta, el cual pretende agrupar todas las prensas en una zona concreta, y tras lo cual se procederá paulatinamente a su cerramiento acústico.

El principal problema surgido en la redacción de esta memoria ha sido la falta de datos fiables, tanto económicos como de producción.

A pesar de que ESTAMPACIÓN S.L. dispone del software adecuado para el registro de cualquier tipo de información, a lo largo de los años no toda la información ha sido registrada o actualizada, dando lugar a la ausencia y desconocimiento de información real.

Ello ha influido a la hora de estimar las mejoras económicas y los flujos de caja pronosticados de cada proyecto, lo cual no permite tener una cuantificación exacta sobre las mejoras que producirán.

Una de las mayores ventajas de este proyecto es que posee de forma muy concisa un plan de desarrollo futuro.

La aplicación de cada proyecto de esta memoria ha sido estudiada de forma unitaria, es decir, aplicada a una sola máquina o conjunto de máquinas.

Lo que se ha planteado desde el comienzo ha sido ir expandiendo de forma global cada una de las mejoras a toda la planta. Por ejemplo: la estandarización de información técnica podría ser aplicada en las máquinas de soldadura, la instalación de un sistema Brankamp y de cerramientos acústicos en las demás prensas de la planta, la parametrización de todos los troqueles que se utilicen en ESTAMPACIÓN S.L. y estandarización de los mismos para un grupo de prensas similares, y la aplicación de la metodología SMED en las demás prensas.

Otro de las ventajas de este proyecto se ha dado en el ámbito financiero. Es claro que dos de los cinco proyectos anteriormente expuestos no requieren apenas ninguna inversión importante (proyecto de estandarización de prensas e implantación SMED). Mientras que los otros tres restantes son proyectos de gran inversión.

Ante la situación financiera actual en la que se encuentra ESTAMPACIÓN S.L., esos dos proyectos mencionados pueden ser puestos en marcha sin afectar en gran medida a la economía de la empresa. Con los beneficios que se obtengan con ellos, podrán financiarse los restantes a medio y largo plazo, permitiendo una mejora continua sin incurrir en grandes desembolsos de dinero.

A modo de opinión personal, me gustaría remarcar que la realización de la presente memoria no solo ha ayudado a mejorar la actividad industrial de ESTAMPACIÓN S.L., sino que también a contribuido de forma muy importante a mi desarrollo personal y profesional, a mi formación en diversas áreas empresariales, así como a la toma de mi primer contacto con el ámbito industrial y de la ingeniería.

7.3. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ❖ ESTAMPACIÓN S.L. *Página web de ESTAMPACIÓN Automoción* [en línea]. Madrid: ESTAMPACIÓN Automoción, 2005. Disponible en web: http://www.ESTAMPACIÓNAutomocion.com/es/ESTAMPACIÓN_es.html
- ❖ ANFAC. *Memoria anual 2007* [en línea]. Madrid: Instituto de Estudios de Automoción, 2008. Disponible en web: <http://www.anfac.com/impubli/memoria07.pdf>
- ❖ ANFAC. *Avance de memoria 2008* [en línea]. Madrid, 2009. Disponible en web: <http://www.anfac.com/impubli/avance%20de%20memoria%202008.pdf>
- ❖ SERNAUTO. *Documentación* [en línea]. Madrid, 2009. Disponible en web: <http://www.sernauto.es/Portal/Section.aspx?sectionId=182>
- ❖ Loire Safe. *Embutición, Estampación, Corte de chapa* [en línea]. Hernani: Loire Safe, 2008. Disponible en web: http://www.loiresafe.com/sector-producto.php?id_categoria=81
- ❖ Arisa S.A. *Gama de Productos* [en línea]. Logroño: Arisa S.A., 2008. Disponible en web: http://www.arisa.es/es/201p_troqueles.htm
- ❖ American Steel Line. *American Steel Line on-line catalog* [en línea]. Michigan: American Steel Line Co., 2009. Disponible en web: <http://www.americansteelline.com/catalog.htm>
- ❖ Rossi, Mario. *Estampado en frío de la chapa*. 9ª ed. Barcelona: Hoepli, 1971.
- ❖ Departamento de Ingeniería Mecánica. *Apuntes de Expresión Gráfica*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2004.
- ❖ LANBURU ARRIZABALAGA, Nicolás. *Máquinas. Prontuario*. 13ª ed. Madrid: Thomson Paraninfo, 2004. ISBN: 84-283-1968-5.
- ❖ Comtesa S.A. *Catálogo General de Equipos Brankamp PK* [en línea]. Barcelona: Comtesa S.A., 2008. Disponible en web: <http://www.comtesa.com/estampacion/brankamp/pdf/General.pdf>
- ❖ Comtesa S.A. *Catálogo Equipos Brankamp PK 550* [en línea]. Barcelona: Comtesa S.A., 2008. Disponible en web: <http://www.comtesa.com/estampacion/brankamp/pdf/PK550.pdf>
- ❖ Brankamp S.A. *Acoustic Emisión* [en línea]. Erkrath (Alemania): Brankamp S.A., 2008. Disponible en web: <http://brankamp.com/eng/stamping/ae/index.html>
- ❖ Brankamp News, *Silly Slugs – Scary Scraps!* [en línea]. Erkrath (Alemania): News Ultraemission, 2003. Disponible en web: http://www.brankamp.com/eng/start/ultraemission/News_UltraEmission-engl.pdf
- ❖ Metrasoni Insonorización y acondicionamiento acústico. *Dossier Informativo*. Metrasoni S.L. Barcelona, 2007.
- ❖ Acústica Integral Insonorización. *Catálogo General, Guía de materiales y soluciones*. Madrid: Agal S.L. 2006.

