PLAN GENERAL DE MEJORA DE RECTIFICADO DE EJES.

Autor: **Borja Díaz Illán**

Director de proyecto por la Universidad**: Francisco Antonio Rivera**

Director de proyecto por John Deere**: Miguel Ángel Ramírez.**

Leganes, Marzo de 2011.

Título: Plan general de mejora de rectificado de ejes

Autor: Borja Díaz Illán

Director:

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día __ de _____ de 20__ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO PRESIDENTE

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi hermano, por ser los mejores del mundo y por estar conmigo desde el principio. Por cada palabra de aliento, por cada llamada post- examen, por todas y cada una de las veces que me esperabais a las 11 después de llegar de prácticas para ver que tal mi día… Os quiero.

A Eva, por dejarme compartir a su lado los mejores años de mi vida y por haberme dado tanto. Por enseñarme a querer, a disfrutar, a sufrir con la carrera, y por llenar mi vida de un montón de pequeños momentos inolvidables, que no cambio por nada del mundo.

A mis compañeros de la universidad, sobre todo a Miki, Nuria, Dalda, Javi y Harry, por todos los buenos y los malos momentos compartidos…Por cada visita al tablón de notas cuando no las subían por internet, por cada llamada de felicitación o cada abrazo de consuelo. A mis compañeros de prácticas por hacerlo todo sencillo.

A Francisco, mi tutor de la universidad por su ayuda y orientación.

A Miguel Ángel y Ernesto, por involucrarme en este proyecto desde el principio, por sus consejos y su ayuda. A Rafa, Javi, Carmen, Pablo y Juanjo por resolver todas mis dudas tan eficazmente y amablemente.

A “mis becarios”, especialmente a Rodrigo, David, Hugo, Antonio, Alex, Ettienne, Gabriel y Lorena, por cada sonrisa que me han arrancado. Al resto de mis compañeros en especial a Javi, Carlos, Pedro, Dioni, Rosa, Paco, Romero y Gema, por todo lo que he aprendido de ellos y por hacer que ir al trabajo fuese más ameno.

A mis amigos del colegio, a Jorge, y Álvaro, por todos los buenos momentos que hemos compartido, y por estar siempre ahí.

A mi familia, en especial a mis dos abuelas por lucir orgullosas la foto de mi orla y presumir de nieto y a mis dos abuelos que seguro que también lo estarían.

A Julián por su mirada al infinito, por toda su ayuda y su paciencia.

Gracias a todos, sois los mejores.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

I

INTRODUCCIÓN

1. 1 MOTIVACIÓN

El proyecto fin de carrera "Plan general de mejora de rectificado de ejes" tiene como punto de partida el compromiso de la compañía en el cumplimiento de los parámetros acordados con los clientes en lo que se refiere a la entrega de cajas de cambio a los clientes (otras delegaciones de John Deere) que son las que se ocupan del montaje de la caja de cambio pertinente en las cosechadoras, los tractores…

Algunos de estos parámetros considerados como importantes son el aseguramiento de la calidad y la correcta funcionalidad de las cajas de cambio que se envían, el cumplimiento con los plazos de entrega acordados con el cliente final, o el compromiso de intentar que los precios de los productos finales que se envían se mantengan la más estables posible.

Asimismo, la delegación de Ibérica, se marca otros objetivos internos adicionales al cumplimiento de los acordados con el cliente final, como por ejemplo la internalización de la producción siempre que sea factible, o la ergonomía y la seguridad en las células y líneas.

La compañía se encarga del montaje final de las cajas de cambios a partir de piezas (ejes, coronas, engranajes…) que o bien se mecanizan, tratan térmicamente y rectifican en la propia fábrica, o en algún caso, se externalizan algunas de estas operaciones, bien por falta de capacidad productiva o por ausencia de recursos específicos para algunas piezas determinadas.

Se han detectado una serie de deficiencias en el proceso productivo. Nuestro proyecto se centrará en la detección de estas ineficiencias (de la nave de rectificado de ejes y engranajes), y la búsqueda e implantación de posibles soluciones a los problemas que surjan, con el objeto de conseguir que dichas mejoras repercutan de un modo u otro en los objetivos de la compañía, tanto

para con el cliente final, como con los objetivos internos de John Deere Ibérica S.A.

1.2 OBJETIVOS DE LA EMPRESA

Como hemos comentado anteriormente, el objetivo final del proyecto es tratar de paliar las ineficiencias de la nave de rectificado de la fábrica con objeto de cumplir con el cliente final en los parámetros acordados y con los objetivos internos de la compañía. A continuación se pasará a enumerar algunos de estos objetivos.

- ✓ **Cumplimiento de plazos de entrega con el cliente final:** Los clientes efectúan una serie de pedidos de las distintas cajas de cambios que se fabrican en John Deere. Adicionalmente se efectúan previsiones de demanda para el medio y largo plazo. El montaje de una caja de cambios implica múltiples operaciones en puestos de trabajos distintos, desde el mecanizado al montaje final, pasando por procesos de lavado, verificación….

  En lo que atañe al proceso de rectificado, si conseguimos reducir las manipulaciones múltiples de material, mejorar layouts o reducir los tiempos asignados al operario para el rectificado de las piezas pondremos de nuestra parte para cumplir con el plazo de entrega acordado.

- ✓ **Aseguramiento de la calidad y de la correcta funcionalidad del producto final:** John Deere Ibérica dispone de varias naves distintas en donde se llevan a cabo los procesos necesarios para que los ejes, engranajes, coronas, carcasas…lleguen en perfectas condiciones al siguiente puesto de trabajo.

  En lo que atañe a nuestro proyecto, el rectificado de ejes, se deben de garantizar cumplimientos de tolerancias dimensionales acordadas por ingenieros de producto, engrane correcto frente a un patrón, lavado óptimo de la pieza post rectificado para evitar que la viruta no eliminada pueda generar problemas en montaje final… se trata por tanto de evitar los errores que puedan conducir bien a reprocesos de las piezas y que se detectan en ocasiones en el montaje final, lo que

conlleva el desmontaje de la caja de cambios, o peor aún, a no cumplir con la garantía o la funcionalidad acordada con el cliente final.

- ✓ **Intentar mantener estable el precio del producto final:** Las variaciones en los precios finales ofrecidos al cliente dependen de múltiples factores. Por ejemplo, John Deere Ibérica tiene proveedores que le ofrecen productos iniciales (piezas en verde), o maquinaria y cuyo precio de adquisición es fijado por el propio proveedor. Cabe destacar asimismo, que se trata de un mercado bastante específico en donde los proveedores no son muy abundantes. Por lo tanto, ante una posible subida de precios de proveedores, la compañía debe ser capaz de buscar alternativas para que dichas subidas no repercutan mucho en el precio final ofrecido al cliente.

  En lo que atañe a nuestro proyecto, se tratarán de buscar alternativas para conseguir ahorros en el proceso de rectificado.

- ✓ **Internalización de las externalizaciones:** Las grandes compañías tienen que analizar si les compensa, en función de sus posibilidades económicas, su capacidad productiva o la especialización de recursos necesarios absorber parte de las funciones que hacen otras compañías aguas arriba o aguas abajo del proceso productivo.

  En la antigüedad, John Deere Ibérica era capaz de fabricar algún modelo de tractor completo en la fábrica de Getafe. Tras analizar la viabilidad y la rentabilidad del proceso productivo completo se extrajo como conclusión que sería más rentable centrarse en la fabricación de cajas de cambio.

  No obstante, en lo que se refiere al rectificado de ejes, en ocasiones, por ausencia de capacidad productiva debido a razones como reproceso o averías de maquinaria, y para garantizar el cumplimiento de los plazos de entrega, nos vemos obligados a externalizar la operación de rectificado a otro proveedor. Esta externalización implica un sobrecoste para la compañía, con lo que uno de nuestros

objetivos será tratar de conseguir el rectificado del 100 % de los ejes en la propia fábrica.

- ✓ **Otros objetivos internos de la compañía en lo referente al proceso productivo:** Ergonomía del operario en el puesto de trabajo, evitar movimientos innecesarios, o tratar de conseguir que el operario pueda hacer otras actividades mientras la rectificadora está funcionando son otros de los objetivos que trataremos de conseguir con la implantación del plan general de rectificado de ejes.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto de plan general de rectificado de ejes pretende detectar ineficiencias del proceso de rectificado, analizar cómo afectan al incumplimiento de los objetivos marcados por la empresa y buscar soluciones para eliminar dichas ineficiencias. Para ello se propone:

- ✓ **Sustitución de tres de las rectificadoras de ejes existentes en la nave por una única máquina más moderna y estandarizada:** Uno de los objetivos fundamentales es la sustitución de tres máquinas antiguas, con averías frecuentes y paradas para cambio de utillaje para cada referencia muy habituales, por otra máquina capaz de realizar varias operaciones de rectificado, una a continuación de la otra y con un utillaje más estandarizado.

  Se analizará, a lo largo del documento la viabilidad de este proyecto. Para ello la nueva rectificadora nos debe garantizar tiempos de ciclo más cortos, menores paradas por rotura, debe ser capaz de rectificar la totalidad de las piezas que se hacen en las tres máquinas actuales, así como aquellos ejes que por falta de capacidad o por falta de medios de las máquinas actuales se rectifican en proveedores externos actualmente.

  Asimismo, su instalación debe mejorar el flujo de materiales por la nave, la ergonomía y manipulación de los ejes en las células, y, evidentemente, aparte de garantizar la calidad de los ejes en ella rectificados, debe resultarnos rentable en términos de inversión.

- ✓ **Instalación de una lavadora de ejes:** Para evitar que tras el proceso de rectificado, las virutas existentes en los ejes o engranajes puedan provocar errores como ruidos, rodado imperfecto con el consiguiente desgaste de los dientes, obturación de los filtros en los bancos de prueba[*1] de las cajas de cambio ya montadas, así como otros defectos aguas arriba del proceso es necesario proceder al lavado y secado de los ejes. Actualmente, los ejes se lavan con muchas otras piezas que forman parte del montaje final de la caja de cambios, en la misma nave donde se procede a su montaje. Esto provoca que la disposición de todas estas piezas formen un conjunto desordenado y hacen que el lavado no sea eficiente.

  En otros casos, los ejes ni siquiera se lavan previamente al montaje final. El objetivo del proyecto es instalar una lavadora de ejes capaz de lavar y secar todos los ejes que se pretenden rectificar en la nave de rectificado, de forma que lleguen ya limpios a la célula donde van a ser montados.

1.4 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

A continuación se expone un breve resumen de la organización general de la memoria del proyecto, sintetizando el principal contenido de cada capítulo.

En el capítulo uno, el presente capítulo, el lector podrá entender la motivación principal del proyecto, que tiene que ver con las ineficiencias del proceso productivo actual en lo que se refiere al rectificado de ejes. Asimismo se exponen los objetivos del proyecto y un breve resumen de los capítulos de los que consta.

Bancos de prueba[*1]: Las cajas de cambio, ya montadas, se someten a unas pruebas en estos bancos, que simulan las condiciones de trabajo de dicha caja. Estos bancos permiten detectar errores, defectos de montaje, ruidos o golpes…

En el capítulo dos, se efectuará una breve descripción de John Deere, en la que quedan recogidos información importante acerca de su historia, la compañía y sus delegaciones, la situación económica, el reconocimiento internacional y por último, la delegación de Ibérica, con un breve resumen de la fábrica, los productos que fabrica y su estructura organizativa en los distintos departamentos.

En el capítulo tres, se pretende efectuar un recorrido por la mini fábrica de ejes y engranajes que es donde se ubica físicamente nuestro proyecto, analizando los distintos procesos que en ella se efectúan, centrándonos fundamentalmente en aquellos que anteceden al rectificado y, sobre todo, en el propio rectificado. Se mostrarán también la situación actual de la nave 6, definiendo sus elementos y productos y centrándonos en las máquinas y puestos de trabajo relativas al rectificado de ejes.

También analizaremos la situación productiva de dichas máquinas, analizando su capacidad, y los costes del rectificado de los ejes, para concluir haciendo referencia al farm out o externalización de los ejes y a los proveedores que nos los proporcionan.

El capítulo cuatro se centra en la ejecución del proyecto de mejora propiamente dicho, una vez identificadas las ineficiencias productivas en el capítulo anterior. Este capítulo pretende también analizar las mejoras obtenidas con la implantación de dichas mejoras, de forma tangible, en términos cuantitativos y cualitativos.

El capítulo cinco se centra en un análisis económico del proyecto, en donde se valorarán distintas hipótesis en cuanto a producción se refiere y se valorará si es viable o no en términos económicos, analizando en cada situación el Payback, o el valor actual neto entre otros.

En el capítulo seis, se recogerán las conclusiones, tanto objetivas como personales del proyecto elaborado.

Por último, hay tres anexos en donde se tratarán de explicar cómo se elabora el estudio de tiempos en John Deere Ibérica (anexo I), se efectuará una comparativa entre las horas actuales y las previstas con los cambios efectuados con objetivo de mejorar el proceso, para las distintas piezas involucradas (anexo

II), y por último, se muestran los costes actuales y los ahorros que se obtendrán en el futuro (previsiblemente), en el anexo III.

1.5 CRONOLOGÍA

Las fases de este proyecto se describen a continuación:

1. **Información y documentación:** La primera fase del proyecto consta de la recopilación de la información necesaria acerca de la situación de la nave de rectificado y más concretamente de las rectificadoras de ejes.

2. **Establecimiento de objetivos:** Una vez analizada y recopilada la información se decidió establecer los objetivos indicados en el apartado 1.3 de este capítulo.

3. **Planificación de la estructura del proyecto:** En esta fase se elaboró una lista de tareas repartidas en el tiempo para lograr la consecución de los objetivos.

4. **Análisis de la viabilidad del proyecto:** En esta fase se estableció un estudio acerca de la viabilidad de la sustitución de las rectificadoras, en cuanto a capacidad, carga, operarios…Asimismo se elaboró un análisis de viabilidad en términos económicos analizando hipótesis que podían surgir.

5. **Análisis de decisión de la(s) máquina(s) a instalar:** Esta fase se solapa con la anterior e implica mucho menor tiempo. Tras determinar las características fundamentales de las máquinas y comunicar los requisitos imprescindibles a los respectivos proveedores se recibieron y analizaron las pertinentes ofertas decidiendo qué máquina(s) se instalaba(n).

6. **Elaboración de un layout adecuado:** En esta fase se analizó la disposición actual de las máquinas en la nave, la salida de algunas rectificadoras viejas que se iban a sustituir por la nueva rectificadora de ejes, la reubicación de algunas rectificadoras en otros lugares de la nave (o de la fábrica), así como el lugar adecuado para instalar la rectificadora y la lavadora.

7. **Documentación del proyecto:** Una vez realizado el proyecto se escribió la documentación necesaria para poder explicar con detalle su contenido.

8. **Presentación y defensa del proyecto:** Se concluye con la elaboración de la presentación que se expondrá al tribunal.

