



**Universidad
Zaragoza**

Proyecto Fin de Carrera

Análisis de los potenciales de productividad en
empresas de manufactura españolas mediante la
utilización del método PPA
(Productivity Potential Assessment)

Memoria (I / II)

Autor

María de Nuria Calvo Mateo

Director

Luis Navarro Elola

Titulación: Ingeniería Industrial

Especialidad: Organización Industrial

Resumen

La productividad es un indicador utilizado en la industria para informar acerca de la eficiencia en producción. Uno de los objetivos en todo tipo de compañías reside en incrementar el valor de este parámetro hasta el máximo nivel posible. Sin embargo, en muchas ocasiones las empresas no saben qué medidas adoptar para mejorar sus niveles productivos. Por esta razón, durante los últimos años se han presentado una amplia variedad de métodos destinados a identificar potenciales de productividad. Algunos de estos métodos son el análisis PPA (Productivity Potential Assessment), el análisis Rapid Plant Assessment (RPA) o LeanNavigator.

El método Productivity Potential Assessment (PPA), en castellano Análisis de los potenciales de la productividad, es una metodología sueca utilizada para determinar los potenciales de productividad a nivel de taller en las empresas de manufactura suecas. El objetivo de este proyecto consiste en estudiar la utilidad de esta metodología a nivel europeo analizando varias compañías fuera de Suecia. Para ello, dos empresas españolas situadas en Zaragoza fueron analizadas con el método PPA durante Marzo de 2012.

El método PPA se centra en analizar un área importante del proceso productivo teniendo en consideración varios aspectos. Los más significativos son las eficiencias a nivel de máquinas y de operarios, evaluadas con el número Overall Effectiveness Equipment (OEE) y un estudio de muestreo, respectivamente. Otro aspecto es el ambiente de trabajo, analizado desde una perspectiva física y psicosocial. Además, el Nivel de Ingeniería de la Producción estudia la capacidad de la dirección de la compañía para desarrollar y llevar a cabo el proceso productivo teniendo en consideración aspectos tales como estrategia, sistemas de mantenimiento y competencia.

Los análisis PPA llevados a cabo con objeto de evaluar empresas de manufactura españolas dejaron al descubierto resultados interesantes. En el caso de la primera compañía evaluada, un taller de fabricación de libros, se identificaron potenciales de mejora realmente significativos. Los más importantes residen en la modificación de los turnos de trabajo de 12 horas sin pausas para los operarios, en la implantación de un método de trabajo estandarizado y en la sustitución del actual sistema de mantenimiento correctivo por uno preventivo. En la segunda compañía, dedicada a la fabricación de sistemas de escape para automóviles, los principales potenciales de mejora propuestos consisten en la medición de los tiempos de cambio de máquinas (“changeover”) y trabajar activamente para reducirlos, además de la implantación de un plan mantenimiento preventivo que sustituya al actual mantenimiento correctivo.

Los resultados presentados en este proyecto destacan la utilidad del método PPA fuera de Suecia al haberse identificado una serie de importantes potenciales de mejora en las empresas españolas analizadas. Se puede afirmar que el método PPA es una herramienta útil para analizar potenciales de productividad no sólo en empresas de manufactura suecas, sino también en otros países con similares procesos productivos. Este hecho permite considerar una futura implantación de esta metodología fuera de las fronteras suecas.

PALABRAS CLAVE: productividad, PPA, manufactura.

Este Proyecto Fin de Carrera pone el broche final a mis estudios en Ingeniería Industrial. Los cuatro años vividos en el CPS y este último año de Erasmus en Göteborg han supuesto una etapa muy importante en mi vida, y me gustaría acordarme de todas las personas que me han ayudado en este tiempo.

En primer lugar, quiero dedicar este proyecto a mi familia, en especial mis padres y mi hermana. Gracias por estar siempre ahí y apoyarme en todo momento, cuando estábamos todos juntos en Zaragoza y sobretodo este año desde la distancia. Sin vosotros esto no hubiera sido posible.

También quiero agradecer a Luis Navarro, director de este proyecto y coordinador de mi estancia Erasmus, la gran ayuda que me ha brindado en este tiempo. Igualmente, agradecer a Peter Almström, coordinador de este proyecto en Suecia, todo su apoyo.

Y no puedo olvidarme de mis amigos del CPS, del colegio, de Göteborg... con los que siempre puedo contar y con los que he disfrutado de tan buenos momentos.

Zaragoza, Septiembre 2012.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANÁLISIS PPA REALIZADO EN UN TALLER GRÁFICO DEDICADO A LA FABRICACIÓN DE LIBROS	7
2.1 DATOS DE LA COMPAÑÍA	7
2.1.1 <i>Distribución de los costes de fabricación</i>	8
2.2 NIVEL 1	9
2.2.1 <i>Eficiencia en el trabajo de los operarios. Estudio de muestreo</i>	9
2.2.2 <i>Eficiencia en la utilización de la maquinaria. Número OEE</i>	11
2.3 NIVEL 2	12
2.4 NIVEL 3	13
2.4.1 <i>Nivel de Ingeniería de la Producción</i>	13
2.4.2 <i>Carga de trabajo física</i>	15
2.4.3 <i>Ambiente de trabajo a nivel físico</i>	16
2.4.4 <i>Ambiente de trabajo a nivel psicosocial</i>	16
2.5 EVALUACIÓN GLOBAL	18
2.6 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN PREVIOS ANÁLISIS PPA CON EL ESTUDIO PPA REALIZADO EN EL TALLER GRÁFICO FABRICANTE DE LIBROS	19
3. ANÁLISIS PPA REALIZADO EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE SISTEMAS DE ESCAPE PARA AUTOMÓVIL	20
3.1 DATOS DE LA COMPAÑÍA	20
3.1.1 <i>Distribución de los costes de fabricación</i>	21
3.2 NIVEL 1	22
3.2.1 <i>Eficiencia en el trabajo de los operarios. Estudio de muestreo</i>	22
3.2.2 <i>Eficiencia en la utilización de la maquinaria. Número OEE</i>	24
3.3 NIVEL 2	25
3.4 Nivel 3	26
3.4.1 <i>Nivel de Ingeniería de la Producción</i>	26
3.4.2 <i>Carga de trabajo física</i>	28
3.4.3 <i>Ambiente de trabajo a nivel físico</i>	29
3.4.4 <i>Ambiente de trabajo a nivel psicosocial</i>	29
3.5 EVALUACIÓN GLOBAL	30
3.6 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN PREVIOS ANÁLISIS PPA CON EL ESTUDIO PPA REALIZADO EN LA COMPAÑÍA FABRICANTE DE SISTEMAS DE ESCAPE	31
4. CONCLUSIONES	32
5. BIBLIOGRAFÍA	34
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	36

1. Introducción

El concepto de productividad se define como la relación entre el nivel de producción obtenido y los recursos necesarios para obtenerlo. Este indicador es utilizado a la hora de evaluar la eficiencia del proceso productivo en todo tipo de industrias, y uno de los principales objetivos de todas ellas consiste en incrementar el valor de la productividad en la medida de lo posible. En muchas ocasiones no resulta sencillo llevar este objetivo a la práctica ya que las compañías no disponen del conocimiento necesario para determinar qué medidas deberían adoptarse.

En la actualidad se dispone de una amplia variedad de métodos destinados a identificar potenciales de mejora de la productividad. Uno de ellos es el análisis PPA o “Productivity Potential Assessment” [1], en castellano “Análisis de los potenciales de la productividad”. La principal característica de esta metodología consiste en proporcionar a las compañías una imagen clara de sus potenciales de mejora de la productividad a nivel interno de una manera rápida y efectiva. Este análisis se lleva a cabo por dos o más analistas certificados, denominados equipo PPA, durante una jornada de trabajo al final de la cual la dirección de la firma compañía recibe los resultados y las conclusiones obtenidas.

La metodología PPA se compone de varios niveles cuyo contenido se presenta brevemente en estas líneas:

- El nivel 1 estudia la eficiencia en el trabajo de las máquinas y en el trabajo de los operarios mediante el parámetro “Overall Effectiveness Equipment” (OEE) y un estudio de muestreo, respectivamente. Dicho estudio de muestreo se desarrolla en una zona de importancia del proceso productivo, preferiblemente el cuello de botella, y las actividades se clasifican en tres categorías:
 - “Value adding”: actividades que aportan valor al proceso productivo.
 - “Supporting”: actividades que, aunque no aportan valor al proceso productivo resultan necesarias.
 - “Non value adding”: actividades que ni aportan valor al proceso productivo ni resultan necesarias.

Los potenciales de mejora de la productividad residen en la disminución de la proporción de actividades “supporting” y “non value adding”, implicando un incremento en la tasa de actividades “value adding”.

- El nivel 2 incluye una lista de indicadores clave del desempeño o KPI, (“Key Performance Indicators”, en inglés), que afectan a la productividad desde un nivel corporativo.
- El nivel 3 evalúa la habilidad de la compañía y de su dirección para desarrollar el proceso productivo manteniendo un adecuado ambiente de trabajo. En primer lugar, el Nivel de Ingeniería de la Producción evalúa las similitudes entre el proceso productivo analizado y el concepto ideal de producción acuñado por los

creadores del método PPA mediante un listado de preguntas agrupadas en 11 categorías, tales como método de trabajo, mantenimiento o mejora continua.

El nivel 3 también realiza un análisis del ambiente de trabajo desde tres perspectivas diferentes: carga de trabajo a nivel físico, ambiente de trabajo a nivel físico y ambiente de trabajo a nivel psicosocial mediante sendos cuestionarios.