- ❖ Acústica Integral S.L. *Productos* [en línea]. Madrid: Acústica Integral S.L. 2009. Disponible en web: <http://www.acusticaintegral.com/index.html>
- ❖ VELASCO ABÁSULO, Jesús. *El ruido en la industria* [en línea]. 1ª ed. Madrid: Cofis, 2008. Disponible en Internet: http://www.cofis.es/pdf/fys/fys11_12.pdf
- ❖ BERNABEU TABOADA, Daniel. *Efectos del ruido sobre la salud* [en línea]. 1ª ed. Madrid, 2007. Disponible en Internet: http://www.ruidos.org/Documentos/Ruido_y_Salud.pdf
- ❖ Ruidos.org. *Efectos del ruido sobre la salud, la sociedad y la economía (Guidelines for Community Noise, OMS, 1999)*. Disponible en Internet: http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html
- ❖ Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba. *Propiedades físicas del ruido* [en línea]. Córdoba: Grupo de Investigación Laboratorios Virtuales en Ciencia y Tecnología, 2008. Disponible en web: [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(1\)%20Prop%20fis%20de%20ruido/Param%20que%20definen%20el%20ruido.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(1)%20Prop%20fis%20de%20ruido/Param%20que%20definen%20el%20ruido.htm)
- ❖ S. Vechiatti, Nilda; J. Stornini, Alberto; M. Méndez, Antonio. *Los ruidos de origen industrial y los problemas de higiene y contaminación* [en línea]. Buenos Aires: CIC, 2008. Disponible en web: <http://www.cic.gba.gov.ar/lal/inv/1.pdf>
- ❖ Menéndez Díez, Faustino. *Higiene industrial: manual para la formación del especialista*. 5ª ed. Madrid: Editorial Lex Nova, 2006. ISBN 848-406-624-X, 9788484066248.
- ❖ Ayo Calvo, Felicísimo; Vázquez Grueiro, J. Antonio. En: Panel de expertos sobre ruidos. Vitoria-Gasteiz: VIII Foro Socio Laboral de la Fundación San Prudencio, 2005. Disponible en web: http://www.fundacionsanprudencio.com/datos/pub_publicaciones/fichero297/Panel%20de%20expertos%20sobre%20el%20ruido.PDF
- ❖ España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, p. 32590.
- ❖ España. Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en Orden Social. *Boletín Oficial del Estado*, 8 de agosto de 2000, núm. 189, p. 28285.
- ❖ España. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. *Boletín Oficial del Estado*, 11 marzo de 2006, núm. 60, p. 9842.
- ❖ Departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos. *Apuntes de Acústica Medioambiental*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2005.
- ❖ Departamento de Ingeniería Mecánica. *Apuntes de Tecnología de Fabricación I*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2005.
- ❖ ELIYAHU GOLDRATT, Jeff Cox. *La Meta. Un Proceso de Mejora continua*. 3ª ed. Madrid: Díaz de Santos, 2005. ISBN: 84-7978-718-X.
- ❖ SEKINE, Kenichi. *Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas : más allá del SMED*. 4ª ed. Madrid: Tecnologías de gerencia y producción, 1993. ISBN: 84-870-2207-3.

- ❖ SHINGO, Shigeo. *El sistema de producción de Toyota desde el punto de vista de la ingeniería*, trad. Antonio Cuesta Álvarez. 3ª ed. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, 1990. ISBN: 84-870-2204-9.
- ❖ SHINGO, Shigeo. *Una revolución en la producción. El sistema SMED*, trad. Antonio Cuesta Álvarez, 3ª ed., Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993. ISBN: 84-870-2202-2.
- ❖ RODRÍGUEZ MÉNDEZ, Manuel: *El proceso de cambio de útiles: la flexibilidad de una fábrica*. 1ª ed. Madrid: Fundación Confemetal, 2003. 192 p. ISBN: 84-961-6904-9.
- ❖ PC & L; PRIOUL, Alain. *Smed Implementation Guide*, verificado por P.Bikard. Documento interno Faurecia, 2007.
- ❖ García Agudiez, Sandra. “Implantación de la mejora continua en la zona de prensas de Valeo España basada en los sistemas Kanban, 5’s y SMED”. Director: José Luis Pérez Díaz. [Proyecto Fin de Carrera]. Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, 2001.
- ❖ Torres Abad, César Antonio. “Reducción de los tiempos de referencia, operación SMED: línea de montaje robot de conjuntos nº 1: Valeo Embragues S.A.”. Director: José Guillermo Filippone Capllonch. [Proyecto Fin de Carrera]. Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, 1999.
- ❖ Departamento de Ingeniería Mecánica. *Apuntes de La Empresa y su Entorno Económico*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2004.
- ❖ Departamento de Ingeniería Mecánica. *Apuntes de Proyectos*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, 2006.
- ❖ Institute of General Management and Organisation. *General Management, case studies*. Graz: Technische Universität Graz, 2008.
- ❖ Plannegocios.com. *Cálculo y análisis del VAN y la TIR* [en línea]. Software de cálculo. Barcelona: e.ditor, 2009. Disponible en web: http://www.plannegocios.com/plan_negocios/analisis_inversiones/van_y_tir_gratis