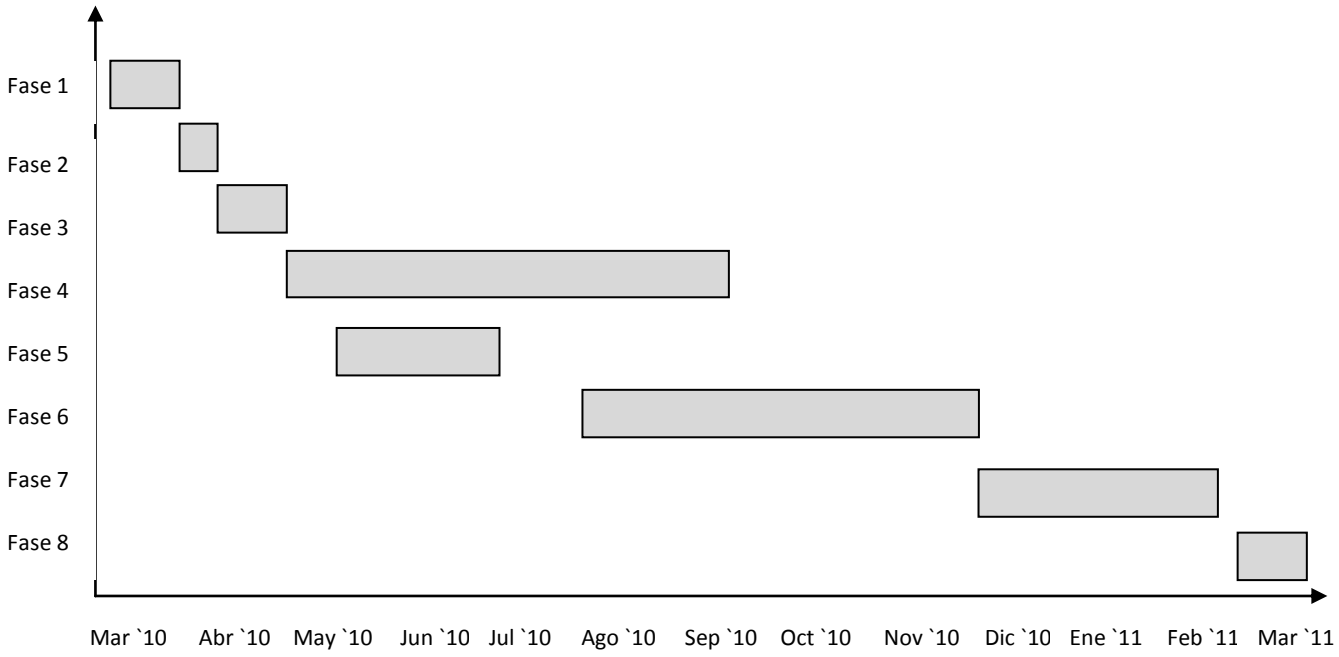


Fig. 1.1: Diagrama de Gantt del proyecto.

II

LA COMPAÑÍA JOHN DEERE

Fig. 2.1: Logo actual de la compañía John Deere

A lo largo este capítulo se pretende dar una visión general de la empresa John Deere, desde sus inicios hasta nuestros días. Al mismo tiempo se describirá más en detalle la factoría que la compañía posee en Getafe, desde su historia hasta sus productos y estructura organizativa. Con toda seguridad, esto permitirá marcarnos el contexto necesario para llevar a cabo la descripción del proyecto.

2.1 LA HISTORIA DE JOHN DEERE

John Deere fue un herrero norteamericano que en el año 1836 decidió emigrar al Oeste de Estados Unidos, que por aquel entonces estaba siendo colonizado. Tras establecer su forja en Gran Detour (Illinois), comprobó que la conquista de nuevas tierras estaba resultando mucho más difícil de lo esperado: los suelos fértiles y arcillosos de las praderas norteamericanas se adherían constantemente a los tradicionales arados de hierro fundido, obligando al agricultor a limpiar el arado cada pocos pasos y haciendo casi imposible realizar las labores agrícolas básicas.

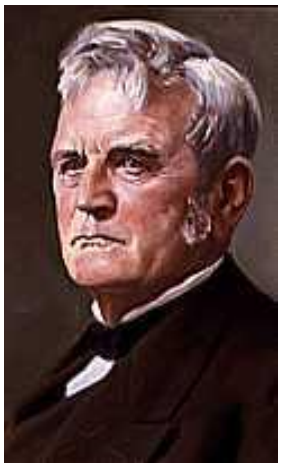


Fig. 2.2: John Deere

John Deere no se quedó al margen de este problema. Desde su forja experimentó con distintas formas y materiales en busca de un arado cuya superficie no quedara embotada cada pocos pasos. Un día del año 1837 decidió probar con un nuevo material. La hoja de una vieja sierra le proporcionó el acero necesario para fabricar un cuerpo de arado ligero y extremadamente

pulido y, tal y como John Deere pensaba, la prueba del nuevo apero fue definitiva: el suelo resbalaba perfectamente sobre la superficie del arado sin producir atascos. John Deere había fabricado el primer arado auto-limpiable, que hizo posible el cultivo en las fértiles praderas de Norteamérica. De esta manera fue fundada la compañía John Deere, en 1837.

Pocos años después de su invento John Deere ya atendía más de 1.000 pedidos de arados al año en su primera factoría de Moline (Illinois), importaba de Inglaterra acero de calidad para sus arados, y su nombre era asociado con aperos de la máxima calidad y de altísima productividad.

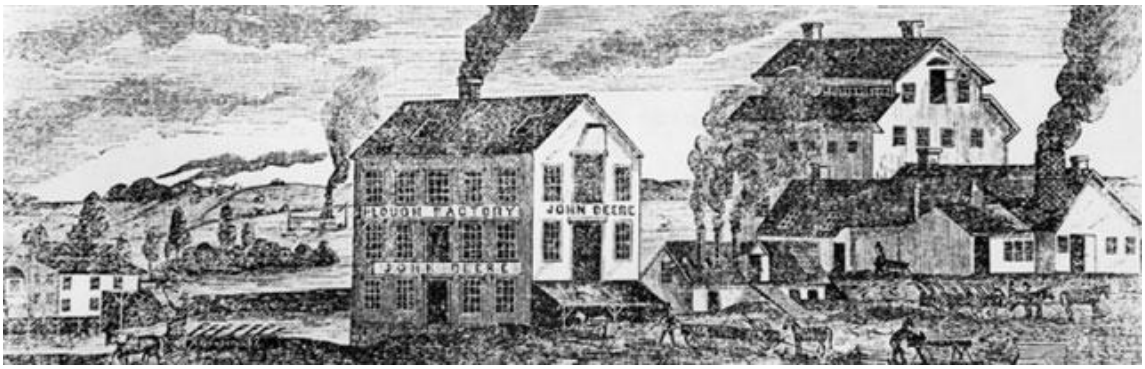


Fig. 2.3: Retrato de antiguas fábricas John Deere

EL CLIENTE, EL DESARROLLO Y LA CALIDAD: UN OBJETIVO CONSTANTE

John Deere fue un hombre de negocios ejemplar con una visión industrial claramente adelantada a su época. Así lo demuestra su perseverancia en el desarrollo de nuevos productos, su esfuerzo por satisfacer las necesidades de los clientes y su continua búsqueda del máximo nivel de calidad. Estos tres principios empezaron a aplicarse de forma generalizada en el mundo occidental un siglo más tarde y aún hoy, 173 años después, mantienen su vigencia.

Estos tres pilares han sido la base firme sobre la que se gestó el desarrollo de Deere & Company en sus más de 170 años de historia y hoy en día siguen constituyendo el objetivo de su filosofía empresarial.

Actualmente la compañía continúa guiándose, como lo había estado desde sus inicios, a través de los valores principales ya expuestos por su fundador: integridad, calidad, compromiso e innovación. Se usa como referente de calidad

la siguiente frase, a la vista de todos los trabajadores en cada una de las fábricas y centros de operaciones John Deere:

> *"Jamás pondré mi nombre en un producto que no posea en sí lo mejor que hay en mí"*
>
> (John Deere, 1837)

DEL ARADO DE 1837 A LOS SATÉLITES DEL SIGLO XXI

En 1846 John Deere cambia su ciudad de residencia a Moline (Illinois) para facilitar el transporte fluvial del acero laminado que desde 1843 importaba desde Inglaterra. Desde entonces hasta hoy la sede central de la compañía se encuentra en dicha ciudad.

Hasta 1914 la compañía fue ampliando progresivamente sus líneas de productos llegando a cubrir una amplia variedad de aperos para la agricultura. En dicho año Deere & Company lanza su primer tractor, el *Waterloo Boy*, que montaba un motor de la compañía *Waterloo Gasoline Traction Engine Company*. Dicha compañía fue adquirida por Deere & Company en el año 1918, y supuso el inicio de las actividades de fabricación de motores John Deere. Desde aquel momento los tractores y los motores John Deere han sido dos de los productos más emblemáticos de la compañía.

Fig. 2.4: Evolución del logotipo John Deere.

La diversificación de actividades siguió siendo en el Siglo XX un factor determinante. En 1920 se empieza la comercialización de equipos ligeros de obras públicas, que llevaron en 1958 a la creación de la división industrial de Deere & Company. En dicho año se crea también *John Deere Credit*, la división de la compañía destinada a financiar la adquisición de equipos por parte de los clientes. La línea amarilla, como se conoce a la división de equipos industriales, crecería más adelante con los equipos de explotaciones forestales, sector en el que John Deere hoy destaca como líder mundial.

Las operaciones de Deere & Company, que hasta los años 50 habían estado concentradas en el territorio norteamericano, experimentan un tremendo crecimiento cuando la compañía decide abrir mercados hacia Europa y Sudamérica. En 1956 se crea la división de actividades de ultramar y, con la adquisición de las fábricas y otras instalaciones de la marca Lanz, se inician las actividades en el continente europeo. Al mismo tiempo se extienden las actividades hacia el sur creando la fábrica de John Deere en Monterrey (Méjico). En 1959 se inician las actividades en el continente australiano. Esta acertada

política de expansión condujo a John Deere a convertirse en el mayor fabricante mundial de maquinaria agrícola, condición que ha mantenido con orgullo desde entonces.

En el año 1963 se inicia la actividad en el mercado de equipos para el cuidado de parques y jardines, y en el año 1987 se empiezan a comercializar equipos para campos de golf, actividad en la que, tras muy pocos años de funcionamiento, John Deere se coloca como líder del mercado.

En la última década del Siglo XX, la actividad de John Deere ha mantenido su imparable ritmo de crecimiento. Se ha creado una división de nuevas tecnologías encaminada a diseñar y desarrollar soluciones que permitan a sus clientes aprovechar al máximo herramientas de última generación como internet o el posicionamiento global por satélites (GPS). El trabajo de este grupo, ha permitido a John Deere tener en funcionamiento más de 200 aplicaciones en internet para sus empleados, concesionarios, proveedores y clientes, y disponer de uno de los sistemas más avanzados de agricultura de precisión apoyada en la localización vía satélite.

Fig. 2.5: Sistemas de posicionamiento GPS

Por otro lado, la expansión geográfica de la empresa tampoco se ha frenado, y la apertura de nuevas fábricas en la India y Turquía, y la expansión hacia países con un alto potencial de crecimiento como China, son prueba de ello.

2.2 DEERE & COMPANY

Tal y como se ha indicado antes, John Deere es líder mundial en el suministro de productos y servicios avanzados para la agricultura e industria forestal, así como uno de los proveedores más importantes de productos y servicios avanzados para la construcción, campos de golf y jardinería, paisajismo y sistemas de riego. Además, es uno de los líderes mundiales en la fabricación de motores diesel para uso fuera de la carretera y una de las mayores compañías de financiación de equipos de los Estados Unidos. También es un importante inversor en fuentes de energías alternativas.

Actualmente Deere & Company (comúnmente John Deere) se encuentra presente en todo el mundo y proporciona empleo directo a 56.000 personas aproximadamente, y dispone de una red de más de 60 fábricas y centros de producción, y más de 5.000 concesionarios para dar servicio a sus clientes. Las acciones de Deere & Company cotizan regularmente en los mercados de Nueva York, Chicago y Frankfurt.

Fig. 2.6: Situación de las operaciones de John Deere por el mundo

Para mantener el compromiso de ofrecer a sus clientes las máquinas más avanzadas y productivas del mercado, la compañía dedica una parte muy importante de sus ingresos a la investigación y el desarrollo de nuevos

productos. Concretamente, la inversión en 2008 fue del 8,1% de las ventas de equipos.

John Deere se divide en tres grandes unidades de negocio: división agrícola y espacios verdes, división de construcción y forestal, y división crédito. Las unidades de negocio o divisiones, junto con las operaciones de apoyo de piezas y sistemas de energía, se centran en ayudar a los clientes a ser más productivos ya que a su vez éstos ayudan a mejorar la calidad de vida de personas en todo el mundo. Los productos de la empresa y servicios son principalmente comercializados a través de la red de distribuidores de John Deere.

- ***División Agrícola y Espacios Verdes:*** John Deere es el mayor fabricante mundial de equipo agrícola. Ofrece productos y servicios para la agricultura como tractores, cosechadoras, empacadoras, sembradoras, segadoras, sistemas de riego, sistemas de auto guiado de vehículos vía satélite… La compañía también produce y comercializa la línea más amplia de América del Norte de maquinaria para mantenimiento de áreas verdes y campos de golf, productos para viveros, cortadora de césped…

- ***División Construcción y Forestal:*** La empresa es fabricante líder en el mundo de maquinaria forestal. También es un importante fabricante de maquinaria para la construcción y obras públicas.

- ***División Crédito:*** *John Deere Credit* es uno de los equipos de las compañías financieras más grandes en los EE.UU. con más de 2,4 millones de cuentas y una cartera gestionada de casi 23 billones de dólares (EE.UU.). Además de la venta al por mayor, la venta al por menor y proporcionar financiación leasing con el objeto de ayudar a facilitar la venta de equipos agrícolas, forestales, de construcción, comerciales y de consumo, *John Deere Credit* también ofrece créditos renovables, créditos de gestión a los agricultores, seguros agrícolas, y la financiación de la deuda para energía eólica. En la actualidad, *John Deere Credit* cuenta con aproximadamente 1.900 empleados en todo el mundo y tiene operaciones en 19 países.