- El nivel 4 se encarga de determinar los potenciales de productividad asociados a una mejora del método de trabajo.
- La sección datos de la compañía incluye una serie de aspectos que resultan útiles para analizar la compañía y compararla con otras empresas de la competencia, tales como el tamaño de los clientes, el tipo de propietario de la firma o el sistema de salarios implantado.

El método “Productivity Potential Assessment” (PPA) fue creado en el año 2005 por Almström y Kinnander, investigadores de Chalmers University of Technology (Göteborg, Suecia), con el fin de identificar el verdadero potencial de mejora en la industria de manufactura sueca y, en base a los resultados obtenidos, determinar medidas destinadas a incrementar el nivel de productividad. Desde su creación, más de 60 empresas con sede en Suecia han sido analizadas mediante el método PPA, habiendo mostrado todas ellas su satisfacción con las conclusiones obtenidas y definiendo como útiles e interesantes las medidas sugeridas para incrementar sus niveles de productividad. El éxito en la implantación de la metodología PPA en la industria sueca planteó la posibilidad de su expansión a otros países que desarrollen procesos productivos similares al modelo sueco.

Este proyecto Fin de Carrera fue realizado durante el curso 2011-2012 en colaboración entre la Universidad de Zaragoza y Chalmers University of Technology, habiendo sido supervisado por Luis Navarro y Peter Almström, respectivamente. El coordinador en Suecia del presente proyecto es uno de los creadores del método PPA.

El objetivo principal de este proyecto reside en demostrar la utilidad del método PPA a la hora de determinar potenciales de productividad en firmas pertenecientes a la industria de manufactura fuera de Suecia. Para lograrlo, se procedió a la evaluación de dos empresas de manufactura españolas situadas en las proximidades de Zaragoza mediante el citado método. Las compañías objeto de estudio fueron contactadas por la Universidad de Zaragoza y la autora del proyecto, y los análisis PPA se realizaron durante el mes de Marzo de 2012. Dichos análisis se llevaron a cabo siguiendo las directrices incluidas en la descripción del método PPA, incluidas en el Anexo I, aunque con algunas modificaciones. En este caso, los análisis fueron realizados únicamente por la autora del proyecto, que previamente había recibido una formación exhaustiva referente a este método por parte Peter Almström, y la duración de cada uno de los estudios se alargó hasta un día y medio de trabajo. Las empresas analizadas fueron un taller gráfico dedicado a la producción de libros y una compañía fabricante de sistemas de escape para automóvil. Puesto que los análisis PPA presentados posteriormente incluyen datos confidenciales de estas compañías se ha optado por no publicar sus nombres en este proyecto.

A continuación se presentan el resto de objetivos perseguidos por este proyecto y el contenido que en él se incluye:

- La presentación detallada del método PPA en castellano, incluyendo las bases teóricas en las que se asienta y la explicación de cada uno de los niveles que conforman dicho análisis.
- La realización de varios análisis PPA en empresas de manufactura españolas. En este caso, se presentan los resultados obtenidos al analizar un taller gráfico dedicado a la fabricación de libros y una empresa fabricante de sistemas de escape mediante la metodología PPA y se incluyen las medidas de mejora identificadas para solucionar los problemas detectados e incrementar los niveles productivos.
- La comparación de los resultados obtenidos en los análisis PPA realizados en España con otros análisis PPA desarrollados con anterioridad en Suecia.
- Determinar la utilidad de la metodología PPA a la hora de analizar compañías de manufactura fuera de las fronteras de Suecia.

El contenido de la Memoria que a continuación se presenta se divide en dos capítulos principales. Estos dos capítulos se centran en la presentación de los resultados obtenidos al analizar un taller gráfico fabricante de libros y una empresa fabricante de sistemas de escape mediante sendos análisis PPA, así como el análisis de dichos datos y la propuesta de los potenciales de mejora determinados en los diferentes niveles. Además, cada capítulo incluye una presentación de la firma objeto de estudio y una comparación entre los resultados obtenidos en los análisis PPA y otros análisis PPA realizados previamente en Suecia. Finalmente, la Memoria incluye una sección donde se presentan las conclusiones obtenidas en este Proyecto Fin de Carrera.

Aparte de la Memoria; este proyecto consta de un tomo de Anexos, dividido en Anexo I, Anexo II y Anexo III:

- El Anexo I presenta una descripción detallada del método PPA en castellano, incluyendo explicaciones de cada uno de los niveles que lo conforman así como las bases teóricas en las que éstos se asientan. Igualmente se adjuntan las instrucciones recibidas por las compañías previamente a la realización de los análisis PPA.
- Los Anexos II y III incluyen una serie de documentos que complementan y detallan la información presentada en la memoria, tales como descripciones de las áreas de trabajo objeto de estudio y los análisis relativos al ambiente de trabajo y al Nivel de Ingeniería de la Producción.

2. Análisis PPA realizado en un taller gráfico dedicado a la fabricación de libros

La presente sección se centra en el análisis de los potenciales de productividad de un taller gráfico fabricante de libros mediante la aplicación del método PPA. En primer lugar se realiza una presentación de la compañía objeto de estudio, y a continuación se presentan los resultados obtenidos tras realizar el análisis PPA acompañados de los potenciales de mejora de la productividad determinados. Finalmente se incluye una comparación entre los resultados obtenidos al evaluar dicha compañía mediante el método PPA y los valores medios obtenidos al analizar 45 empresas de manufactura suecas haciendo uso de esta metodología.

2.1 Datos de la compañía

El 12 de Marzo de 2012 tuvo lugar el análisis PPA de un taller gráfico dedicado principalmente a la fabricación de textos académicos y literatura con sede en Zaragoza. La sección objeto de estudio en el análisis PPA se corresponde con la zona de encuadernación, la cual representa en muchas ocasiones el cuello de botella del proceso productivo.

Los parámetros del informe de esta compañía durante el año 2011 indican un volumen de ventas de 16.000.000€, un stock por valor de 1.500.000€, y la realización de inversiones superiores a 1.300.000€. El número medio de empleados en el periodo mencionado fue de 70 trabajadores permanentes más 35 trabajadores temporales durante el periodo Enero-Septiembre.

La compañía analizada forma parte de un grupo editorial de gran tamaño que cuenta con otras fábricas y sedes en diferentes zonas del mundo, y su propiedad está en manos de un grupo religioso, por lo que se puede considerar como una empresa privada. La firma dispone de una amplia cartera de clientes de gran variedad de tamaños, tanto a nivel nacional como a nivel internacional; y trabaja con un elevado número de suministradores de alta importancia. Este taller gráfico produce un gran número de productos, tales como libros de literatura, folletos informativos o libros de texto académicos para diferentes autonomías; estando a cargo del diseño de las portadas y el envoltorio, y en ningún caso controlando el contenido del producto. En cuanto al sistema de salarios implantado, éste se corresponde con un salario en parte flexible, en el la cuantía final es dependiente de la calidad del producto fabricado o los resultados del trabajo grupal.

Los factores “qualifying” hacen referencia a aquellos aspectos que la compañía o el producto fabricado necesitaría presentar para ser capaz de competir frente a las empresas de la competencia. La dirección de la compañía identifica como factores “qualifying” el hecho de ofrecer un producto de alta calidad con un diseño impactante y al mejor precio, la adecuación en la entrega, el servicio postventa y la flexibilidad, en el sentido de adaptarse a cambios en el volumen de los pedidos de hasta un 20%.

Los factores “order-winning” incluyen aquellos aspectos que permiten que la compañía consiga un pedido. Dentro de esta categoría destacan, en este orden, la flexibilidad, satisfacer las demandas del cliente y el grado de complejidad del producto fabricado.

2.1.1 Distribución de los costes de fabricación

Tabla 1. Costes de fabricación en el tren de encuadernación (año 2011)

COSTES DEL TREN DE ENCUADERNACIÓN (año 2011)	€	%
Materiales	35.000	5,69
Mano de obra directa	325.000	52,85
Mano de obra indirecta y costes estructurales	75.000	12,20
Mantenimiento	45.000	7,32
Energía	35.000	5,69
Amortización	100.000	16,26

La Tabla 1 presenta la distribución de los costes de fabricación en los que incurrió la zona de tren de encuadernación durante el año 2011, los cuales supusieron un total de 615.000€ en el periodo mencionado.

De acuerdo a la definición de productividad, calculada como la relación entre el volumen de producción obtenido (output) y los recursos necesarios para obtenerlo (input), el nivel de productividad se vería incrementado al reducir el input, lo que se conseguiría mediante una disminución de los costes de fabricación.

En este caso, las principales medidas destinadas al aumento de la productividad en la zona analizada se identifican con:

- La reducción de los gastos en mano de obra al optimizar el número de operarios necesarios para realizar determinada actividad (zona de guillotina).
- Trabajar activamente para reducir la tasa de productos defectuosos fabricados en la zona de encuadernación, y así disminuir los costes de material.
- La sustitución del actual sistema de mantenimiento preventivo por un sistema de mantenimiento correctivo destinado a evitar la aparición de fallos inesperados y que permita desarrollar el proceso productivo de manera más continua.

El Anexo II.1 presenta una descripción detallada de las medidas introducidas para reducir los costes de fabricación en el tren de encuadernación del taller gráfico.

2.2 Nivel 1

Esta sección incluye los resultados obtenidos al evaluar la eficiencia en el trabajo de los operarios (mediante un estudio de muestreo) y la eficiencia en la utilización de la maquinaria (mediante el número OEE), y en base a ellos se realiza un análisis de los potenciales de mejora de la productividad determinados en el Nivel 1.