En el año 2008, las ventas netas se distribuyeron entre divisiones como se puede apreciar en la figura 2.4:

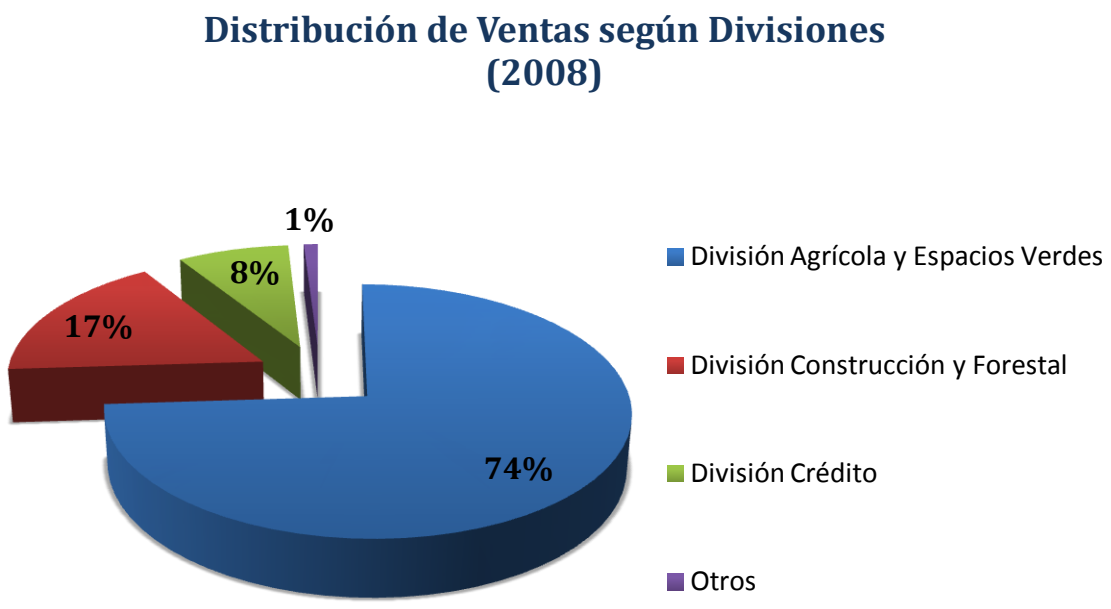


Fig. 2.7: Distribución de Ventas según las Unidades de Negocio (2008)

Del gráfico se puede concluir que la mayor parte de las ventas, y por tanto de los ingresos que tiene John Deere, son debidas a su división de Agricultura y Espacios Verdes. El total de los ingresos del año 2008 ascendió a 28.438 millones de dólares, obteniendo un beneficio neto de 2.053 millones de dólares. De los 28.000 millones de dólares, aproximadamente 9.000 millones pertenecieron a EEUU y Canadá, y 19.000 millones al resto del mundo.

Desde el año 2004, los dividendos se han duplicado. En el período 2004 – 2008 se han logrado cinco años consecutivos de beneficios record. Además, en 2008 se consiguió un retorno de 2.100 millones de dólares a accionistas por recompra de acciones y dividendos.

2.3 RECONOCIMIENTO PÚBLICO

Entre algunos de los reconocimientos en el mundo empresarial que John Deere ha tenido en los últimos años destacan:

- 2009: Clasificada entre las 50 compañías más admiradas en el mundo en un estudio publicado por la revista *Fortune*.
- 2009: Reconocida como una de las mejores empresas empleadoras por los lectores de la revista *Minority Engineer* y *The Black Collegian*.
- 2009: Clasificada segunda en la lista "*Los 50 mejores empleadores*" por los lectores de la revista *Careers & The Disable*.
- 2008: Clasificada como la empresa más admirada en la categoría de Equipos Industriales y Agrícolas por la revista *Fortune*.
- 2008: Se incluye el Presidente y Consejero Delegado Robert Lane en la lista de Barron, "*The World's Best CEOs*" (Los Mejores Consejeros Delegados del Mundo).
- 2008: Clasificada en 4º puesto en la lista de la revista *CRO* "*100 Best Corporate Citizens*" (100 Mejores Ciudadanos Corporativos).
- 2008: Elegida otra vez por la revista *Ethisphere Magazine* para su segunda lista anual de "*Las 100 Empresas Más Éticas del Mundo*".
- 2007: Robert Lane figura en la lista de los 20 mejores líderes, elegidos por la revista *Business Week* y sus lectores.
- 2007: Robert Lane recibe el Galardón Chicago United Bridge, por su labor a favor de la diversidad multirracial en la dirección corporativa.

2.4 JOHN DEERE IBÉRICA

2.4.1 HISTORIA DE JOHN DEERE IBÉRICA

La historia de John Deere Ibérica, S.A. comienza en la segunda mitad de los 50, cuando Deere & Company inicia expansión en el continente europeo con la adquisición de la marca alemana Lanz.

Entre las instalaciones que Deere & Company adquirió, se encontraba la fábrica de tractores que Lanz Ibérica tenía situada en el madrileño municipio de Getafe. Dicha fábrica, en la que desde 1956 se producían los famosos tractores LANZ BULDOG, se destinó a la producción de tractores para el mercado español y así, en 1963, salió de la cadena de montaje el primer tractor John Deere fabricado en España, una unidad modelo JD 505.

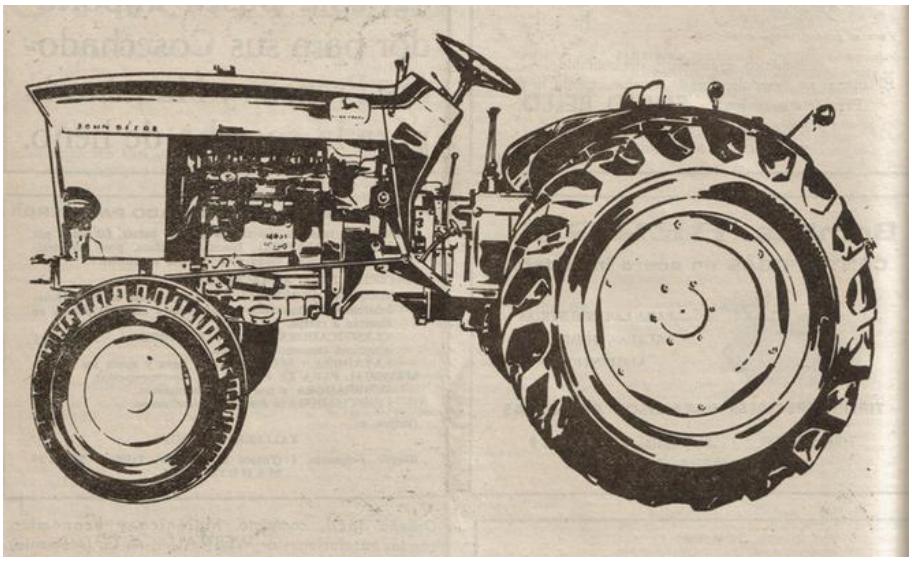


Fig. 2.8: Modelo JD 505 (1963)

Con el paso de los años, la fábrica de Getafe fue produciendo las distintas series de tractores de John Deere: La Serie 10, la Serie 20 (1969), la Serie 30 (1973), la Serie 35 (1975), la Serie 40 (1980) y, finalmente, la Serie 50 (1987).

Los productos de la marca John Deere demostraron día a día su rendimiento y calidad en los campos de la agricultura española, y ya en el año 1972 encabezaba las listas del mercado de cosechadoras y empacadoras. Dos años

más tarde el liderazgo aumentaba, y John Deere encabezaba por primera vez el mercado de tractores de ruedas en España, posición de líder que se ha mantenido año tras año desde entonces.

En el año 1987 se diversifica la actividad de la fábrica y, además de tractores, se empiezan a producir componentes para las demás cadenas de montaje de Deere & Company.

Para aprovechar las oportunidades que brinda la apertura de mercados europeos, en el año 1992 se decide centralizar la producción de los tractores de la nueva Serie 6000 en la factoría de Mannheim (Alemania). De esta forma, dos años más tarde sale de la fábrica de Getafe el tractor nº 181.558, una unidad JD 2650 MA, último tractor que hasta hoy se ha producido en sus instalaciones. Desde ese momento la unidad de Getafe se especializa en la fabricación de componentes para el resto de las fábricas de Deere & Company en el mundo. Gracias a la excelente calidad de sus productos, la fábrica de Getafe ha adquirido una posición de especial importancia en el organigrama industrial de Deere & Company, y hoy en día miles de máquinas vendidas en todo el mundo llevan componentes salidos de sus líneas de producción.

En el año 1988 la actividad de la unidad comercial de John Deere Ibérica, S.A., se diversifica mediante la creación de la nueva división de Espacios Verdes. La responsabilidad de esta nueva división, en un principio destinada a comercializar productos para el cuidado de jardines, se amplía en el año 1992 cuando se introducen en España los productos John Deere para el cuidado de campos de golf.

Otro momento clave de la compañía en España fue la apertura del Centro de Formación de John Deere en Toledo en el año 1989. A él asisten más de 1.000 personas al año a los distintos programas de formación que se preparan tanto para empleados y concesionarios, como para clientes y estudiantes de escuelas agrarias.

En 1994 John Deere Ibérica, S.A., que hasta entonces operaba sólo en España, extiende su área de responsabilidad para productos agrícolas al territorio portugués. Desde entonces la penetración de John Deere en los distintos sectores del mercado portugués en los que participa, ha crecido continuamente.

2.4.2 JOHN DEERE IBÉRICA ACTUALMENTE

John Deere Ibérica es la filial de John Deere en España y Portugal, donde comercializa productos agrícolas y para el cuidado de espacios verdes y campos de golf. Su sede social se encuentra en Getafe (Madrid), donde la compañía dispone de una fábrica de componentes de maquinaria además del departamento Comercial.

John Deere Ibérica S.A. ocupa actualmente el primer puesto en la venta y fabricación de equipos de maquinaria agrícola en España. Su liderazgo se extiende también al mercado de tractores de ruedas, sector que ha encabezado ininterrumpidamente desde el año 1974.

Fig. 2.9: Vista aérea de la fábrica John Deere Ibérica en Getafe.

La factoría española cuenta con modernas instalaciones para la fabricación de componentes de maquinaria agrícola, siendo el mayor suministrador de equipos en el mercado nacional. La totalidad de la producción tiene como destino otras factorías de la compañía en Alemania, Francia, EE.UU., Argentina, México y Brasil, lo que incluye a John Deere Ibérica, S.A. entre las 160 primeras empresas exportadoras de nuestro país.

Fig. 2.10: Maquinaria de muestra a la entrada de la fábrica de Getafe.

La red comercial está formada por 71 Concesionarios y más de 163 puntos de servicio, en los que trabajan permanentemente más de 1.300 profesionales, que son formados en las instalaciones de la compañía para atender las necesidades de los clientes en cualquier punto de España y Portugal.

Las instalaciones de la factoría ocupan una superficie cubierta de 60.000 m² sobre un área total de 20 hectáreas de parcela. La fábrica, en la que trabajan cerca de 800 personas, está constituida por cuatro divisiones de producción especializada que incluyen diversos componentes y conjuntos de alta calidad.

Estas divisiones de producción están ubicadas en cuatro mini fábricas correspondientes y son: *Ejes y Engranajes*, *Cajas Ligeras de Transmisión*, *Cajas Pesadas de Transmisión* y *Mandos Finales*. Cada una de las mini fábricas se divide a su vez en varias células de fabricación (en el caso de mecanizado para *Ejes y Engranajes* y *Mandos Finales*) y montaje (para el caso de *Cajas Ligeras* y *Cajas Pesadas*).

2.4.3 PRODUCTOS DE JOHN DEERE IBÉRICA

En este apartado haremos un despliegue de cada tipo de producto que John Deere Ibérica fabrica en sus instalaciones: ejes y engranajes, Mandos finales y enganches tripulantes, cajas ligeras de transmisión y cajas pesadas de transmisión. Cada tipo de producto se fabrica en una nave especializada.

EJES Y ENGRANAJES

El área de producción de ejes y engranajes fabrica piezas vitales para las divisiones de cajas de transmisión y engranajes de distribución de los motores de John Deere que se producen en Dubuque y Waterloo (EEUU), Saran (Francia), Torreón (Méjico) y Rosario (Argentina).

Fig2.11: Vista general de la mini fábrica de ejes y engranajes.

La materia prima son piezas de forja y aceros de alta calidad, y la clave de la fabricación de estos componentes se basa en una mecanización de precisión, minuciosidad en los procesos de tratamiento térmico y un control de calidad continuo y riguroso.

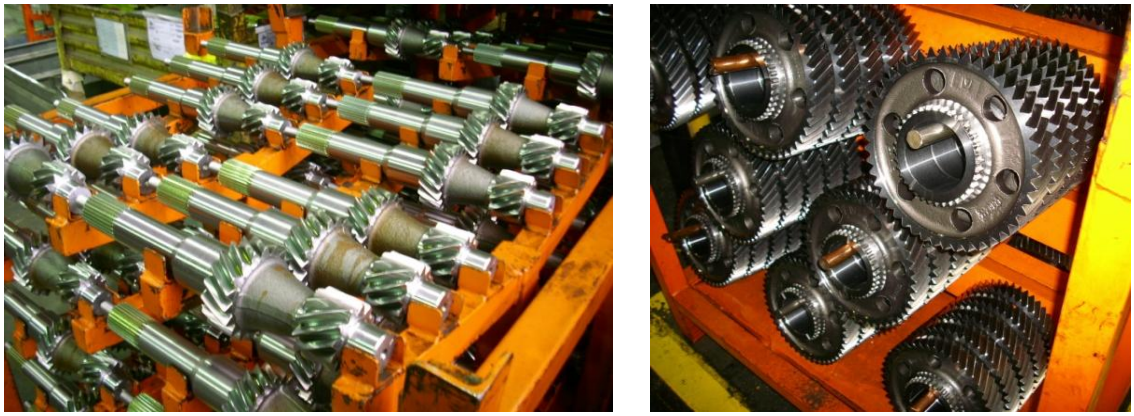


Fig. 2.12: Ejes y engranajes mecanizados en John Deere Ibérica.

MANDOS FINALES Y ENGANCHES TRIPUNTALES

La producción especializada de mandos finales y enganches tripuntales para tractores de muy diversa potencia, está programada para atender la demanda de las factorías de tractores de Mannheim (Alemania), Augusta (EEUU), Saltillo (Méjico) y Horizontina (Brasil) para los enganches de tres puntos y de mandos finales para las fábricas de Harvester, Dubuque, Davenport y Des Moines (EEUU) y Zweibruecken (Alemania).

Fig. 2.13: Mandos finales y enganches tripuntales producidos en John Deere Ibérica.

CAJAS PESADAS DE TRANSMISIÓN

Se denominan cajas pesadas de transmisión a aquellas cuyo peso excede los 100 kg. La factoría de Getafe produce una amplia variedad de cajas de transmisión y mandos finales para máquinas cosechadoras de cereales algodón y forraje, producidas en Harvester y Desmoins (EEUU), Zeibruecken (Alemania) y Brasil.

Fig. 2.14: Cajas pesadas producidas en John Deere Ibérica

CAJAS LIGERAS DE TRANSMISIÓN

Se denominan cajas ligeras de transmisión a aquellas cuyo peso es inferior a los 100 kg. Las cajas ligeras de transmisión se montan en segadoras y tractores para espacios verdes, empacadoras, tractores agrícolas, maquinaria de siega y maquinaria de construcción.

Fig 2.15: Cajas ligeras ensambladas en John Deere Ibérica.

2.4.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE JOHN DEERE IBÉRICA

La estructura organizativa de John Deere Ibérica fábrica se desarrolla en torno a nueve grandes áreas (marcadas en verde) que dependen directamente del Consejero Delegado de John Deere Ibérica (marcada en azul), tal y como muestra el gráfico siguiente:

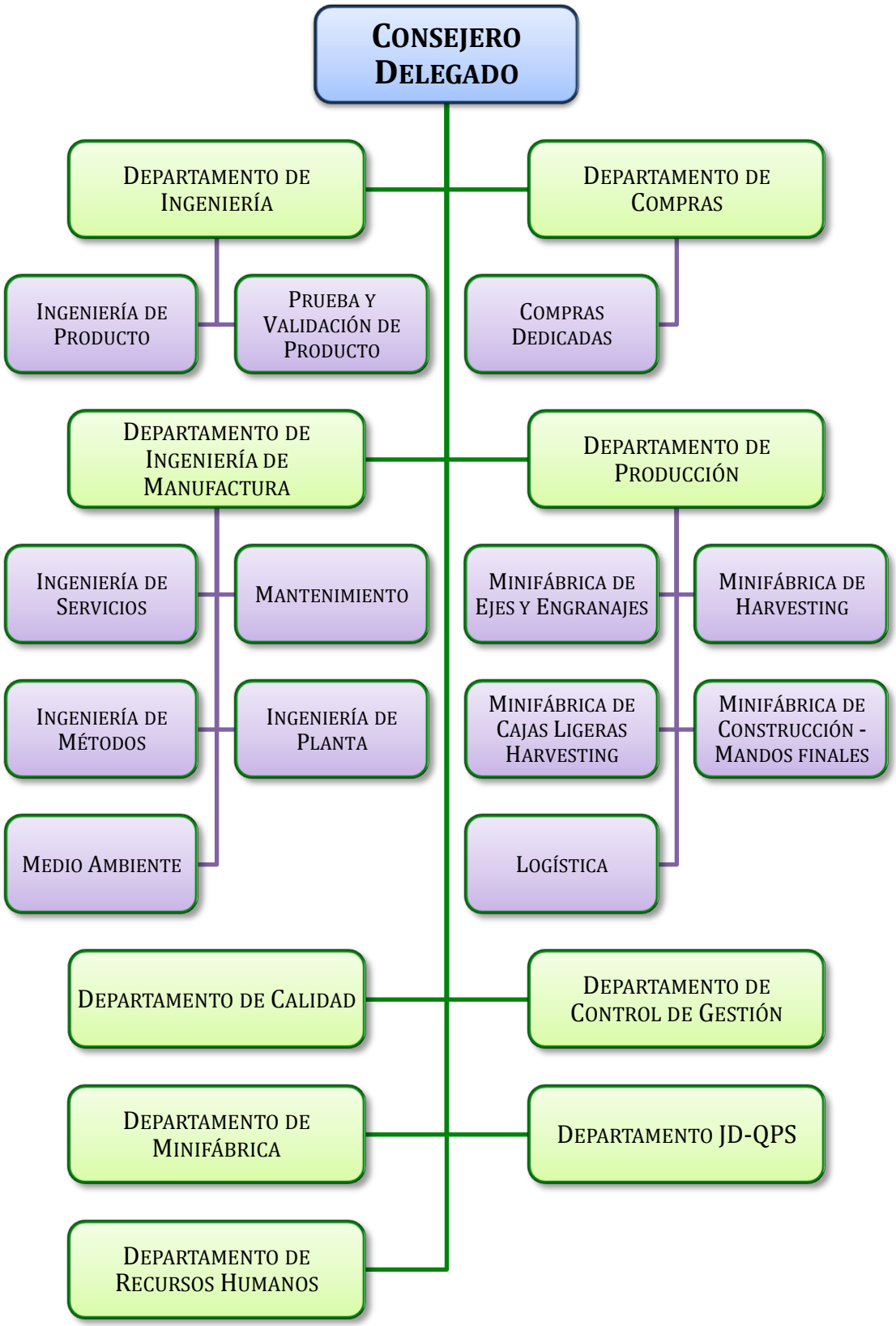


Fig. 2.16: Diagrama de la estructura organizativa de John Deere Ibérica.

Podemos ubicar el Proyecto fin de Carrera en el área de Ingeniería de Manufactura, abarcando tareas pertenecientes a los departamentos de Ingeniería de Planta e Ingeniería de Métodos que se irán describiendo más detalladamente a medida que sean desempeñadas dentro del organigrama de John Deere.

Fig. 2.17: Cosechadora John Deere.

III

LA MINI FÁBRICA DE EJES Y ENGRANAJES: SITUACIÓN INICIAL

A lo largo de este capítulo llevaremos a cabo una descripción detallada de la mini fábrica de *Ejes y Engranajes*, desde su ubicación dentro de la fábrica, las actividades desarrolladas en la misma y su gestión, hasta su disposición en planta, una breve introducción a los tiempos estándar, a sus costes de fabricación y a otros datos de tipo analítico.

3.1 UBICACIÓN DE LA MINI FÁBRICA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA FÁBRICA

Tal y como se describió en el capítulo anterior, la fábrica de Getafe cuenta con cuatro mini fábricas: *Cajas Ligeras de Transmisión*, *Cajas Pesadas de Transmisión*, *Mandos Finales* y *Ejes y Engranajes*. Cada una de ellas pueden ocupar el espacio de una o varias naves, dependiendo de sus requisitos. En las tres primeras tienen lugar las operaciones de ensamblaje, montaje, pintura, embalaje, reproceso y algún proceso de mecanizado (fundamentalmente de carcasas).

Será en la mini fábrica de *Ejes y Engranajes* donde se llevarán a cabo las actividades que suponen la base de nuestro proyecto, y por tanto aquella en la que nos centraremos a lo largo del documento. En ella tienen lugar las operaciones de mecanizado de ejes y engranajes (nave 1), tratamiento térmico (nave 1) y rectificado (nave 6), las cuales serán definidas en detalle a en el

siguiente apartado. La situación de las naves correspondientes a la mini fábrica de *Ejes y Engranajes* se puede observar en la siguiente figura:

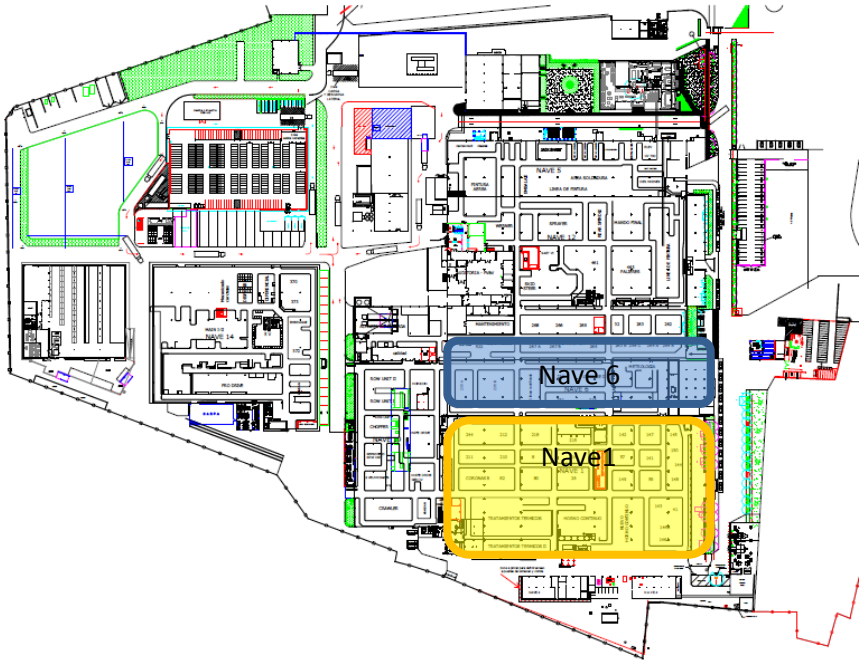


Fig. 3.1: Plano general de la fábrica de John Deere Ibérica

3.1.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA MINI FÁBRICA DE EJES Y ENGRANAJES

El objetivo de este apartado es llevar a cabo una descripción general de carácter teórico de la secuencia de operaciones necesarias que posibilitan la obtención de las piezas (ejes y engranajes), empleadas posteriormente bien en montajes finales, sub-montajes, para su venta, o como repuestos.

3.1.2.1 OPERACIONES DE MECANIZADO EN JOHN DEERE IBÉRICA

El mecanizado se trata de un proceso de fabricación en el que se obtienen productos finales o semi elaborados a partir de piezas previamente forjadas o moldeadas. Dentro del mecanizado se puede distinguir el mecanizado por arranque de viruta y el mecanizado por abrasión, que se conoce como rectificado.

Mecanizado por arranque de viruta

En el mecanizado por arranque de viruta, el material es cortado con una cuchilla generando un desperdicio denominado viruta. Es importante tener en cuenta las características de la pieza y del proceso y de esta forma seleccionar el material de la herramienta de corte más adecuado. Dentro de las operaciones de mecanizado por arranque de viruta se pueden distinguir las operaciones de desbaste y de acabado. La primera da lugar a piezas con menor precisión dimensional, y se emplea cuando la cantidad de material a extraer de la pieza es muy grande, tratando de que la profundidad del mecanizado sea lo mayor posible dentro de los parámetros permitidos por los fabricantes de las herramientas de corte. Las operaciones de acabado se emplean, como su propio nombre indica, para el acabado de las piezas, donde se requiere mayor precisión dimensional.

Fig. 3.2: Mecanizado por arranque de viruta

A continuación pasaremos a enumerar las principales operaciones de mecanizado por arranque de viruta que tienen lugar en la nave 1, dentro de la mini fábrica de *Ejes y Engranajes*:

Torneado

Se trata de una serie de operaciones de mecanizado con arranque de viruta utilizadas fundamentalmente en piezas de revolución. Para ello se emplean máquinas herramientas denominadas tornos, que son de características muy distintas en función de la pieza a mecanizar. Las piezas se fijan en el plato del torno, que realiza el movimiento de corte girando sobre su eje. Es la máquina herramienta la que realiza el movimiento de avance y penetración, arrancando la cantidad de viruta requerida en cada una de las distintas pasadas.

Los tornos empleados en JDISA son, en su mayoría, de tipo CNC (controlados numéricamente por ordenador), siendo muy adecuados para el mecanizado de piezas de revolución, debido a que permite una elevada precisión, y permite mecanizar piezas complejas a un ritmo de producción más que aceptable.

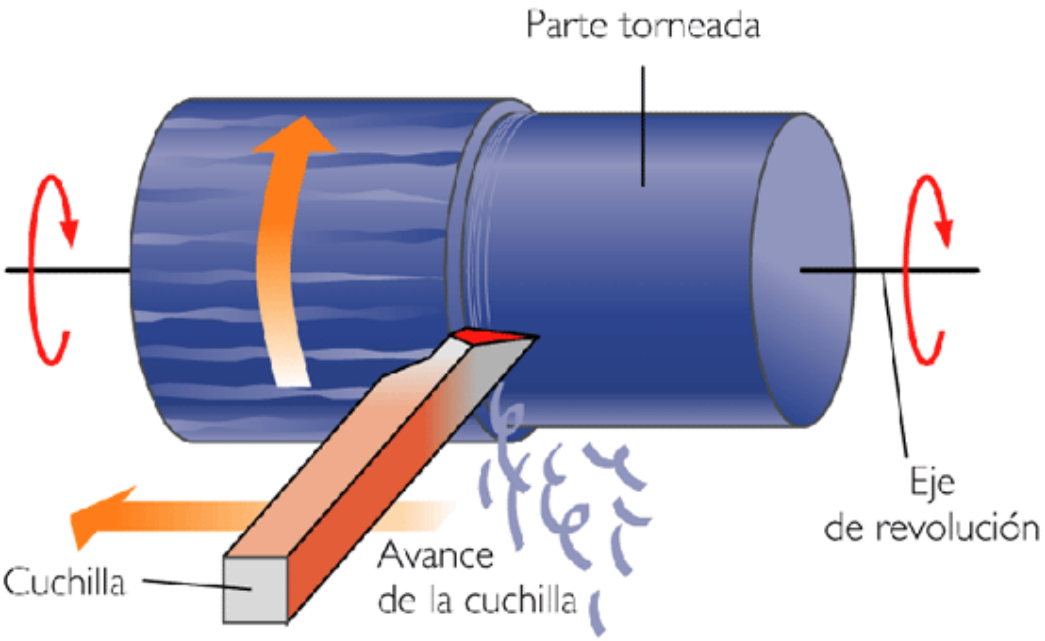


Fig. 3.3: Cilindrado

La principal ventaja es que la secuencia de operaciones a realizar, así como los parámetros (velocidad de giro del cabezal, longitud, profundidad, avance…), son introducidas previamente por el programador, de forma que el operario se limita a ubicar la pieza en el torno y, posteriormente comprobar que las operaciones se han realizado de forma correcta, midiendo algunas características críticas de la pieza, como por ejemplo la distancia entre dientes, el diámetro interior/exterior, y comprobando que se encuentran dentro de unos valores aceptables. Si no es así, es preciso reprogramar los valores necesarios, en la máquina/herramienta.

Dentro de las operaciones de torneado podemos destacar el cilindrado (mecanizado paralelo al eje de giro del cilindro de partida, con objetivo de reducir diámetro), el mandrinado (similar al cilindrado pero interior), el refrentado (mecanizado perpendicular al eje de giro del cilindro de partida, para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas), el ranurado (mecanizado perpendicular al eje de giro del cilindro, se utiliza para hacer ranuras en piezas), el roscado (para realizar roscas interiores y exteriores sobre la pieza), el cilindrado cónico…

Tallado

El tallado se emplea para generar perfiles de dientes en piezas de revolución. Para este proceso se utilizan máquinas herramientas llamadas fresadoras o talladoras, las cuales, giran en torno a un eje y van generando el perfil del dentado requerido en cada pieza. La fresa realiza los movimientos de corte girando sobre su eje, mientras que los movimientos de avance y penetración los realiza la pieza a mecanizar, en este caso los ejes y engranajes.

Fig. 3.4: Tallado

El nivel tecnológico alcanzado en el mecanizado de engranajes es cada vez más elevado, tanto en las máquinas como en las herramientas empleadas para mecanizarlo. Por lo tanto, actualmente en John Deere Ibérica se dispone de talladoras, con unas prestaciones cada vez más completas. Entre estas prestaciones se puede incluir, por ejemplo, el cargador automático de fresas, que permite la sustitución de forma automática de la fresa madre, cuando se detecta que esta se ha desgastado, o después de un número determinado de operaciones, garantizando el tallado de ejes y engranajes óptimo y reduciendo el número de defectos existentes en los mismos. Asimismo, se está estudiando la posibilidad de emplear como lubricante una mezcla de aire y aceite pobre en este último, de forma que las piezas salen más limpias, y el gasto en lubricante es menor. Su aprobación está a expensas de probar cómo afecta el nuevo lubricante a la vida de las herramientas, debido a que su poder refrigerante es inferior.

Las fresas utilizadas para el tallado de engranajes, por lo general, admiten un número muy elevado de afilados cuando el filo de corte se ha deteriorado. El número de afilados depende del material de la fresa y del desgaste de las mismas, existiendo un máximo de afilados que garantiza el corte óptimo por

parte de la herramienta. No obstante, se suelen recubrir para que el desgaste sea menor, siendo necesario el reafilado cuando desaparece casi por completo dicho recubrimiento. El recubrimiento de la herramienta garantiza una mayor vida útil de las herramientas.

La vida útil de las herramientas, así como el coste del reafilado, son dos factores decisivos a la hora de tomar decisiones, ya que afectan a los costes directos de producción. También afectan a los tiempos totales de producción del proceso de mecanizado, al ser necesaria la parada de la máquina (y en consecuencia de la producción) cada vez que se desgaste la herramienta. Ese tiempo se conoce como tiempo de cambio de herramienta.