2.2.1 Eficiencia en el trabajo de los operarios. Estudio de muestreo

El estudio de muestreo destinado a analizar la eficiencia en el trabajo de los operarios se centra en la zona del tren de encuadernación del taller gráfico. El proceso productivo desarrollado en esta área se divide en tres etapas, las cuales se explican de manera detallada en el Anexo II.2:

- Alzado: proceso semiautomático en el que se introducen los capítulos del libro en la máquina alzadora.
- Cubrimiento: proceso automático en el cual se encola el lomo del libro.
- Guillotinado: proceso semiautomático en el que se conforma el producto final y se elimina el material sobrante.

Como se explica en el Anexo I, un estudio de muestreo en un análisis PPA consta de 480 muestras que se dividen en tres categorías diferentes: “value adding”, “supporting” y “non value adding”. El Anexo II.3 presenta un informe acerca de cómo se desarrolló el estudio de muestreo en el tren de encuadernación, así como la distribución de las diferentes actividades que componen cada una de las tres categorías. Es importante señalar que el estudio de muestreo llevado a cabo en la zona de encuadernación presenta un límite máximo de error del 4%. Este hecho implica que algunos de los resultados presentados en las siguientes líneas carecen de significado estadístico, sin embargo resultan de utilidad para ilustrar la proporción aproximada de cada una de las categorías.

Tabla 2. Resultados del estudio de muestreo en el tren de encuadernación

<i>Eficiencia: empleados</i>	<i>%</i>
“Value adding”	48,54
“Supporting”	28,96
“Non value adding”	22,50

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos en el estudio de muestreo llevado a cabo en el tren de encuadernación. Aproximadamente, la mitad de las muestras se corresponden con actividades “value adding”, mientras que la otra mitad restante se reparte en llevar a cabo actividades necesarias en el proceso productivo que no aportan valor por sí mismas (actividades “supporting”) y actividades que no generan ningún valor (“non value adding”). Los potenciales de mejora de la productividad residen en la disminución de la proporción de actividades “supporting” y “non value adding”, implicando un incremento en la tasa de actividades “value adding”.

Tabla 3. Distribución de actividades “supporting” en el tren de encuadernación

ACTIVIDADES “SUPPORTING”:	% sobre “supporting”
20. Transporte de capítulos desde la plataforma elevadora hasta la alzadora.	30,43
21. Ordenar capítulos en la plataforma elevadora.	7,25
22. “Changeover”.	30,43
23. Transporte de carretilla para pallets.	5,80
24. Transporte de pallets.	2,17
25. Andar	24,64

La Tabla 3 presenta la distribución de las actividades que componen la categoría “supporting”. A continuación se presentan las medidas propuestas para reducir la proporción de las actividades 20, 22 y 25, las cuales representan las principales contribuciones a la categoría analizada.

- *Actividad 20:* representa una importante posibilidad de reducción del tiempo “supporting”. El tiempo requerido para esta tarea podría disminuirse situando la plataforma elevadora más cerca de la alzadora o instalando una cinta transportadora que traslade el material a procesar desde la plataforma hasta los operarios.
- *Actividad 22:* no resulta posible disminuir la duración de los tiempos de “changeover” de manera significativa ya que dependen de la propia máquina. (“Changeover” hace referencia a las actividades destinadas a realizar los cambios necesarios en cierta máquina para comenzar a fabricar un nuevo producto).
- *Actividad 25:* el tiempo destinado a esta actividad se reduciría si un operario ajeno a la zona de guillotinado recogiese los pallets que contienen productos terminados y los llevase a su próxima ubicación.

Tabla 4. Distribución de actividades “non value adding” en el tren de encuadernación

ACTIVIDADES “NON VALUE ADDING”:	% “non value adding”
30. Averías	1,90
31. Mantenimiento forzado	0,95
32. Descanso personal	8,57
33. Esperas	76,19
34. Charlas con otros operarios	12,38

La Tabla 4 incluye la distribución de las actividades clasificadas como “non value adding”. La actividad 33, esperas, representa más del 75% del tiempo “non value adding” y el 16,67% del tiempo total. Con el fin de reducir la proporción del tiempo de espera, el cual se da principalmente en la zona de guillotinado, la mejor opción consiste en rediseñar el método de trabajo para ahorrar el trabajo de un operario; o si esto no resulta posible, invertir los tiempos de espera en llevar a cabo tareas de mantenimiento preventivo como revisar las máquinas o limpiar el área de trabajo.

2.2.2 Eficiencia en la utilización de la maquinaria. Número OEE

A la hora de evaluar la eficiencia en la utilización de la maquinaria, la empresa fabricante de libros objeto de estudio considera el término Rendimiento Operacional (RO), término análogo al OEE, que se calcula mensualmente a partir de los tiempos de paro estimados y las causas de paro reportadas por los operarios. La principal diferencia entre OEE y RO reside en que RO no tiene en consideración el factor de calidad de los productos producidos, es decir, la proporción entre productos correctos y productos fabricados. Este hecho no resulta de especial importancia, ya que normalmente la tasa de calidad es cercana al 100%. El valor medio del rendimiento operacional en el tren de encuadernación durante los meses de Enero y Febrero de 2012 ascendió a un 87%.

Puesto que RO representa un importante indicador para esta empresa, se recomienda la adquisición de un software que permita calcular este parámetro de manera automática. De esta manera se podrían calcular los tiempos de paro de manera exacta, realizar un seguimiento más detallado del proceso productivo al calcular el parámetro OEE con mayor frecuencia y evitar intentos de engaño al sistema por parte de los operarios.

2.3 Nivel 2

El nivel 2 incluye una serie de parámetros que afectan a la productividad a nivel corporativo. Con el fin de analizar dichos indicadores de una manera adecuada resulta necesario compararlos con los valores medios de determinada industria. El Anexo II.11 incluye una comparación detallada entre los resultados obtenidos en el análisis PPA de la empresa fabricante de libros y los 45 estudios PPA realizados en empresas de manufactura con sede en Suecia. Los cuatro parámetros analizados, también clasificados como KPI (“Key Performance Indicators” o Indicadores Clave del Desempeño) son:

- La tasa de rotación del inventario, cuyo valor durante 2011 alcanzó las 10,67 veces.
- La tasa de adecuación en la entrega, que obtuvo un valor cercano al 100% durante el año 2011, implica que casi la totalidad de pedidos fueron entregados dentro de los tiempos pactados por contrato con el cliente.
- La tasa de productos desechados internamente en la compañía (“scrap rate”), presentó valores del 1,35% y 10,35% respecto al volumen de facturación y respecto al beneficio, respectivamente.
- La tasa de rechazos de clientes en el año 2011 alcanzó un valor del 0,7%.

2.4 Nivel 3

Esta categoría presenta los resultados obtenidos al evaluar el Nivel de Ingeniería de la Producción en la zona del tren de encuadernación, así como el ambiente de trabajo, analizado desde tres perspectivas: la carga de trabajo física, el ambiente de trabajo a nivel físico y el ambiente de trabajo a nivel psicosocial. En base a los resultados obtenidos se presentan una serie de medidas destinadas a solucionar las deficiencias encontradas y que llevarían al aumento del nivel de la productividad en la empresa fabricante de libros.

2.4.1 Nivel de Ingeniería de la Producción

La evaluación del Nivel de Ingeniería de la Producción permite estudiar el grado de similitud entre el concepto ideal de producción descrito por los autores del método PPA y proceso productivo considerado, mediante un cuestionario de 40 preguntas. El análisis del tren de encuadernación de la empresa fabricante de libros obtuvo un total de 28 respuestas afirmativas frente a las 40 posibles, lo que indica que al menos existen 12 potenciales de mejora de la productividad. El Anexo II.4 incluye las respuestas obtenidas en el cuestionario y una breve explicación teórica justificando cada una de ellas. A continuación se presentan de manera resumida los potenciales de mejora de la productividad determinados en las 11 categorías que conforman el estudio del Nivel de Ingeniería de la Producción, además de indicar el número de respuestas afirmativas obtenidas en cada una de ellas. El Anexo II.5 incluye el análisis detallado de todas las categorías que componen el estudio del Nivel de Ingeniería de la Producción.

Categoría 1. Estrategia – Objetivos (4/4)

No se han identificado importantes aspectos a mejorar en la presente categoría. La empresa dispone de una estrategia productiva traducida en claros objetivos productivos, los cuales son conocidos por todos los trabajadores de la firma. Además, se persigue incrementar la motivación laboral mediante un sistema de incentivos económicos ligados al nivel productivo de los operarios.

Categoría 2. Método de trabajo (1/3)

Un gran potencial de mejora de la productividad para la empresa fabricante de libros reside en la estandarización del proceso productivo. Al definir, entre otros aspectos, la duración de cada actividad y cómo debe llevarse a cabo, resulta sencillo determinar aquellas situaciones en las que las tareas se realizan fuera de los estándares fijados. Una vez implantada la estandarización, se recomienda que cada estación de trabajo disponga de las instrucciones encargadas de guiar el desarrollo de cada proceso.

Categoría 3. Mantenimiento (1/5)

La categoría mantenimiento representa una de las áreas con mayor potencial de mejora de los niveles productivos, indicándose seguidamente los principales aspectos a considerar:

- La implantación de un sistema de mantenimiento preventivo en sustitución al actual mantenimiento correctivo permitiría aumentar la fiabilidad del sistema y disminuir la aparición de fallos inesperados.
- La adquisición de un sistema que permita medir los tiempos de paro, incluso los más cortos, de manera automática, y trabajar activamente para reducirlos.