Igualmente, en las talladoras tienen lugar las operaciones de chaflanado (suavizado del perfil del diente que facilita el engrane cuando se producen los cambios de marcha) o redondeado de dientes.

Rebabado

Después de llevar a cabo el proceso de tallado, existe el problema de que las virutas resultantes de la operación quedan “adheridas” a los dientes de las piezas. Esto ocurre fundamentalmente en la zona de salida de la herramienta de corte debido a los perfiles de las fresas empleadas (ángulos de incidencia y de desprendimiento) por lo que es necesaria su eliminación. Para ello se suelen utilizar unas máquinas herramientas diseñadas para ese fin que reciben el nombre de rebabadoras. En caso de que sigan quedando rebabas se procede a una eliminación de las mismas de forma manual mediante el empleo de limas.

Marcado

Tiene como misión fundamental fijar la referencia de cada una de las distintas piezas que se han sometido a las operaciones citadas previamente. Dicha referencia viene en la pieza “en verde” enviada por el proveedor, pero es probable que desaparezca con el torneado de estas (muchas son futuros ejes que se cilindran). Por tanto, para facilitar el seguimiento de las piezas, la circulación de las mismas entre los múltiples centros de trabajo, la tarea logística… es necesario volver a situar la referencia en un lugar visible por medio de las marcadoras.

Afeitado

Tiene lugar después de realizar todas las operaciones previamente descritas. Se lleva a cabo en máquinas herramientas denominadas afeitadoras, que tienen como objetivo mejorar el acabado superficial de ejes y engranajes (mejorar la precisión dimensional) y reducir la medida cordal entre dientes.

Mecanizado por abrasión

Es un procedimiento de conformación basado en la acción cortante de unos cuerpos abrasivos llamados muelas. Estas muelas están constituidas por los granos abrasivos, cuya dureza es superior al del material sobre el que se trabaja, y un producto aglomerante que tiene como misión principal mantener aglutinados los granos en la herramienta de corte.

Granos abrasivos: Son granos de tamaño mínimo que se caracterizan por que poseen gran dureza y resistencia al calor, y que por tanto, están especialmente indicados para las operaciones de rectificado, en donde se trabaja con materiales templados y a altas temperaturas.

Estos granos se cohesionan por medio del aglomerante, que no llega a ocupar todo el espacio inter granular, sino que aparece dejando poros de tamaño variable. Estos poros son imprescindibles para un mecanizado correcto, ya que el material arrancado por los granos se deposita en estos poros y son proyectados por la fuerza centrífuga.

Clases de abrasivos: Existen fundamentalmente dos tipos de abrasivos, los naturales (cuarzo, corindón natural), y los artificiales, siendo estos últimos los más utilizados. Dentro de los abrasivos artificiales destacamos:

- Corindón artificial: Adecuado para trabajar materiales tenaces como la mayoría de los aceros, hierro dulce, bronce tenaz…Su dureza en la escala de Mohs es de 9,21.
- Carburo de silicio: Es más duro que el corindón pero menos tenaz, por lo que se emplea para mecanizar materiales quebradizos como metal duro o fundición, o para materiales dúctiles muy blandos como el latón y el aluminio.

Tamaño de grano: Los granos abrasivos se obtienen en bloques grandes que son triturados, molidos y clasificados en tamaños por medio de tamices. Estos tamaños se designan por un número que indica el número de hilos por pulgada lineal que tiene el tamiz empleado.

Aglomerante: Se trata de la liga o cemento que mantiene unidos los granos abrasivos de una muela. Se designan por una letra específica, siendo cuatro los principales.

- Vitrificado (V): Es el más común. Tiene una gran capacidad abrasiva, debido a su porosidad, y es insensible a la humedad. Como inconveniente principal es que es frágil ante choques mecánicos y térmicos.
- Risinoide (B): Ideal para discos de corte por abrasión, y para usarse en muelas de alta velocidad.
- Goma (G): Deben funcionar a gran velocidad para que la fuerza centrífuga mantenga el perfil.
- Silicato (S): No suele emplearse en el rectificado de precisión.

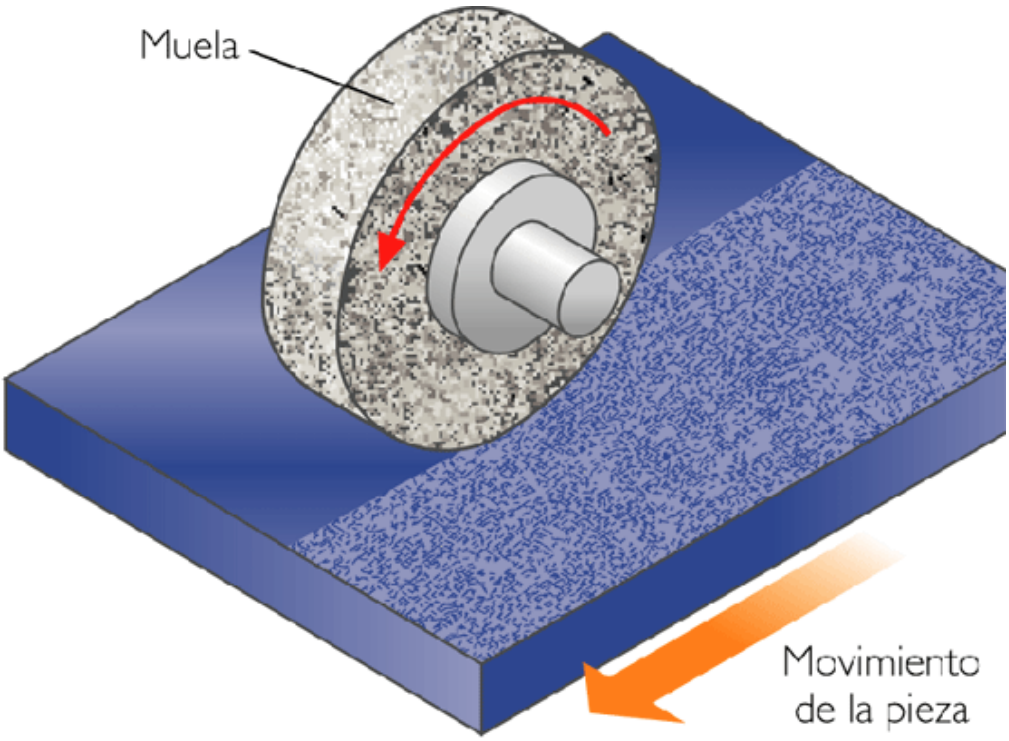


Fig. 3.5: Rectificado tangencial

Grado de dureza de una muela: Se define como la mayor o menor tenacidad con la que el aglomerante retiene los granos del abrasivo. Se llaman muelas blandas aquellas en la que sus granos se separan fácilmente durante el trabajo, y se llaman duras aquellas en donde sucede lo contrario. Los factores a considerar a la hora de elegir el grado de dureza de una muela son:

- Características del material a mecanizar: Las muelas blandas se emplean para mecanizar materiales duros y viceversa. Para mecanizar aceros templados se deben emplear muelas de dureza media.
- Precisión de mecanizado: Al aumentar la precisión del mecanizado, el grado de dureza de la muela debe aumentar.
- Forma de la superficie a mecanizar: Para el rectificado plano las muelas deberán ser blandas, mientras que para rectificar piezas con radios pequeños, o perfiles complicados es necesario aumentar la dureza de la muela.
- Velocidad de corte: A mayor velocidad la muela se comporta como si tuviera mayor grado que el que realmente le corresponde. Si una muela no alcanza la velocidad apropiada, debido a las condiciones de trabajo, su grado de dureza deberá ser mayor de lo normal.

Estructura: Se entiende por estructura a la relación entre el grano, el aglomerante y la porosidad:

- Estructura compacta o cerrada: Tiene los poros muy pequeños y los granos casi juntos. Se emplean para acabados finos y rectificados de precisión.
- Estructura abierta: Tiene los granos separados y grandes poros entre ellos. Se emplean para trabajos donde exista peligro de sobrecalentamiento, por que su porosidad favorece la penetración del refrigerante.

Tipos de rectificado: Como todas las operaciones de conformado por desprendimiento de material, el rectificado requiere de la conjunción de tres movimientos, el de corte, realizado por la muela, el de avance, realizado por la pieza, y el de penetración, que también suele efectuarlo la muela. Asimismo, se pueden considerar varios tipos de rectificado en función de la forma de la pieza a rectificar y de las posiciones entre pieza y muela. Podemos destacar las siguientes:

- Rectificado plano con muela frontal: El eje de la muela es perpendicular a la superficie a rectificar. La muela cilíndrica ataca a la pieza por su cara frontal mientras gira a una velocidad de corte determinada, al mismo tiempo que avanza periódicamente en dirección axial hacia la pieza, lo que constituye el movimiento de penetración.

- Rectificado plano con muela tangencial: En este caso el eje de la muela es paralela a la superficie a mecanizar. Se consiguen rectificados de mayor calidad superficial y precisión, debido al escaso contacto entre la pieza y la muela.

- Rectificado cilíndrico exterior: Se produce un movimiento de rotación de la muela que, a su vez, dispone de otro trasversal que origina la profundidad de pasada.

- Rectificado cilíndrico interior: Los movimientos son idénticos que en el caso anterior, solo cambia la disposición de la muela y la forma de sujetar la pieza.

- Rectificado sin centros: Consta de una muela de trabajo, que gira a velocidad v_m , y de otra de menor diámetro, llamada muela de arrastre, que se mueve en el mismo sentido que la primera y cuyo eje está ligeramente inclinado. La pieza a rectificar se encuentra aprisionada entre el par de muelas y una regla de gran dureza, que la sostiene por su parte inferior.

- Rectificado de perfiles: Exige la preparación previa de la muela a emplear de modo que esta adquiera la forma que se desea obtener.

- Rectificados especiales: Se refieren a superficies cuya rectificación suele ser problemática y exige, casi siempre, el empleo de maquinaria específica. Tal es el caso del rectificado de los filetes de una rosca, los flancos de los dientes de una rueda dentada, el perfil de una leva.

Ventajas: Se trata de un proceso en el que la herramienta de corte permite arrancar virutas de un tamaño microscópico, que serían incapaces de arrancarse por otros procedimientos. Por tanto, con el rectificado se consiguen precisiones y acabados superficiales deseables.

Asimismo, la dureza de los granos abrasivos permite mecanizar piezas que han sido tratadas térmicamente con anterioridad, ya que dicho tratamiento térmico ha podido influir en las dimensiones finales de la pieza al producirse dilatación

de la misma. Por lo tanto, el rectificado permite corregir las desviaciones dimensionales de las piezas tratadas térmicamente y conseguir el acabado de precisión demandado.

3.1.2.2 TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN JOHN DEERE IBÉRICA

Las piezas, después del mecanizado, presentan la forma y dimensiones finales, pero tienen como inconveniente, que las propiedades mecánicas son las del material de partida, y por tanto, en ocasiones, no cumplen con los requerimientos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las mismas en el conjunto.

Con el objetivo fundamental de adecuar las propiedades mecánicas de las piezas que han sido mecanizadas previamente, estas se someten a distintos tratamientos térmicos. La serie de tratamientos térmicos aplicados a una pieza dependerá de la composición química de la pieza y de su funcionalidad posterior y dará lugar a una composición química y estructura cristalina con las propiedades mecánicas adecuadas para su uso posterior.

El tratamiento térmico hace referencia al proceso tecnológico en el que se somete un componente metálico a una variación de temperatura programada con el fin de modificar su estructura en estado sólido y adecuar sus propiedades para los fines a los que se destina. En ocasiones, la aplicación del programa de temperatura puede ir acompañada de una modificación localizada de la composición química o de la imposición simultánea de unas solicitaciones mecánicas prefijadas de modo que se llega a una estructura condicionada por el proceso de deformación. Los tratamientos del primero de estos tipos se denominan termoquímicos, mientras que los del segundo se conocen con el calificativo de termo mecánicos.

Los tratamientos térmicos propiamente dichos (excluyendo tratamientos termoquímicos y termo mecánicos) se pueden clasificar atendiendo, entre otros criterios, a la naturaleza de los cambios estructurales que provocan. Conforme a este aspecto, los tratamientos térmicos se pueden agrupar en tres categorías:

1. Tratamientos que buscan aproximar la estructura del metal a la de equilibrio. Estos tratamientos térmicos, que se caracterizan por enfriamientos relativa-

mente lentos, reciben el nombre genérico de *recocidos*. Pueden clasificarse en función de sus objetivos en:

- Recocido de homogeneización.
- Recocido de regeneración.
- Recocido de recristalización.
- Recocido de ablandamiento.
- Recocidos de atenuación relajación.
- Recocido de deshidrogenación.

2. En este segundo grupo, se incluyen aquellos tratamientos que fijan a temperatura ambiente una estructura de no equilibrio. Estos tratamientos, que se caracterizan porque los enfriamientos con los que finalizan son suficientemente rápidos para evitar la formación de estructuras de equilibrio, se pueden subdividir a su vez en dos clases:

   - *Tratamientos de solubilización / hipertemples*: son tratamientos térmicos que congelan a temperatura ambiente estructuras que corresponden a un equilibrio a temperaturas más elevadas.
   - *Temples*: son tratamientos que buscan provocar descomposición de fases en equilibrio a temperaturas elevadas en otras metaestables.

3. En la mayoría de las ocasiones, las piezas que han sufrido un tratamiento del tipo 2 no son directamente utilizables. Los tratamientos del apartado anterior van, en estos casos, seguidos de otro tratamiento que busca obtener una estructura más estable. Los tratamientos de este tercer tipo pueden ser de dos clases diferentes dependiendo de la naturaleza del tratamiento previo:

   - *Maduración*: las soluciones sobresaturadas que resultan de los tratamientos de solubilización se suelen someter a un calentamiento posterior hasta una temperatura inferior a la del solvus para provocar la precipitación del soluto que se encuentra disuelto en exceso. Con estos tratamientos se busca obtener una dispersión fina de las partículas de la segunda fase, distribución que resulta especialmente favorable desde el punto de vista de las propiedades mecánicas.

- *Revenido*: un temple siempre viene seguido de un revenido, un tratamiento subcrítico que tiene como finalidad descomponer en mayor o menor medida las fases metaestables que se formaron en el tratamiento previo. La temperatura de revenido determina generalmente la extensión de la descomposición de las fases no estables y, en consecuencia, la microestructura y propiedades de la pieza trazada.

La ubicación de los tratamientos térmicos en John Deere Ibérica tiene lugar en la nave 1. En ella se encuentran varios hornos (continuo, intermitente de revenido…), ocupando una gran superficie en dicha nave.

3.1.2.3 TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS EN JOHN DEERE IBÉRICA: CEMENTACIÓN

Son muy numerosas las aplicaciones prácticas que precisan de piezas con una gran dureza superficial y que, sin embargo, presenten tenacidad elevada. Aunque las dos características son, en principio, opuestas, pueden conseguirse mediante la aplicación de tratamientos termoquímicos a aceros de bajo contenido en carbono y, por tanto, de tenacidad alta, que modifiquen la composición química de la periferia. El más antiguo y utilizado de los tratamientos superficiales termoquímicos es el de cementación.

La cementación permite aumentar el contenido en carbono de la superficie del acero hasta un valor próximo al eutectoide y, posteriormente, un temple adecuado proporciona durezas en la periferia superiores a los 60 HRC, mientras que el núcleo conserva las propiedades inherentes a los aceros dulces.