Categoría 4. Competencia (1/3)

El análisis del Nivel de Ingeniería de la Producción en el tren de encuadernación permite identificar una serie de aspectos que permitirían mejorar el nivel productivo de la firma analizada. Estas medidas se presentan a continuación:

- La implantación de un plan para el desarrollo de las competencias que incluya los objetivos de futuro planteados para cada operario así como el seguimiento en la consecución de los mismos. Es necesario proporcionar formación a los operarios acerca de cómo realizar sus tareas.
- Puesto que las actividades manuales representan una proporción importante del total, se sugiere la realización de estudios encargados de analizar la eficiencia en el trabajo manual, tales como estudios de muestreo que permitan determinar aspectos a mejorar.

Categoría 5. Limpieza y orden (2/3)

Las instalaciones productivas se encuentran razonablemente libres de materiales de desecho y el transporte de materiales se puede realizar de manera eficaz, sin embargo en algunas estaciones de trabajo no resulta sencillo localizar ciertas herramientas. La firma debe trabajar activamente para asegurar el orden en sus instalaciones y así poder reducir los tiempos invertidos en localizar objetos colocados en zonas indeterminadas.

Categoría 6. Manipulación de los materiales (5/6)

No se han identificado importantes aspectos de mejora referentes al proceso de manipulación de los materiales, ya que éste se lleva a cabo de manera efectiva y adecuada. El único medio de transporte utilizado en las instalaciones son las carretillas elevadoras, y todos los productos y materiales son transportados mediante pallets. Además, se dispone de buffers de material en cada zona de trabajo y únicamente se fabrica el volumen de productos requerido por el cliente.

Categoría 7. "Changeover" / "Set-up" (3/3)

El taller gráfico es consciente de la importancia de los tiempos de "changeover" (tiempos de preparación de cierta máquina para comenzar a fabricar un nuevo producto) así como de los tiempos de ciclo reales e ideales de cada uno de los procesos, y en consecuencia los cuantifica y realiza el seguimiento de la evolución de los mismos. Es por esto que no se sugieren otras medidas de mejora destinadas a incrementar los niveles productivos.

Categoría 8. Mejora continua (2/4)

El estudio del Nivel de Ingeniería de la Producción en el taller gráfico objeto de estudio muestra que, aunque la dirección de la firma esté tratando de implantar actividades relacionadas con el proceso de mejora continua, éstas no están integradas en el proceso productivo. La firma debe continuar trabajando para implantar la mejora continua en su normal desarrollo de las actividades, y además resulta necesario que la dirección asuma la importancia de implicar a los operarios en esta área, permitiéndoles aportar sugerencias de mejora al proceso productivo.

Categoría 9. Cálculos (2/2)

No se han determinado aspectos a mejorar en esta categoría puesto que la firma analizada realiza el seguimiento las inversiones realizadas y sus compras y ventas de productos.

Categoría 10. Planeamiento (4/5)

La compañía objeto de estudio trabaja activamente para diseñar un proceso productivo que permita aprovechar el tiempo de la manera más eficiente posible. Para ello se estudian los tiempos de ciclo ideales y reales, los tiempos de “changeover” y los tiempos de entrega del producto al cliente. Sin embargo, los tiempos de ciclo reales no son utilizados para actualizar el sistema de planeamiento, aspecto que debería llevarse a cabo.

Categoría 11. Calidad (3/3)

No se sugiere ninguna medida de mejora referente a la presente categoría puesto que la firma analizada ya dispone de un sistema certificado de calidad (ISO 9001), los operarios aseguran la calidad de sus productos y las instalaciones disponen de métodos sistemáticos, como Kanban o Poka-Yoke, destinados a reducir la aparición de errores en la producción.

2.4.2 Carga de trabajo física

El análisis de la carga de trabajo física en la zona del tren de encuadernación indica que en algunas situaciones los operarios están expuestos a niveles peligrosos de carga y que existen ciertas deficiencias relativas a esta área que tendrían que ser solventadas. El Anexo II.6 presenta los resultados obtenidos en el cuestionario encargado de evaluar esta categoría en el taller gráfico analizado.

El principal aspecto a considerar reside en la modificación de los turnos de trabajo y de los tiempos de descanso. Actualmente, el proceso de encuadernación se desarrolla en dos turnos diarios de 12 horas de duración, durante los cuales los trabajadores no disponen de ningún tiempo de descanso ni pueden abandonar sus puestos de trabajo. Estos turnos de trabajo se realizan diariamente de Lunes a Viernes y en ocasiones existe la posibilidad de realizar horas extra durante el fin de semana. El actual sistema de turnos de trabajo incumple el “Texto Refundido de la ley del Estatuto de los trabajadores” [11] en el contenido referente a los artículos 34 y 36, por lo que las

deficiencias señaladas han de ser solucionadas lo antes posible. El Anexo II.7 presenta un análisis detallado de los aspectos relativos al nivel de carga de trabajo físico soportado por los empleados que deben ser considerados. El actual sistema de turnos de trabajo, de excesiva longitud y carente de pausas, puede conducir a la aparición de fatiga, hecho que origina entre otras consecuencias, la pérdida de capacidades y la disminución del rendimiento de los empleados. Una adecuada duración de la jornada laboral y de los tiempos de descanso aumentaría los niveles de productividad en la empresa, permitiría solucionar los problemas legislativos mencionados y prevenir la aparición de fatiga.

Además de los aspectos mencionados, también resultaría necesario modificar el método de trabajo con el fin de reducir aquellas tareas manuales que requieren el trabajo continuado y repetido del antebrazo y de la mano realizando movimientos de rotación y experimentando fuertes empuñaduras, ya que pueden originar trastornos músculo-esqueléticos en los operarios.

2.4.3 Ambiente de trabajo a nivel físico

De acuerdo al cuestionario presentado en el Anexo II.8 encargado de analizar el ambiente de trabajo a nivel físico en el taller gráfico se puede afirmar que, en general, todos los aspectos relativos a esta categoría resultan adecuados, y únicamente se identifican pequeños aspectos a considerar. En este caso se sugiere que la totalidad de operarios del taller estén obligados a utilizar protección auditiva para evitar sordera u otros problemas auditivos, así como solucionar el tema de la inadecuada temperatura en el almacén, demasiado fría en invierno y demasiado calurosa en verano.

2.4.4 Ambiente de trabajo a nivel psicosocial

La evaluación del ambiente de trabajo a nivel psicosocial se realiza mediante un cuestionario de 23 preguntas cuyo contenido está basado en el Modelo de las Características del Trabajo presentado por Hackman y Oldham [7]. El Anexo II.9 incluye una descripción del ambiente de trabajo del tren de encuadernación analizado desde una perspectiva psicosocial, y en base a ella, en el Anexo II.10 se presentan las respuestas obtenidas al estudiar el ambiente de trabajo a nivel psicosocial.

El análisis realizado con objeto de evaluar el ambiente de trabajo del taller gráfico a nivel psicosocial indica la existencia de importantes deficiencias en éste área y, en consecuencia, un alto potencial de mejora.

El tercer moderador presentado en el Modelo de las Características del trabajo afirma que hasta que un operario no se encuentra satisfecho con las condiciones de su ambiente laboral, toda su energía se centra en soportar dicha situación, no apreciándose la implantación de nuevas medidas destinadas al aumento de sus niveles de motivación. A continuación se presentan los principales aspectos a modificar relativos al ambiente de trabajo psicosocial, los cuales, si fueran implantados, crearían un adecuado clima laboral psicosocial.

- La reducción en la duración de los turnos de trabajo actuales, de 12 horas, para evitar el agotamiento mental y la disminución del rendimiento y concentración del trabajador.
- La introducción de pausas de adecuada longitud en la jornada laboral que permitan a los operarios recuperar sus niveles óptimos de rendimiento.
- Permitir que los empleados disfruten juntos de sus tiempos de pausa lejos de la zona productiva, que en el caso analizado presenta altos niveles de ruido. Esta medida también permite que los operarios se abstraigan de sus actividades durante un tiempo y vuelvan a sus tareas con mayor motivación.
- El aumento del nivel de “feedback” directo recibido por los operarios, y que éste no se realice únicamente para informar de aspectos negativos. Así, los empleados verán sus esfuerzos recompensados, aumentando su nivel de motivación en el trabajo.

2.5 Evaluación global

El análisis PPA llevado a cabo con el fin de evaluar un taller gráfico dedicado a la fabricación de libros con sede en Zaragoza revela que esta compañía presenta **significativos potenciales de mejora de la productividad**. No obstante, cabe destacar que desde los últimos años esta firma está inmersa en un proceso de cambio y renovación que ya ha mejorado notablemente los niveles productivos en comparación con los presentados en un pasado reciente. Como ejemplo señalar que en épocas anteriores los tiempos de ciclo no eran considerados y las instalaciones se encontraban completamente desordenadas y llenas de material.

La empresa objeto de estudio podría mejorar sus niveles productivos al adoptar una serie de medidas que a continuación se mencionan. Los aspectos más importantes a tomar en consideración residen en:

- La modificación de los turnos de trabajo y la introducción de pausas.
- El rediseño del método de trabajo en la zona de guillotinado.
- La implantación de un sistema de mantenimiento preventivo en sustitución del actual mantenimiento correctivo.
- La estandarización del proceso productivo.

Igualmente, la dirección de la empresa debe valorar la importancia del trabajo de los empleados y mejorar sus condiciones de trabajo de manera que cumplan con los aspectos contemplados en la legislación española. De esta manera, el rendimiento de los operarios se vería aumentado, propiciando un aumento del nivel de productividad en la firma.

2.6 Comparación de los resultados obtenidos en previos análisis PPA con el estudio PPA realizado en el taller gráfico fabricante de libros

Esta sección incluye una breve comparación de los resultados obtenidos en el análisis PPA del taller gráfico objeto de estudio y los valores medios de 45 análisis PPA realizados previamente en compañías de manufactura suecas. El Anexo II.11 presenta una comparación detallada entre ambos aspectos.

Los análisis de la **eficiencia del trabajo de los operarios**, aspecto evaluado mediante estudios de muestreo, presentan valores similares para la empresa española y las firmas suecas. En ambos casos, aproximadamente el 50% de las actividades se clasifican como “value adding”, mientras que el 50% restante se divide de una manera relativamente equitativa entre actividades “supporting” y “non-value adding”.

La **eficiencia de la maquinaria**, analizada mediante el parámetro “Overall Effectiveness Equipment” (OEE) en el análisis PPA y mediante un indicador equivalente llamado Rendimiento Operacional (RO) en el taller gráfico considerado, presenta valores sensiblemente diferentes. En la empresa española, la eficiencia de la maquinaria alcanza un valor del 87% mientras que el valor medio obtenido en las firmas suecas fue del 63%.

Los valores obtenidos por el taller gráfico y las firmas suecas en relación a los **Indicadores Claves del Desempeño (KPI)** son similares. En ambos casos la tasa de rotación del inventario se sitúa en valores comprendidos entre 10 y 15 veces anuales, la adecuación en la entrega es cercana al 100%, la tasa de productos desechados no supera el 2% de la producción y la tasa de reclamaciones de los clientes no alcanza el 1%.

La puntuación obtenida en la evaluación del **Nivel de Ingeniería de la Producción** en la empresa española, 28 respuestas afirmativas, es significativamente más elevada que el valor medio obtenido en los análisis PPA desarrollados en Suecia, con 17 respuestas afirmativas.

La distribución de los **costes de fabricación** en los dos casos considerados no presenta similitudes. La principal contribución a los costes totales del taller gráfico, con más del 65% del total reside en los gastos en mano de obra directa e indirecta, mientras que en el caso de las firmas suecas la principal contribución corresponde a la compra de material en más de un 50% del total.

En los dos casos considerados, los **factores “qualifying”** de mayor importancia son coincidentes y se identifican con calidad, capacidad de entrega y adecuación en la entrega. Los factores **“order-winning”** no presentan similitudes: mientras que las firmas suecas señalan coste, calidad, adecuación en la entrega y competencia en el desarrollo del producto, el taller gráfico identifica en esta categoría el ofrecer tiempos de entrega flexibles y el grado de complejidad del diseño del producto.

3. Análisis PPA realizado en una empresa fabricante de sistemas de escape para automóvil

La presente sección se centra en el análisis de los potenciales de productividad de una empresa fabricante de sistemas de escape para automóvil mediante el método PPA. De manera equivalente al taller gráfico fabricante de libros, en primer lugar se realiza una presentación de la compañía evaluada, y a continuación se incluyen los resultados obtenidos tras realizar el análisis PPA acompañados de los potenciales de mejora de la productividad determinados. Finalmente se incluye una comparación entre los resultados obtenidos al evaluar dicha compañía mediante el método PPA y los valores medios obtenidos al analizar 45 empresas de manufactura suecas haciendo uso de esta metodología.

3.1 Datos de la compañía

El 13 de Marzo de 2012 se procedió a realizar el análisis PPA de una compañía dedicada a la fabricación de sistemas de escape para automóvil con sede en Zaragoza. Este análisis se centró en analizar la zona de fabricación de cajas delanteras, estación de trabajo que en muchas ocasiones representa el cuello de botella del proceso productivo.

Los parámetros del informe de esta firma durante el año 2011 presentan un volumen de ventas por valor de 54.890.000€, un stock de 4.830000€ en materias primas, 970.000€ en producto intermedio y 3.342.000€ en producto terminado. Las inversiones realizadas en el periodo indicado alcanzaron los 878.000€, y el número medio de empleados en 2011 fue de 144.

La compañía analizada forma parte de un importante grupo del sector automovilístico, el cual dispone de fábricas en todo el mundo y su propiedad se clasifica como una sociedad anónima unipersonal, en la que un único accionista posee todas las acciones del grupo. La firma objeto de estudio trabaja para un reducido número de clientes de gran importancia, tales como los grupos GM, BSA y Renault-Nissan; y cuenta con un reducido número de suministradores de gran variedad de tamaño. Esta empresa de sistemas de escape fabrica una limitada variedad de productos, 4 modelos de sistemas delanteros y 7 modelos de sistemas traseros, y no dispone de ninguna influencia en el diseño de los productos manufacturados. El sistema de salarios implantado en la firma se corresponde con un salario fijo, el cual no tiene en cuenta la actuación del operario o la calidad del producto final.

Los factores “qualifying” identificados por la dirección de la firma, los cuales se relacionan con los aspectos necesarios para que la empresa pueda competir frente a sus competidores, se corresponden con la fabricación de productos de alta calidad al mejor precio posible. Además, resulta necesario asegurar la adecuación en la entrega del producto, la flexibilidad a la hora de adaptarse a las demandas del cliente y la proximidad geográfica al cliente. En este caso, el principal cliente de la firma analizada se encuentra en Figueruelas, a escasa distancia de sus instalaciones.

Los factores “order winning”, relacionados con los aspectos que permiten que la compañía consiga un pedido, se identifican con el precio, la adecuación en la entrega y la calidad del producto, en el orden mencionado.

3.1.1 Distribución de los costes de fabricación

Tabla 5. Costes de fabricación por caja delantera

COSTES DE FABRICACIÓN POR CAJA DELANTERA	€/ caja	%
Materiales	6,73	75,70
Mano de obra directa	0,88	9,91
Mano de obra indirecta	0,04	0,44
Maquinaria	0,43	4,84
Energía	0,21	2,36
Otros costes	0,60	6,75

La Tabla 5 presenta la distribución del coste total de fabricación por caja delantera, el cual asciende a 8,89€. Más del 75% de esta cuantía se asocia a costes en material, mientras que el 25% restante concurre en los costes de mano de obra directa e indirecta, la energía, y otro tipo de gastos. El Anexo III.1 incluye una gráfica relativa a la distribución de los costes de fabricación de cada caja delantera.

La productividad puede calcularse como la relación entre el volumen de producción obtenido y los recursos necesarios para obtenerlo, por lo que una reducción de dichos recursos lleva asociado al aumento de los niveles productivos. A continuación se presentan una serie de medidas destinadas a disminuir los costes de fabricación:

- La principal medida reside en la reducción de los gastos en material, especialmente mediante la disminución de la tasa de productos defectuosos. Durante 2011 se desecharon 10.680 kg. de metal por esta causa, lo que supuso unas pérdidas superiores a 24.000€.
- La disminución de los costes de mano de obra directa mediante la optimización del número necesario de trabajadores. Se sugiere que aquellos operarios que invierten un parte significativa de su jornada laboral esperando recibir material aprovechen dichos tiempos para realizar labores de limpieza del área productiva, evitando así la contratación de otro empleado.

3.2 Nivel 1

El análisis del Nivel 1 del método PPA incluye el estudio de la eficiencia en el trabajo de los operarios y la eficiencia en la utilización de la maquinaria, evaluados mediante un estudio de muestreo y el número OEE respectivamente. En base a los resultados obtenidos se presentan los potenciales de mejora de la productividad identificados en relación al este Nivel.

3.2.1 Eficiencia en el trabajo de los operarios. Estudio de muestreo

El estudio de muestreo llevado a cabo en la empresa fabricante de sistemas de escape se centra en la zona de fabricación de cajas delanteras. El proceso productivo desarrollado en esta área consta de cuatro etapas, las cuales se explican detalladamente en el Anexo III.2:

- Embutición: proceso semiautomático en el que se embuten dos interiores en una envolvente.
- Llenado de fibras: proceso manual en el que se introducen fibras en la envolvente.
- Colocación de tapas: proceso semiautomático en el que se colocan dos tapas y se conforma el producto final.
- Control de calidad: inspección visual del producto final.

De acuerdo a lo previsto en el método PPA, el estudio de muestreo realizado se tomaron 480 muestras, las cuales se clasificaron en tres categorías: “value adding”, “supporting” y “non value adding”. El Anexo III.3 presenta el listado de actividades que componen cada una de las tres categorías mencionadas y una descripción del desarrollo del estudio de muestreo en la zona de fabricación de cajas delanteras. Este estudio de muestreo presenta un límite máximo de error del 4%, por lo que algunos de los resultados que a continuación se muestran carecen de significado estadístico. Sin embargo, los datos presentados resultan útiles para analizar la distribución de actividades en las categorías mencionadas.

Tabla 6. Resultados del estudio de muestreo en la zona de fabricación de cajas delanteras

Eficiencia: empleados	%
“Value adding”	41,46
“Supporting”	29,16
“Non value adding”	29,38

Como puede observarse en la Tabla 6, la cual incluye los resultados obtenidos en el estudio de muestreo realizado, aproximadamente el 40% de las muestras tomadas se corresponden con actividades “value adding”, mientras que el 60% restante se divide equitativamente en la realización de actividades “supporting” y “non value adding”. Los principales potenciales de mejora de la productividad residen en la reducción de las tareas “supporting” y “non value adding”.

Tabla 7. Distribución de actividades “supporting” en la zona de fabricación de cajas delanteras

ACTIVIDADES “SUPPORTING”	% sobre “supporting”
20. Colocar fibras en la mesa.	11,51
21. Esperar al fin de ciclo de la máquina embutición y tomar nuevos interiores.	22,31
22. Tomar tapas del contenedor y ordenar los productos intermedios.	35,25
23. Caminar.	9,35
24. Mover materiales.	6,47
25. “Changeover”	0,72
26. Barrer el área de trabajo.	14,39

La Tabla 7 incluye la distribución de las actividades que componen la categoría supporting, siendo las actividades 21, 22 y 26 las principales contribuciones a este grupo.