La introducción de carbono en la superficie del acero es un proceso difusivo que depende de la temperatura y tiempo del tratamiento, de la composición química del acero y del llamado “potencial de carbono” del medio cementante, que puede definirse como el porcentaje de carbono máximo que adquiere superficialmente un acero no aleado en contacto con un medio cementante determinado.

Para acortar los tiempos de tratamiento y, por tanto, los costes de la cementación se utilizan temperaturas elevadas, habitualmente entre 825º y 925ºC, y medios cementantes con potencial de carbono alto, entre 1 y 1’20%.

Conviene distinguir entre capa cementada y capa dura. Se llama capa cementada a aquélla cuyo contenido en carbono es superior al del acero, mientras que capa dura es la parte de la capa cementada que tras el temple posterior queda con durezas superiores a 550 HV. El perfil de durezas de la capa cementada es similar al reflejado en la figura 3.6.

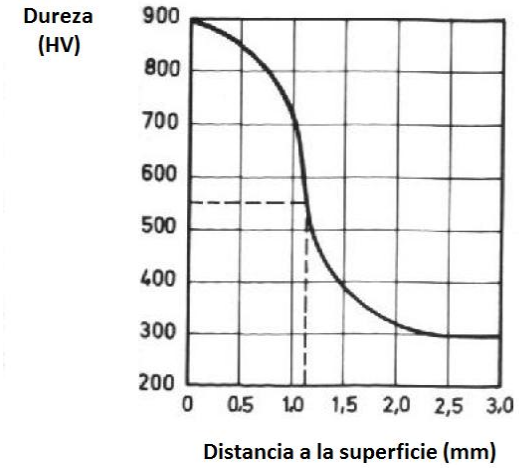


Fig. 3.6: Perfil de durezas vs distancia a la superficie.

En la práctica industrial la determinación de temperaturas y tiempos de cementación, así como los del recocido difusor, se efectúan, para un medio con potencial de carbono dado, mediante ensayos previos con redondos del acero a cementar.

Es también habitual la protección de ciertas partes de las piezas que no se desea endurecer (roscas, chaveteros, agujeros, etc.). Para ello pueden utilizarse pinturas refractarias especiales, cobreado electrolítico o, a veces, pueden dejarse espesores suplementarios en ellas, que se eliminan por mecanizado tras la cementación y antes del temple.

En cuanto a los procesos de cementación, éstos pueden ser en medio sólido, líquido o gaseoso.

- La *cementación sólida* se realiza recubriendo las piezas, dispuestas en cajas de acero refractario, de mezclas de carbón vegetal, carbonatos bárico y sódico y coque. Una vez cerradas las cajas, y selladas las juntas, se calientan en hornos a temperaturas entre 850º y 950ºC.

La cementación sólida está en desuso por los costes de preparación y mantenimiento de las cajas de cementación, los tiempos muy largos de tratamiento precisos y la imposibilidad de automatizar las instalaciones. Por otra parte, la irregularidad de resultados obtenidos se debe principalmente a la ausencia de control de la atmósfera en el interior de las cajas de cementación, y a la diferencia de temperaturas entre distintos puntos de las cajas.

- La cementación líquida se realiza en baños de sales fundidas. Las sales son mezclas de cianuro sódico, cloruros de bario, sodio y potasio y carbonato sódico.

  Debe protegerse el baño del contacto con la atmósfera recubriéndolo con grafito, para evitar la oxidación del cianuro sódico y la formación del cianato, pues la descomposición de éste libera nitrógeno naciente que se difunde también en el acero formando nitruros y limitando la penetración del carbono.

  Por cementación con sales fundidas pueden conseguirse espesores de 0'2 a 3 mm de capa cementada, empleando temperaturas entre 875º y 950ºC y tiempos entre 1 y 25 h, muy similares a las obtenidas en la cementación sólida, siempre y cuando se mantenga por debajo del 0'5% la concentración de cianato. Este proceso es más económico y fácil de controlar que la cementación sólida, prestándose muy bien a la automatización. Su mayor inconveniente reside en la toxicidad de las sales y la necesidad de disponer de instalaciones de captación de gases, ya que aunque éstos no son tóxicos sí que irritan las vías respiratorias. Igualmente, deben ser depuradas las aguas que se emplean para el lavado de las sales adheridas a las piezas tras la cementación pues, además de tóxicas para el hombre, son corrosivas para el acero. La neutralización con hipoclorito sódico del agua elimina la toxicidad.

- La cementación gaseosa, en hornos continuos o estacionarios, está desplazando a los procesos anteriores por el menor coste de operación, facilidad de control y regularidad de resultados obtenidos.

  El gas cementante suele estar formado por un hidrocarburo (metano, propano, butano, etc.), CO, H2, H2O, N2, etc.

  También son muy utilizados los hornos de cementación gaseosa en los que el gas se produce por el goteo en la cámara del horno de líquidos orgánicos de

composición precisa. Estos hornos consiguen una gran regularidad de resultados en la fabricación y en ellos se lleva a cabo la etapa de difusión, finalizada la de cementación, sin más que cortar el goteo del líquido cementante.

Una vez cementada la pieza, y sometida a la etapa de difusión si es necesario, debe templarse para obtener la dureza requerida. El tipo de temple que se efectúe depende del acero utilizado, morfología de la pieza, proceso de cementación efectuado, características que se quieren obtener en el núcleo y la periferia de la pieza y coste máximo inherente al tratamiento.

Por último se indica la secuencia completa de operaciones necesaria para cementar una pieza:

- Mecanizado de la pieza.
- Protección de zonas que no deben endurecer.
- Cementación.
- Difusión.
- Mecanizado final.
- Temple y revenido.
- Rectificado.

Los aceros de cementación pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Aceros al carbono.
- Aceros de baja / media aleación.
- Aceros de alta aleación.

Una vez que se han realizado todas las operaciones de mecanizado necesarias, y por tanto la pieza tiene la forma definitiva, son almacenadas bien en bandejas o bien en soportes metálicos llamados racks, desde donde son transportadas a la zona de tratamientos térmicos.

3.2 ELEMENTOS Y PRODUCTOS DE LA NAVE DE RECTIFICADO

La nave de rectificado (Nave 6) consta de diversas áreas bien diferenciadas como se puede observar en la figura 3.8. Cada una de estas áreas puede ser una célula de trabajo o estar constituida por varias. Cada célula está identificada por un código de tres cifras o incluso a veces, si la célula está constituida por una sola máquina o línea, el nombre de la célula directamente toma la referencia de la máquina. Si las áreas son muy semejantes en cuanto a diseño y función, se le añade una letra que las diferencia.

Por un lado, tenemos dos células de rectificado de engranajes de motor denominados 235-A y 235-B. Dichas células constan de dos líneas de rectificado en el caso de la zona 235-A (líneas 1 y 2 de rectificado) y cuatro en el caso de la 235-B (líneas 3, 4, 5 y 6 de rectificado). Cada una de las líneas está constituida por su respectiva máquina rectificadora, una lavadora y un control de calidad que incluye rodadura. En el caso de la zona 235-A el control de calidad es muy básico (posibles malformaciones, golpes y otros defectos) mientras que las líneas del área 235-B incluyen, además, un control de timming[*1]. Por último destacar que al final de la línea 5 existe un robot automatizado que añade una última operación al rectificado de los engranajes correspondientes.

La célula 233 consta de otras dos líneas de rectificado de engranajes (líneas 7 y 8 de rectificado) con sus respectivas máquinas de rectificado, lavadoras y estaciones de control y rodadura. Aparte de estas dos líneas, existen dos pequeñas máquinas de rectificado de engranajes de transmisión y el banco de rodadura de ejes, que posteriormente lo tendremos en cuenta a lo largo del proyecto.

---

timming[*1]: Hace referencia a una marca que determina la posición relativa del diente con respecto al chavetero. Se comprueba que el ángulo es el adecuado ya que una desviación puede afectar al correcto funcionamiento en el montaje final

Por otro lado, existen otras cuatro células denominadas 231, 232, Y-20-36 e Y-20-22 constituidas preferentemente por células de rectificado, tanto de ejes como de engranajes. En total son hasta seis máquinas destinadas al rectificado de engranajes y cuatro para el rectificado de ejes. También existe en el área 232 una zona de mecanizado y rectificado de útiles necesarios para toda la fábrica.

Cabe también destacar que en ambos laterales de la nave, junto a la pared, se acumula material a modo de almacén. Este material puede ser de dos clases:

Material en Proceso: son ejes o engranajes a la espera de recibir la operación en la célula correspondiente. Los que necesitan ser tratados en más de una célula no suelen tener una posición fija asignada en esta área de almacenamiento.

Fig. 3.7: Racks y contenedores con material en proceso

Material Terminado: son ejes y engranajes a la espera de ser llevado al almacén de ejes y engranajes o lo que en la fábrica denominamos "*supermercado*". Este material si tiene una posición fija asignada en el área de almacenamiento de ejes y engranajes.

Figura 3.9

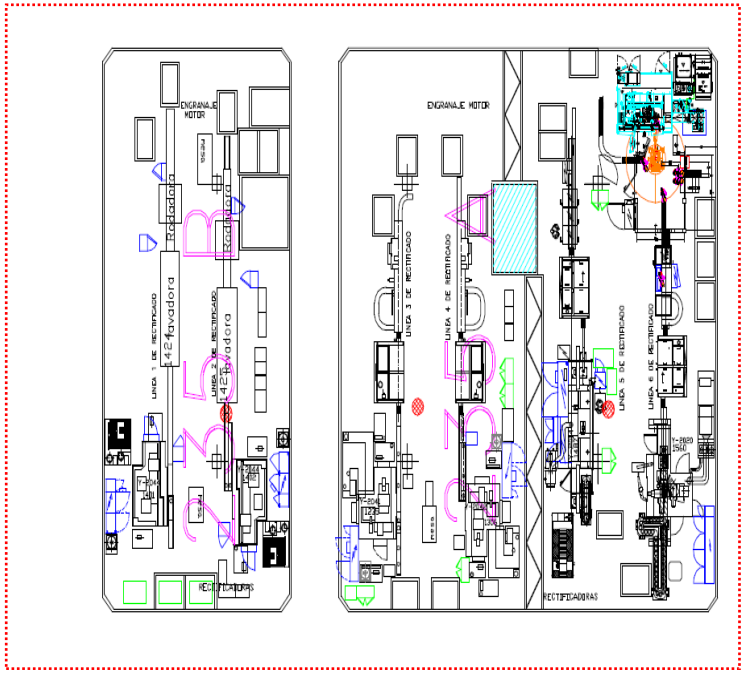


Figura 3.10

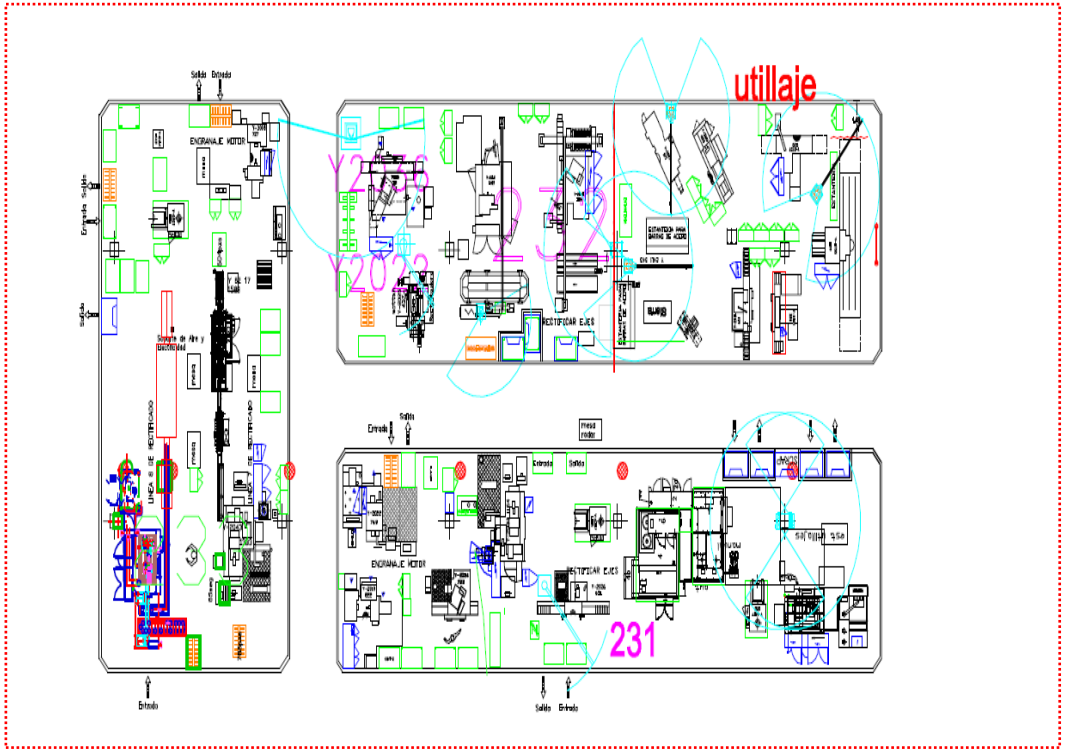


Fig. 3.8: División de la nave 6 de rectificado en sus dos áreas principales

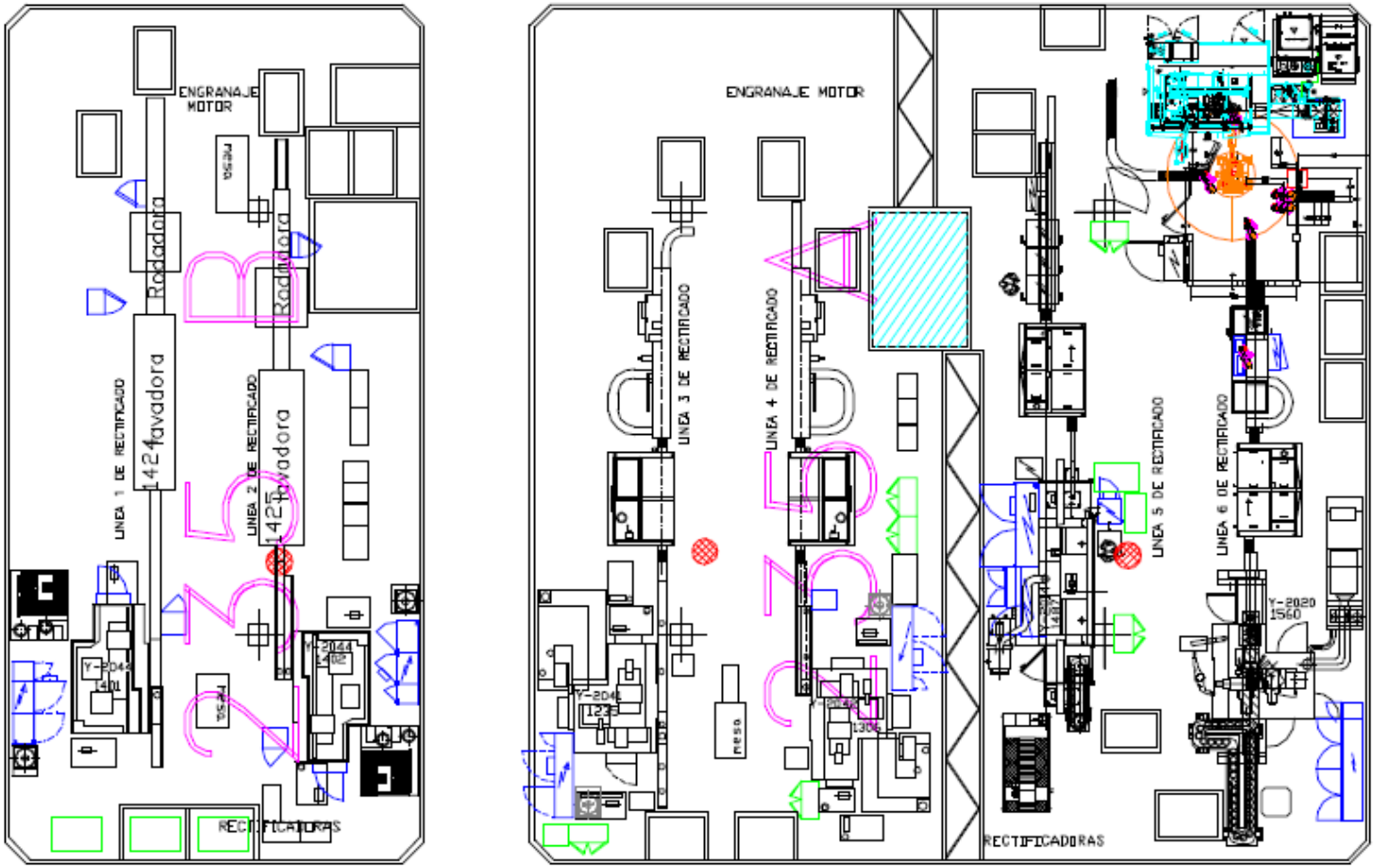


Fig. 3.9: Células 235 B y 235 A de rectificado de engranajes de motor.