- Las actividades 21 y 22, representando más del 60% del total de esta categoría, hacen referencia al tiempo invertido por los operarios en esperar el fin de ciclo de ciertas máquinas mientras realizan otras actividades. No resulta posible disminuir estos tiempos ya que los operarios son completamente dependientes de la velocidad de funcionamiento de las máquinas, y los tiempos de espera no resultan suficientemente amplios para permitir la realización de otras actividades.
- La actividad 26, barrer el área de trabajo, resulta una interesante medida para aprovechar parte del tiempo “non value adding” en mantener el área de trabajo en condiciones adecuadas. Se recomienda continuar con esta medida.

Tabla 8. Distribución de actividades “non value adding” en la zona de fabricación de cajas delanteras

ACTIVIDADES “NON VALUE ADDING”	% sobre “non value adding”
30. Averías	30,71
31. Esperas	69,29

De acuerdo a la Tabla 8, la principal contribución a la categoría “non value adding” se corresponde con el tiempo invertido por los operarios en recibir materiales de las anteriores estaciones del proceso, con un 69,29% del total. El resto del tiempo se relaciona con la aparición de averías en el proceso productivo.

La reducción de la proporción del tiempo de espera no resulta sencilla, ya que cada una de las etapas necesarias para la fabricación de cajas delanteras posee un tiempo de ciclo diferente, y no es posible modificarlos con el fin de sincronizarlos. Sin embargo, si se adoptase un sistema de mantenimiento correctivo los tiempos de espera podrían invertirse en realizar tareas de mantenimiento planeadas tales como lubricación, inspecciones o ajustes.

La implantación de un sistema de mantenimiento preventivo en sustitución al actual sistema correctivo igualmente permitiría reducir la cuantía de tiempo relacionada con averías. De esta manera se disminuiría la aparición de fallos inesperados y el proceso productivo podría desarrollarse de manera más continuada, aumentando así la eficiencia en la producción.

- Actualmente el control de calidad se realiza de manera manual con el fin de poder detectar ciertas grietas que, en algunas ocasiones, se producen durante la fabricación de las cajas. Uno de los responsables de producción afirma que este proceso mejoraría significativamente si se detectase el problema que impide que el robot encargado de realizar el apilado y el control de calidad del producto final, de manera automática, detectase dichas grietas.

3.2.2 Eficiencia en la utilización de la maquinaria. Número OEE

La empresa fabricante de sistemas de escape dispone de un software que permite calcular el valor del número OEE, parámetro utilizado para evaluar la eficiencia en la utilización de la maquinaria en el método PPA, diariamente y de manera automática. Por esta razón, no se identifican aspectos a mejorar en esta categoría.

La Figura 1 presenta la evolución del número OEE en la zona de fabricación de cajas delanteras entre el 13 de Febrero y el 12 de Marzo de 2012, alcanzando un valor medio del 80,94%. La gran variabilidad mostrada por los valores de este indicador se debe a que la firma analizada trabaja siguiendo el sistema SILS (“Supply in Line Sequence”), lo que implica que los productos han de ser entregados a los clientes en el orden en el que son solicitados. En consecuencia, no todos los días se producen el mismo tipo ni el mismo volumen de productos.

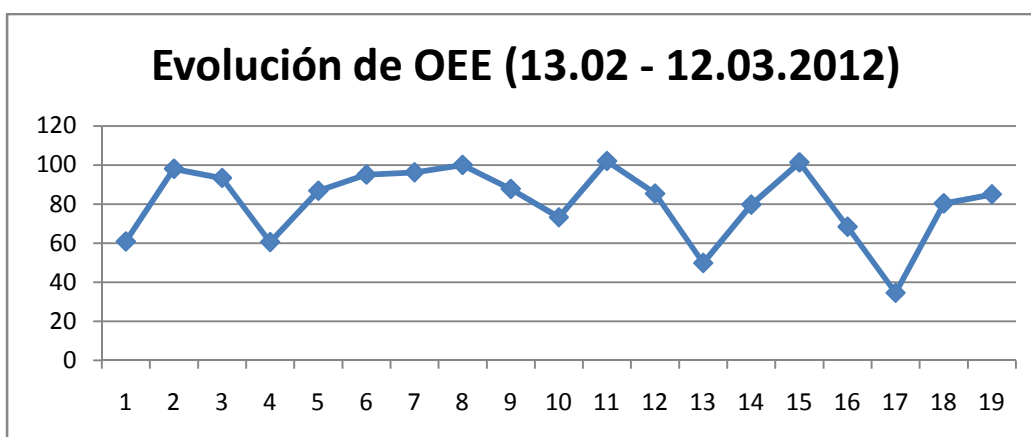


Figura 1. OEE en la zona de fabricación de cajas delanteras (13.02.2012 - 12.03.2012)

3.3 Nivel 2

El nivel 2 incluye cuatro parámetros denominados KPI o Indicadores Clave del Desempeño, que afectan a la productividad desde un nivel corporativo. Para analizar adecuadamente dichos indicadores resulta necesario ponerlos en comparación con los valores medios de cierta industria. El Anexo III.10 presenta una comparación exhaustiva entre los resultados obtenidos al analizar esta empresa fabricante de sistemas de escape y previos estudios PPA desarrollados en Suecia. A continuación se indican los valores alcanzados por los KPI durante el año 2011.

- La tasa de rotación del inventario fue de 6 veces.
- La tasa de adecuación en la entrega presentó un valor próximo al 100%, indicando que casi todos los pedidos fueron entregados al cliente en los tiempos acordados.
- La tasa de productos desechados internamente en la compañía (“scrap rate”) alcanzó un valor de 1,0956307 ppm (partes por millón).
- La tasa de rechazos de clientes fue nula.

3.4 Nivel 3

Este apartado presenta los resultados obtenidos en la evaluación del Nivel de Ingeniería de la Producción en la zona de fabricación de cajas delanteras, además del ambiente de trabajo en el que los operarios desempeñan sus actividades. El análisis del ambiente de trabajo se compone del estudio de la carga de trabajo física, el ambiente de trabajo a nivel físico y el ambiente de trabajo a nivel psicosocial. Igualmente se presentan medidas destinadas al aumento del nivel productivo de la empresa basada en el análisis de los resultados del Nivel 3.

3.4.1 Nivel de Ingeniería de la Producción

El Nivel de Ingeniería de la Producción se analiza mediante un cuestionario de 40 preguntas de respuesta sí / no, donde una totalidad de respuestas afirmativas se asocia a un proceso productivo considerado como ideal. En la zona analizada de la firma fabricante de sistemas de escape, el área de fabricación de cajas delanteras, se obtuvieron 27 respuestas afirmativas. Este hecho indica la existencia de, al menos, 13 potenciales de mejora de la productividad. El Anexo III.4 presenta las respuestas a las 40 preguntas que conforman el cuestionario acompañadas de una explicación justificando cada una de ellas, mientras que el Anexo III.5 incluye los potenciales de productividad determinados en las 11 categorías que componen el Nivel de Ingeniería de la Producción. A continuación se presenta una síntesis de los potenciales productivos identificados en cada una de las categorías:

Categoría 1. Estrategia - Objetivos (2/4)

La compañía analizada cuenta con una clara estrategia productiva traducida en una serie de metas cuantificables. Sin embargo, se han identificado una serie de medidas destinadas a incrementar el nivel de productividad en la firma asociadas al aumento de la motivación de los trabajadores.

- Informar a los operarios acerca de la estrategia y los objetivos productivos de la empresa, con el fin de aumentar su implicación con la firma.
- Modificar el actual salario fijo por otro sistema de salario que ligue la consecución de los objetivos productivos con algún tipo de recompensa para el trabajador.
- Permitir que los operarios expresen sus opiniones y propongan sugerencias de mejora al proceso productivo.

Categoría 2. Método de trabajo (3/3)

El análisis realizado no ha determinado aspectos de mejora importantes en esta categoría. Actualmente, el método de trabajo se encuentra estandarizado y documentado, y únicamente se sugiere que la dirección de la empresa y los líderes de producción sean más receptivos a la hora de atender las sugerencias de mejora del método de trabajo planteadas por los operarios.

Categoría 3. Mantenimiento (2/5)

La categoría de mantenimiento representa una de las áreas con mayor potencial de mejora en la empresa fabricante de sistemas de escape. Las principales medidas identificadas destinadas a mejorar el proceso productivo son:

- La modificación del actual sistema de mantenimiento correctivo por un mantenimiento preventivo que prevenga la aparición de fallos inesperados y permita que la producción se desarrolle de manera continuada.
- Considerar los tiempos de paro del proceso productivo inferiores a 4 minutos y trabajar activamente para reducirlos. Actualmente, pese a que se dispone de la tecnología adecuada para cuantificar los menores tiempos de paro, las pausas menores de 4 minutos son ignoradas.

Categoría 4. Competencia (2/3)

Una importante proporción de las actividades desarrolladas en la zona de fabricación de cajas delanteras se corresponde con operaciones manuales o semi-manuales. La principal medida de mejora asociada a la categoría de Competencia consiste en la realización de estudios destinados a evaluar la eficiencia en el trabajo manual, como estudios de muestreo; que permitan determinar qué actividades no se desarrollan de manera adecuada y proponer soluciones.

Categoría 5. Limpieza y orden (2/3)

En general, los niveles de limpieza y orden en la fábrica de sistemas de escape son adecuados, y la compañía trabaja actualmente para solucionar las deficiencias determinadas en esta categoría. En algunas ocasiones resultaba difícil de localizar ciertos productos en el taller, por lo que actualmente la empresa está instalando un sistema informatizado que, mediante el uso de códigos de barras, permita conocer la localización actual de cada material.

Categoría 6. Manipulación de los materiales (5/6)

El estudio del Nivel de Ingeniería de la Producción permite afirmar que la manipulación de los materiales en la empresa fabricante de sistemas de escape es adecuada y efectiva. Todas las zonas de trabajo disponen de buffers de material para evitar paradas en el proceso productivo, únicamente se fabrica el volumen de productos requerido por el cliente y se utiliza un solo medio de transporte para el movimiento de los productos y materiales en las instalaciones, la carretilla elevadora.

Categoría 7. "Changeover" – "Set up" (1/3)

Esta categoría representa una de las áreas con mayores potenciales de mejora en la empresa analizada. Los principales aspectos a considerar se identifican con:

- La medición y el seguimiento del tiempo necesario para preparar cada máquina para empezar a fabricar un nuevo producto (tiempo de "changeover"). La reducción de estos tiempos implica el aumento del tiempo disponible de

producción, hecho que permite incrementar la producción obtenida en cierto periodo.

- Aceptación por parte de los directivos de la empresa de la importancia de cuantificar los tiempos de “changeover” y “set-up”, y entendimiento de las ventajas asociadas a su reducción.

Categoría 8. Mejora continua (3/4)

La compañía analizada es consciente de las ventajas asociadas a la Mejora Continua, realizándose el seguimiento de las medidas adoptadas relativas a este aspecto y celebrándose reuniones diarias entre la dirección y coordinadores de línea. Las principales áreas de mejora relativas a esta categoría residen en:

- La implicación de los operarios en los trabajos de mejora continua.
- Disposición de la dirección de la empresa para atender las sugerencias de los empleados.

Categoría 9. Cálculos (2/2)

No se han determinado medidas de mejora relacionadas con esta categoría, ya que la compañía analizada ya dispone de un área financiera encargada de analizar los asuntos económicos.

Categoría 10. Planeamiento (4/5)

La compañía analizada diseña el proceso productivo basándose en los tiempos de ciclo ideales y reales, los cuales son cuantificados y están basados en hechos. Sin embargo, los tiempos de entrega del producto al cliente (“lead time”) y los tiempos de “changeover” no son medidos. La firma debería considerar aspectos que la empresa debería considerar.

Categoría 11. Calidad (3/3)

El estudio del Nivel de Ingeniería de la Producción en la empresa fabricante de sistemas de escape no muestra ningún aspecto significativo a mejorar. La compañía dispone de la certificación ISO 9001, los operarios están encargados de asegurar la calidad de sus trabajos y el proceso productivo dispone de sistemas, como Kanban y Poka Yoke, que permiten reducir la aparición de errores.

3.4.2 Carga de trabajo física

La evaluación de esta categoría indica que el nivel de la carga de trabajo física soportada por los trabajadores del tren de encuadernación se considera adecuada, aunque pueden señalarse algunas medidas para mejorar este aspecto.

Se sugiere que, en la medida de lo posible, la compañía disminuya la frecuencia con la que los operarios realizan tareas que implican el trabajo con los brazos situados por encima de los hombros, movimientos de giro y el levantamiento manual de cargas. De

esta manera se reduciría la posibilidad de que los trabajadores sufriesen trastornos músculo-esqueléticos. El Anexo III.6 incluye los resultados referentes al análisis de la carga de trabajo física en la firma fabricante de sistemas de escape.

3.4.3 Ambiente de trabajo a nivel físico

El Anexo III.7 presenta el análisis del ambiente de trabajo a nivel físico de la empresa fabricante de sistemas de escape. El análisis realizado muestra un lugar de trabajo seguro y adecuado, en el que se han tomado medidas necesarias para reducir los riesgos asumidos por los operarios. En este caso, no se ha identificado ninguna medida de mejora significativa referente a este aspecto.

3.4.4 Ambiente de trabajo a nivel psicosocial

La evaluación del ambiente de trabajo a nivel psicosocial, incluida en el Anexo III.9, muestra una empresa sin problemas de importancia referentes este aspecto y en consecuencia, con un reducido potencial de mejora. El Anexo III.8 presenta una descripción detallada del ambiente de trabajo psicosocial en la zona de fabricación de cajas delanteras.

De acuerdo al Modelo de las Características del Trabajo de Hackman y Oldham [7], existen cinco dimensiones centrales del trabajo: variedad de destrezas, identidad de las tareas, importancia de las tareas, autonomía y “feedback”. El análisis del ambiente de trabajo psicosocial permite afirmar que las dos primeras dimensiones del modelo están totalmente implantadas en la empresa, mientras que se han identificado algunos aspectos a considerar en las tres categorías restantes.

- En relación a la importancia de las tareas, resultaría importante que los operarios se implicasen en las tareas de mejora continua y planeamiento, pudiendo aportar sus opiniones o proponiendo nuevas actividades o mejoras. De esta manera, la empresa podría recibir sugerencias interesantes destinadas a mejorar el proceso productivo y el nivel de motivación de los operarios se vería aumentado.
- El grado de autonomía de los operarios, escaso tanto a nivel técnico como administrativo, podría incrementarse si se les permitiese decidir en qué orden producir los diferentes lotes.
- Los empleados no deben recibir “feedback” directo acerca de su actuación únicamente en caso de tratarse de aspectos a mejorar. Convendría que también fuesen informados del logro de los objetivos productivos, hecho que aumentaría su motivación en el trabajo.

3.5 Evaluación global

El análisis PPA realizado en la empresa fabricante de sistemas de escape con el fin de analizar los potenciales de mejora de sus niveles productivos muestra una compañía con **reducidos potenciales de mejora**. Esta firma es consciente de las ventajas asociadas a métodos como la estandarización o la mejora continua en el proceso productivo, y en todo momento está implicada en nuevos proyectos de mejora. Como ejemplo, cabe señalar que en un pasado reciente se adquirió un software que permite calcular el número OEE de manera automática, y actualmente está siendo implementado un sistema informático destinado a identificar la posición exacta de cierto material o producto final en cualquier momento. Además no se han señalado importantes deficiencias en el ambiente de trabajo ni a nivel físico ni psicosocial.

No obstante, el análisis PPA ha identificado una serie de aspectos que la dirección de la compañía debería tomar en consideración y que permitirían mejorar los niveles de productividad. Estas medidas son:

- La sustitución del actual sistema de mantenimiento correctivo por un sistema de mantenimiento preventivo.
- La medición de los tiempos de “changeover” y de entrega con el objetivo de poder reducirlos.
- El aumento del grado de implicación de los trabajadores en tareas de mejora continua.

3.6 Comparación de los resultados obtenidos en previos análisis PPA con el estudio PPA realizado en la compañía fabricante de sistemas de escape

Esta sección presenta brevemente la comparación entre los resultados obtenidos al analizar la compañía fabricante de sistemas de escape mediante el método PPA y estudios PPA realizados con anterioridad en Suecia tanto en empresas suministradoras de la empresa automovilística y empresas de otras áreas productivas. El Anexo III.10 incluye una comparación exhaustiva entre el análisis PPA de la empresa española y los análisis de empresas suecas.

Los estudios de muestreo realizados para evaluar la **eficiencia del trabajo de los operarios** en la empresa fabricante de sistemas de escape y en las firmas de la industria automovilística sueca presentan resultados similares. En ambos casos, las actividades “value adding” representan aproximadamente el 50% del total. El 50% restante se divide de manera relativamente equitativa entre las categorías “supporting” y “non value adding”, siendo la categoría “supporting” y la categoría “non value adding” la segunda en importancia para la firma española, y las firmas suecas, respectivamente.

El número “Overall Effectiveness Equipment” (OEE), encargado de evaluar la **eficiencia de la maquinaria**, presenta un valor sensiblemente más elevado en el caso de la empresa española, con un 80,94%; frente a un valor medio del 60% obtenido por las firmas suecas suministradoras del sector automovilístico.

Los **Indicadores Claves del Desempeño (KPI)** obtenidos por la firma española y las empresas automovilísticas suecas presentan valores similares en cuanto a la tasa de rotación de inventario (entre 6 y 11 veces anuales) y la tasa de reclamaciones de los clientes (cercana a 0). Sin embargo, la adecuación en la entrega es notablemente más elevada en la compañía española, con un 100% frente al 83,8% de las firmas suecas; y la tasa de productos defectuosos en el caso español es significativamente inferior a la obtenida por la industria automovilística sueca, con 1,0956 ppm frente al 1,73% sueco.

La puntuación obtenida por la empresa española al evaluar el **Nivel de Ingeniería de la Producción**, con 27 respuestas afirmativas; es sensiblemente superior a la calificación presentada por las compañías suministradoras de la industria automovilística sueca, con 17,5 respuestas afirmativas de media.

La distribución de los **costes de fabricación** tanto en la firma española considerada como en las 45 empresas de manufactura suecas evaluadas mediante el método PPA son similares. En ambos casos, las principales contribuciones al coste total se identifican con la compra de material y los gastos asociados a la mano de obra.

La empresa fabricante de sistemas de escape y las empresas de manufactura de la industria sueca coinciden al señalar sus principales **factores “qualifying”** y **“order-winning”**. Los factores “qualifying” destacados son la calidad, el precio, la capacidad de reducir costes y la adecuación en la entrega; mientras que los factores “order winning” se identifican con el precio, la calidad, la adecuación en la entrega.