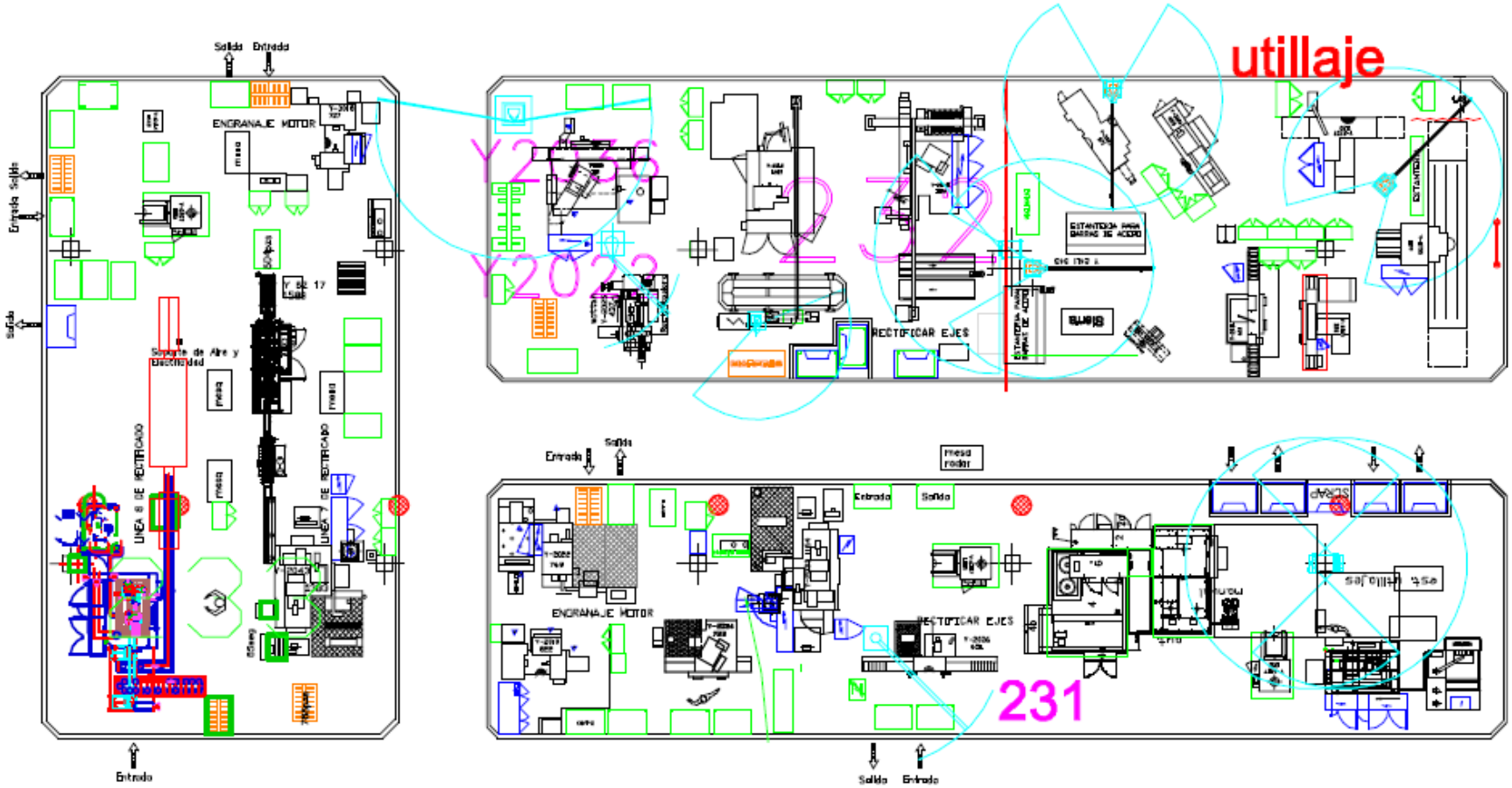


Fig. 3.10: Utillaje, células de rectificado de ejes y engranajes de transmisión y líneas 7 y 8 de rectificado de engranajes motor.

3.2.1 CÉLULAS DE RECTIFICADO DE EJES

En este proyecto nos vamos a centrar en las máquinas de rectificado de ejes obviando los cambios que sucederán en la parte de engranajes. Más concretamente, nos centraremos en las máquinas Fortuna (Y-20-26 e Y-20-34) y Schaudt (Y-20-36), pasando ligeramente por las máquinas Dánobat (Y-20-40) y Tachella (Y-20-12). Todas las máquinas que constituyen estas células son rectificadoras de exteriores.

3.2.1.1 CÉLULA 231: RECTIFICADORAS FORTUNA.

Estas dos rectificadoras de exteriores de carga manual están constituidas básicamente por las propias máquinas procedentes del fabricante Fortuna. De origen alemán, pese a ser diferentes modelos, cumplen exactamente con la misma función, poseen las mismas características y calidades, y cumplen con los

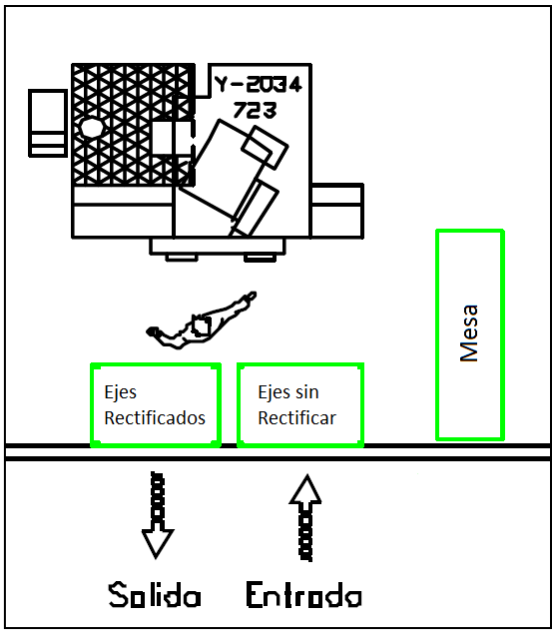


Fig. 3.11: Layout de rectificadora Fortuna Y-20-26 y su correspondiente fotografía.

mismos estándares. Por tanto, son capaces de rectificar los mismos ejes. La mayor diferencia entre ambas máquinas, es que a correspondiente al número de serie Y-20-26, posee una bancada mayor que la de número de serie Y-20-34. Esta diferencia se puede apreciar perfectamente si comparamos visualmente las figuras 3.11 y 3.12. Al ser máquinas más antiguas, están capacitadas para el rectificado de ejes con características específicas en cuanto a peso máximo, longitud del eje o diámetro del mismo. Asimismo, la carga y descarga en estas máquinas es manual y la realiza el operario bien por sí mismo o bien

ayudándose de un polipasto, lo mismo ocurre con la apertura y cierre de las puertas de seguridad de la máquina.

La rectificadora Y-20-26 fue adquirida en el año 1977. Ésta posee una mesa alargada compartida con su gemela Y-20-34 (adquirida en 1979) en donde se almacenan documentos, pequeños útiles y herramientas. La existencia de un polipasto en el puesto de trabajo de la máquina Y-20-26 permite la manipulación de material más pesado que por ergonomía está prohibido manipular sin esta ayuda.

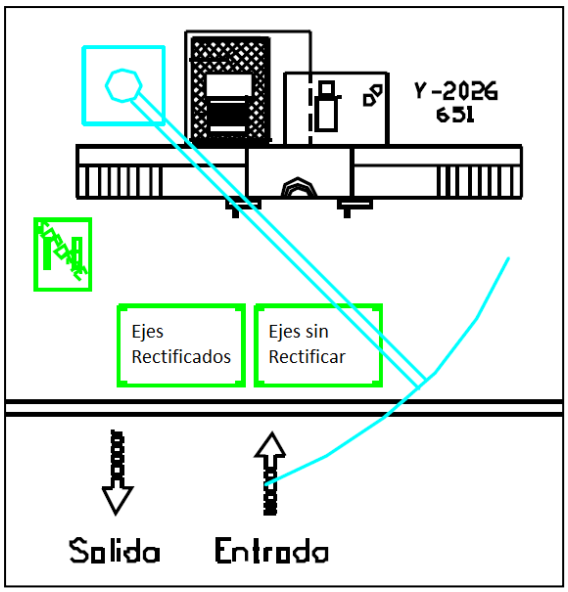


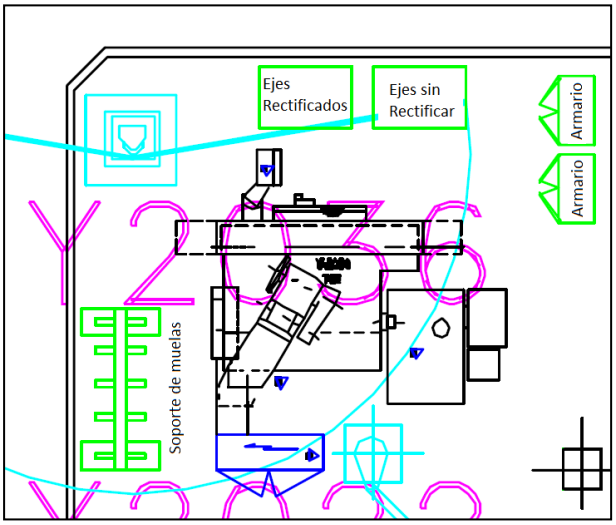
Fig. 3.12: Layout de la rectificadora Fortuna Y-20-34 y su correspondiente fotografía.

Ambas células poseen dos soportes metálicos de suelo donde se ubicarán bandejas metálicas con ejes. En uno de los soportes se situarán los ejes a rectificar (entrada) y en el otro, los ya rectificados (salida). Cuando se hayan terminado de rectificar todos los ejes correspondientes, la bandeja vacía (entrada) se traslada a una zona de contenedores vacíos pegada a la pared de la misma nave, mientras que el contenedor de ejes ya rectificados (salida) se traslada a una zona de salida de la propia célula, donde se acumula material ya rectificado de la misma célula a la espera de ser trasladado a una zona de entrada de otra célula.

3.2.1.2 CÉLULA Y-20-36: RECTIFICADORA SCHAUDT

Esta célula está constituida por una máquina rectificadora de ejes del fabricante Schaudt, de origen alemán. Como ya se puede apreciar visualmente, también es una máquina antigua. Su adquisición data por el año 1976. Como en los puestos de trabajo anteriores, existen un par de soportes metálicos para la entrada y salida de bandejas con material para rectificar y ya rectificado respectivamente.

Fig. 3.13: Layout Schaudt Y-2036 y su correspondiente fotografía.



También se puede apreciar la existencia de un par de armarios para documentación, herramientas y útiles y un soporte para almacenar el conjunto de muelas de fricción que se usan en la máquina según los requerimientos. Este puesto de trabajo tiene incorporado un polipasto*[1] para la manipulación de elementos pesados.

Los principales problemas que tienen las máquinas de estas células es que al ser tan antiguas, cualquier mínima modificación en cuanto al utillaje empleado para el rectificado de piezas distintas implica unos tiempos de cambio bastante considerables, por lo tanto, la producción debe de acumularse y almacenarse con objeto de que el ritmo productivo sea el adecuado.

Polipasto*[1]: Mecanismos parecidos a grúas, pero de menor tamaño, que disponen de un gancho y se emplean para manipular piezas con peso superior a 8 kg.

Por otra parte, son frecuentes las averías en las máquinas, con las consiguientes paradas de producción que estas conllevan, y las repercusiones que implican en lo que se refiere a costes de reparaciones o repuestos, o necesidad de turnos adicionales (horas extraordinarias).

3.2.1.3 CÉLULA 232: RECTIFICADORAS DANOBAT & TACHELLA

Las máquinas de rectificado que constituyen esta célula son algo más modernas que las anteriores, sobre todo la del fabricante italiano Tachella. Esta célula consta de sus correspondientes soportes de entrada y salida de material así como de armarios para documentación, herramientas y útiles. También vienen equipados con polipastos para manipular materiales pesados.