4. Conclusiones

El Análisis de la Productividad Potencial o método PPA, es una metodología concebida para analizar los potenciales de mejora de la productividad en la industria de manufactura sueca. Los principales objetivos planteados para este proyecto previamente a su realización residían en la implementación de esta metodología en varias empresas fuera de Suecia y en la demostración de la utilidad del método PPA a la hora de analizar potenciales de productividad en dichas firmas.

Para poder llegar a la consecución de los objetivos planteados para este Proyecto Fin de Carrera, procedí a la realización de las siguientes tareas:

- En primer lugar realicé la traducción de la metodología PPA, escrita originalmente en sueco, tanto al inglés como al español. Una vez familiarizada con el método, recibí cursos formativos por parte de Peter Almström, coordinador del presente proyecto en Chalmers University of Technology y uno de los creadores de la metodología PPA, destinados a aprender el método de trabajo a seguir en la realización de un análisis PPA.
- Ayudada por Luis Navarro, coordinador de este proyecto en la Universidad de Zaragoza; procedí a la búsqueda de empresas de manufactura en España en las que poder desarrollar los análisis PPA. Esta tarea se llevó a cabo por medio de llamadas telefónicas y correos electrónicos, y no resultó tan sencilla como en un principio se había pensado. Debido a la actual situación financiera, la mayor parte de las compañías consultadas rechazaron participar en el estudio alegando que su principal objetivo era continuar con su actividad y no un aumento de sus niveles productivos. Finalmente, se contactó con dos empresas interesadas en ser evaluadas mediante la metodología PPA.
- Entre los días 12 y 14 de Marzo de 2012, ambos inclusive, y en calidad de analista PPA, realicé en solitario los estudios PPA en las dos firmas contactadas en las proximidades de Zaragoza: un taller gráfico dedicado a la fabricación de libros y una empresa fabricante de sistemas de escape.
- En base a los resultados obtenidos mediante la realización de los análisis PPA, procedí a la identificación de una serie de medidas destinadas a solucionar las deficiencias encontradas. Dichas medidas, en caso de ser adoptadas, permitirían incrementar los niveles de productividad y mejorar de manera significativa el proceso productivo en las firmas analizadas.

La evaluación llevada a cabo en la empresa encargada de fabricar libros señaló importantes aspectos a mejorar. El más significativo reside en la modificación de los actuales turnos de trabajo, los cuales presentan una excesiva duración y una ausencia de tiempos de descanso, además de incumplir la legislación española al no seguir los dictámenes incluidos en el “Texto refundido de la ley del Estatuto de los trabajadores”. Otros aspectos a considerar residen en la modificación del método de trabajo en algunas estaciones de trabajo y en la sustitución del actual sistema de mantenimiento correctivo por un sistema preventivo. El análisis realizado en la empresa fabricante de sistemas de

escape señaló varios aspectos a abordar, como son la medida de los tiempos de “changeover” y de entrega y el intento de reducirlos, y la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en lugar del sistema correctivo utilizado en la actualidad.

Los estudios PPA llevados a cabo en las firmas españolas permiten afirmar el cumplimiento de los principales objetivos de este Proyecto Fin de Carrera. En cada una de las firmas analizadas se identificaron un conjunto de medidas destinadas a incrementar sus niveles productivos, hecho que permite afirmar la utilidad de la metodología PPA a la hora de analizar empresas situadas fuera de las fronteras suecas.

Las direcciones de las dos compañías estudiadas mostraron su satisfacción con los análisis PPA realizados, calificándolos como útiles a la hora de obtener una idea acerca de cómo se desarrolla el proceso productivo. Además, ambas firmas consideraron interesantes las medidas planteadas con el fin de mejorar sus niveles de productividad, afirmando que implantarían algunas de ellas. Cabe destacar la colaboración, en todo momento, de la totalidad de operarios y directivos tanto del taller gráfico, como de la empresa de sistemas de escape durante la realización de los análisis PPA.

La comparación de los resultados obtenidos al evaluar las dos empresas españolas objeto de estudio mediante el método PPA y otros análisis PPA realizados con anterioridad en compañías suecas muestran algunos aspectos en común. En ambos países, los resultados obtenidos en los estudios de muestreo alcanzan valores similares: aproximadamente el 50% de las muestras tomadas se corresponden con actividades “value adding” mientras que el 50% restante se divide entre actividades “supporting” y “non value adding”. Normalmente las empresas no consideran las mejoras asociadas a reducir la magnitud de estas dos últimas categorías, que sin embargo pueden ser mejoradas mediante la aplicación de medidas de bajo coste. También cabe mencionar la coincidencia en la determinación de los criterios “qualifying” más importantes en las firmas españolas y las firmas suecas analizadas, siendo la calidad, el precio y la entrega los factores más destacados.

Numerosos factores permiten plantear la futura implantación de la metodología PPA fuera de Suecia con el fin de determinar potenciales de mejora de la productividad en empresas de manufactura. Entre estos factores destacan los satisfactorios resultados obtenidos en los análisis PPA realizados en la industria española, los cuales son presentados en esta memoria; y la similitud entre los procesos productivos desarrollados en Suecia y otros países europeos tales como España. Igualmente, la reducida duración del estudio, un día de trabajo; el rápido y claro “feedback” obtenido por la compañía, así como la reducida preparación requerida por parte de las firmas objeto de estudio previamente a la realización del estudio PPA representan atractivas características de esta metodología.

La expansión del método PPA más allá de la industria de manufactura sueca haría posible la comparación de los procesos productivos de las distintas áreas industriales en diferentes países, pudiendo determinarse mejores métodos de trabajo y nuevas áreas de mejora no identificadas hasta el momento.

5. Bibliografía

- [1] Almström, P., Kinnander, A. (2006): *PPA- en metod för att bedöma produktivitetspotentialen i verkstadsindustrin*. Nutek.
- [2] Almström, P., Kinnander, A. (2008): *Results and Conclusions from the Productivity Potential Assessment Studies*. Proceedings of the 2nd Swedish Production Symposium.
- [3] Almström, P., Kinnander, A. (2009): *Productivity Potential Assessment of 30 Suppliers To The Automotive Industry*. Proceedings of the 3rd Swedish Production Symposium, Göteborg.
- [4] Bellgran, M., Säfssten, K. (2010): *Production Development - Design and Operation of Production Systems*. Springer-Verlag.
- [5] Bohgard, M. et al (2009): *Work and technology on human terms*. Prevent.
- [6] Freivalds A. (2009): *Niebel's Methods, Standards, and Work Design*. McGraw Hill International Edition.
- [7] Hackman, J.R., Oldham, G. (1980), *Work redesign*, Addison-Wesley.
- [8] Nord C., Pettersson B. and Johansson B. (1997), *TPM: Total Productive Maintenance med erfarenhet från Volvo*, Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF), Mölndal.
- [8] Slack N., Chambers S., Johnston R.: (1998), *Operations Management*, Pitman.
- [9] Zandin K. (2001): *Manyard's Industrial Engineering Handbook*. McGraw Hill.

Legislación:

- [10] Suecia. Ergonomics for the Prevention of Musculoskeletal Disorders (AFS 1998:1). *Swedish Work Environment Authority, 1998*.
- [11] España. Texto Refundido de la Ley del Estatuto de los trabajadores. Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de Marzo. Actualizado a fecha 15 de Octubre de 2011. Artículos 34 y 36

Referencias electrónicas:

- [12] Anderson, D. *Reducing the cost of Preventive Maintenance*. Oniqua Enterprise Analytics.
<http://www.plant-maintenance.com/articles/PMCostReduction.pdf>
 Consulta: 04/05/2012.

- [13] Taylor, J (2010). *Five Steps to Optimizing Your Preventive Maintenance System*. Machinery Management Solutions Inc.
http://www.reliabilityweb.com/art06/5_steps_optimized_pm.htm
Consulta: 06/05/2012
- [14] Taylor, J (2010). *Cost comparison: corrective maintenance vs. preventive maintenance*. Machinery Management Solutions Inc.
<http://blog.machineryhealthcare.com/bid/43533/Cost-comparison-corrective-maintenance-vs-preventive-maintenance>
Consulta: 04/05/2012
- [15].<http://businesscasestudies.co.uk/corus/continuous-improvement-as-a-business-strategy/> Consulta: 18/05/2012.
- [16] <http://www.oeo.com/> Consulta: 03/03/2012.
- [17].<http://www.gestiopolis.com/organizacion-talento/incentivos-y-la-motivacion.htm>
Consulta: 14/05/2012.
- [18].<http://www.bized.co.uk/reference/diagrams/Continuous-Improvement-in-Productivity> Consulta: 18/05/2012.

Índice de tablas y figuras

<i>Tabla 1. Costes de fabricación en el tren de encuadernación (año 2011)</i>	8
<i>Tabla 2. Resultados del estudio de muestreo en el tren de encuadernación</i>	9
<i>Tabla 3. Distribución de actividades “supporting” en el tren de encuadernación</i>	10
<i>Tabla 4. Distribución de actividades “non value adding” en el tren de encuadernación</i>	10
<i>Tabla 5. Costes de fabricación por caja delantera</i>	21
<i>Tabla 6. Resultados del estudio de muestreo en la zona de fabricación de cajas delanteras</i>	22
<i>Tabla 7. Distribución de actividades “supporting” en la zona de fabricación de cajas delanteras</i>	23
<i>Tabla 8. Distribución de actividades “non value adding” en la zona de fabricación de cajas delanteras</i>	23
<i>Figura 1. OEE en la zona de fabricación de cajas delanteras</i>	24