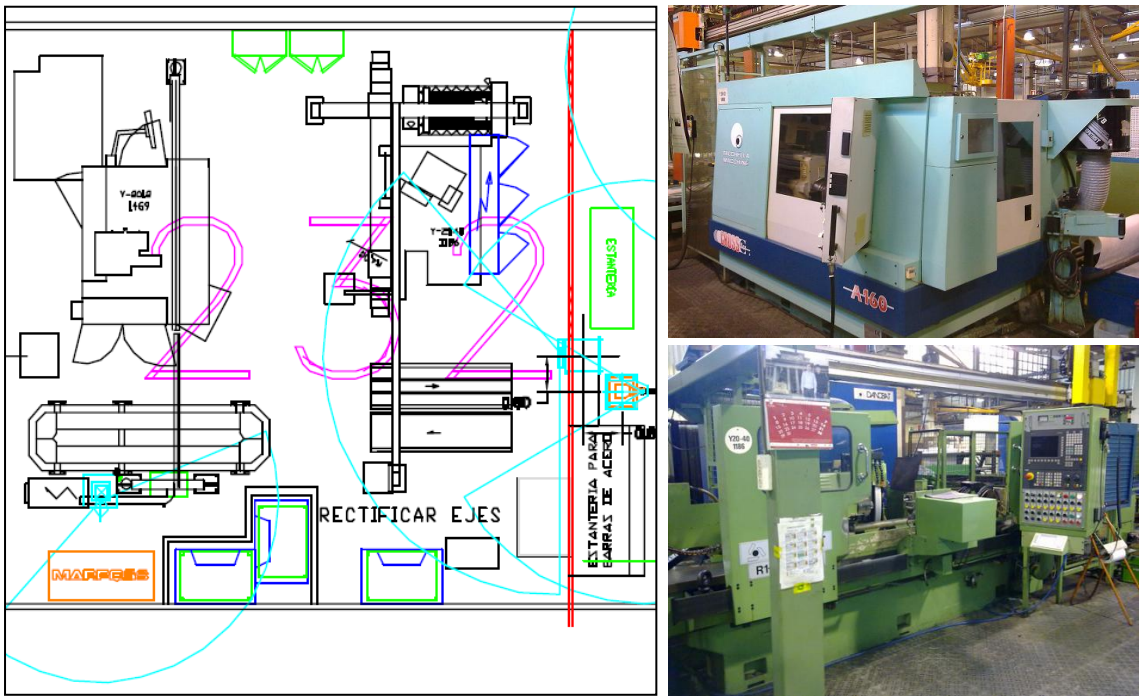


Fig. 3.14: Layout de la célula 232. Arriba a la derecha, fotografía de la rectificadora del fabricante Tachella. Abajo a la derecha, fotografía de la rectificadora del fabricante Danobat.

La rectificadora Tachella (Y-20-12), que forma la célula 232 con la rectificadora Danobat (Y-20-40), es mucho más moderna y flexible y se puede adaptar más fácilmente al rectificado demandado en muchas de las referencias.

Por lo tanto, en caso de avería de alguna de las máquinas antiguas, la mayoría de estas referencias se podrían hacer en la rectificadora Tachella. El problema

actual es que las paradas por avería son frecuentes y la carga de trabajo en la Tachella, (sin tener en cuenta el exceso de producción de referencias procedentes de las rectificadoras que se averían) es elevada, por lo que parte de la producción se externaliza. Por tanto, hay piezas que se adquieren en verde, se mecanizan y tratan térmicamente en fábrica y por avería de las rectificadoras se tienen que rectificar fuera.

3.3 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN, COSTES Y RECURSOS

Tal y como se ha comentado en el apartado 2 de este capítulo, dedicado a los elementos y productos existentes en la nave de rectificado, el alcance de nuestro proyecto nos lleva a analizar más detalladamente las actividades directamente relacionadas con el rectificado de ejes.

Por lo tanto, vamos a intentar, definir la situación actual de la nave en términos de producción, costes y recursos necesarios, centrándonos únicamente en las operaciones de rectificado de ejes.

3.3.1 SITUACIÓN PRODUCTIVA Y RECURSOS NECESARIOS EN LAS RECTIFICADORAS DE EJES

Los recursos productivos empleados actualmente en las células de rectificado de ejes en la nave 6 son básicamente el personal y las máquinas. A medida que avancemos en el proyecto haremos referencia a los costes derivados de las máquinas como elemento productivo (consumo energético en función de su tamaño por ejemplo), que se catalogan dentro de los costes directos de producción. Pero en este capítulo nos interesa fundamentalmente la mano de obra necesaria actualmente en cada célula, con objeto de analizar la carga de las máquinas y los turnos necesarios para cumplir con el plan de producción

Para ello, tenemos que adentrarnos en la situación productiva prevista para la situación actual a lo largo del año fiscal 2011 de las rectificadoras de ejes presentes en la nave 6. Estas máquinas, cuyas características se describieron en profundidad a lo largo del apartado 2, tienen prevista una producción a lo largo del año fiscal que se va a recoger a continuación en las tablas. En ellas se define para cada máquina: referencias, volúmenes previstos para cada mes, las horas estándares por referencia, y, en función de las máquinas y las características de las máquinas, los operarios necesarios.

A continuación mostraremos una tabla ejemplo de la carga de una de las máquinas, la rectificadora Schaudt Y-20-36, para unos meses del año fiscal 2011 y trataremos de explicar algunos de los conceptos de mayor relevancia a la hora de valorar la viabilidad del proyecto.

Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11
H133161	5,1	720	170	250	510
CE19091	5,1	154	220	292	304
Z12780	5,1	46	56	54	96
Z13322	5,1	20	20	22	40
Z13324	5,1	10	14	12	18
H145081	3,4	539	542	809	1120
CE20948	6	800	440	650	780
CE20949	6	280	100	160	140
CE18212	7,6	1080	540	810	920
Totales		**3.649**	**2.102**	**3.059**	**3.928**

Horas std necesarias	226,08	122,29	178,71	222,49
Horas necesarias	212,28	114,82	167,80	208,91
Dias laborables	20,00	10,00	14,00	20,00
Horas disponibles	301,89	150,94	211,32	301,89
Operarios necesarios	1,41	1,52	1,59	1,38

Fig. 3.15: Resumen de datos de Rectificadora Schaudt desde Nov'10 hasta Febrero '11

Máquina	Eficiencia	Cob. productiva	Tasa de absentismo	Operarios previstos
Fortunas	1,42	0,75	6%	2
Schaudt	1,42	0,75	6%	2
Danobat+Tachella	1,42	0,85	6%	3

Tabla. 3.1: Características más importantes de las rectificadoras de ejes.

Pasamos a describir los resultados obtenidos:

Horas estándar necesarias: Es el resultado obtenido al multiplicar el volumen de producción de cada referencia por las horas estándar de estas. Las horas estándar se obtienen por cada 100 piezas, por lo que es necesario dividir el resultado obtenido entre 100. Además la forma de sacarla es desglosando la operación global en un conjunto de pequeñas operaciones. Para cada una de estas se mide el tiempo empleado, dividiéndose el mismo en tres tipos distintos, R, M y D. En el anexo 1 veremos un ejemplo de cómo se obtienen las horas estándar por referencia.

$$\boldsymbol{Hrs\ std\ necesarias = (Volumen\ de\ producci\acute{o}n * Hrs\ std)/100}$$

Horas necesarias: Se obtienen a partir de las horas estándar. Se dividen estas entre el producto de dos factores, la cobertura productiva y la eficiencia. Su fórmula se muestra a continuación.

$$\boldsymbol{Hrs\ necesarias = Hrs\ std/(Eficiencia * cobertura\ productiva)}$$

Eficiencia: Hace referencia al nivel de productividad del operario. Se elabora a partir de una serie de mediciones que se toman diariamente y durante un cierto periodo de tiempo y se establece una media. Para cada día se calcula el cociente entre las horas devengadas y las horas de trabajo (o de producción) reales. Vamos a ver un ejemplo explicativo del proceso.

Dia	Hrs trabajadas	Operac y pieza	Horas std/100piezas	volumen	Hrs devengadas	Incidencias	Hrs std incidencias
27	8	Rectificado CE18212	0,076	70	5,32	Movimiento de material + revisión médica	0,3+0,72
27	0	Desmontaje muela CE18212	0,978	1	0,978		
27	0	Montaje muela CE20948	2,987	1	2,987		
27	0	Rectificado CE20948	0,06	4	0,24		
Total	8				9,516		1,02

Tabla. 3.2: Ejemplo de datos necesarios para el cálculo de la eficiencia.

El operario tiene un tiempo estándar asociado tanto para el rectificado de las piezas como para el cambio de muela por cambio de referencia. Las operaciones de movimiento de material, o la visita al médico no están recogidas como horas estándar, sino como incidencias. Por lo tanto, este día por ejemplo, el operario devenga 9,516 horas (output), y aparte, ha estado 1,02 horas entre la visita al médico y el movimiento de material (incidencias).

La eficiencia productiva es el cociente entre lo que devenga el operario y la diferencia entre las horas reales de trabajo y las horas perdidas por incidencias.

Por tanto, este día, la eficiencia productiva será de:

Eficiencia productiva = horas devengadas/ (horas trabajadas –horas incidencia), y será igual a 9,516/(8-1,02)= 1,367*100=137%

Para calcular la eficiencia en una máquina o célula, se repetiría este cálculo durante tres meses, para todos los días, y se sacaría un valor medio que es el que se considera como eficiencia para esa célula.

Eficiencia productiva ϵ [100%, 145%]

Cobertura productiva: Este factor hace referencia a los cambios de utillaje necesarios en las máquinas, así como a la necesidad de reproceso que estas generan. Si las máquinas son totalmente flexibles y capaces de rectificar todas las referencias sin cambiar el utillaje, y conseguir que todas las piezas sean correctas, sin necesidad de reprocesar, este valor sería próximo a 1. No obstante, existen una serie de horas no recogidas en el anexo (por ejemplo horas sindicales, bajas imprevistas…) que hacen que este factor nunca sea superior a 0,85.

En caso contrario, si cada referencia requiere utillaje distinto y es necesario parar de producir y cambiar dicho utillaje cada vez que se cambia de referencia, o las piezas salen fuera de especificación o con necesidad de reprocesar de forma muy habitual, este valor será próximo a cero.

En este caso, este valor se obtiene dividiendo las horas a incentivo (todas menos las empleadas para reprocesos, cambio de utillaje e incidencias varias) entre las horas trabajadas en el día.

Por tanto, **cobertura productiva = Horas a incentivo/horas trabajadas**. En el mismo ejemplo de antes, sería igual a (8-(0,3+0,72))/8 dando una cobertura productiva de 0,8725.

Para calcular la cobertura productiva de una máquina o célula hacemos lo mismo que en el caso anterior. Calculamos los valores obtenidos a lo largo de un trimestre y haciendo la media obtenemos la cobertura productiva a emplear.

Cobertura productiva ϵ [0,1]

Días hábiles: Son los días laborables que tienen los operarios al mes.

Horas disponibles: Es el resultado de multiplicar el número de operarios que se estiman en cada célula (que es equivalente a calcular de antemano el número de turnos previstos en la misma al haber un operario por turno) por los días hábiles y por ocho horas de trabajo diarias, y dividirlas por la tasa de absentismo estimada para ese puesto de trabajo. Según estudios elaborados la tasa de absentismo está en torno al 6%.

$$\textbf{Horas disponibles} = \frac{(\textbf{Nº operarios} * \textbf{dias hábiles} * \textbf{8 horas/dia})}{\textbf{tasa de absentismo}}$$

Operarios necesarios: Se obtiene según la siguiente fórmula:

$$\textbf{Operarios necesarios} = \frac{\textbf{Horas necesarias}}{\dfrac{\textbf{horas disponibles}}{\textbf{operarios estimados}}}$$

Con todas estas operaciones podemos calcular el número de operarios necesarios en cada célula, el número de turnos, y definir en que meses se estima que va a ser necesario introducir un turno más de producción o adelantar producción para cubrir picos de demandas, y por el contrario, aquellos meses donde algún turno puede ser utilizado para cubrir vacantes o ausencias en otras células de la fábrica.

Esto es posible porque los operarios son capaces de ocupar distintos puestos de trabajo, ya que se les entrena en rotaciones y con cursillos para que sean capaces de desempeñar diversas funciones dentro de la fábrica.

A continuación pasaremos a mostrar la situación productiva actual de las distintas máquinas, mostrando para los distintos meses del año fiscal 2011 sus valores más característicos.

Máquina	**Eficiencia**	**Cob. productiva**	**Tasa de absentismo**	**Operarios previstos**
Fortunas	1,42	0,75	6%	2
Schaudt	1,42	0,75	6%	2
Danobat+Tachella	1,42	0,85	6%	3

Tabla. 3.3: Características de las máquinas implicadas.

Carga 2011 Rectificadoras Fortunas.															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
H133161	3,48	720	170	250	510	540	600	660	830	780	0	460	600	6.120	213
CE19091	3,48	154	220	292	304	230	230	150	116	136	0	0	0	1.832	64
Z12780	3,48	46	56	54	96	110	66	56	44	30	0	0	0	558	19
Z13322	3,48	20	20	22	40	40	40	18	10	4	0	0	0	214	7
Z13324	3,48	10	14	12	18	22	16	12	8	2	0	0	0	114	4
CE17888	3,04	539	542	809	1120	1065	1066	1006	1120	854	0	900	1150	10.171	309
CE20948	7	800	440	650	780	644	744	708	720	560	0	656	766	7.468	523
CE20949	7	280	100	160	140	230	130	120	200	160	0	100	200	1.820	127
H165508	3	1620	680	1264	1880	1692	1744	1656	1896	1756	0	920	1200	16.308	489
CE19514	2,93	280	280	300	100	200	160	140	120	160	0	0	0	1.740	51
CE19837	2,93	0	0	0	0	96	80	130	88	40	0	0	0	434	13
CE19849	2,93	0	0	0	0	40	300	20	100	100	0	0	0	560	16
CE20174	2,93	0	0	0	0	160	140	180	240	200	0	0	0	920	27
CE20217	2,93	0	0	0	0	560	360	500	540	760	0	360	440	3.520	103
Totales		4.469	2.522	3.813	4.988	5.629	5.676	5.356	6.032	5.542	0	3.396	4.356	51.779	2277
Horas std necesarias		205,15	111,48	169,55	216,63	245,63	247,63	233,75	263,21	241,61	0,00	150,11	192,43	2277,17	
Horas necesarias		192,62	104,68	159,20	203,41	230,64	232,51	219,49	247,14	226,86	0,00	140,95	180,69	2138,19	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10	
Horas disponibles		301,89	150,94	211,32	301,89	286,79	286,79	271,70	301,89	362,26	1,51	271,70	347,17	3095,85	
Operarios necesarios		1,28	1,39	1,51	1,35	1,61	1,62	1,62	1,64	1,25	0,00	1,04	1,04	1,38	

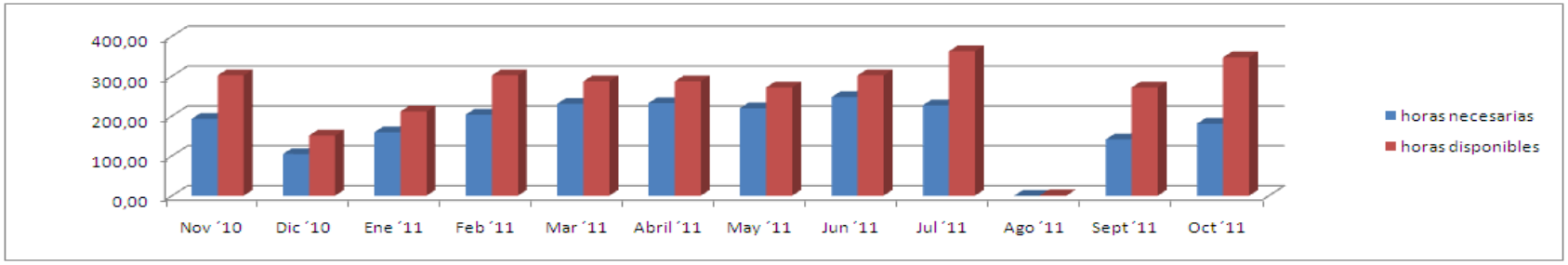


Fig. 3.16: Carga prevista para año fiscal 2011 de la célula 231. Gráfico de horas disponibles y necesarias en cada uno de los meses del año fiscal.

Carga 2011 Rectificadora Schaudt															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´1	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
H133161	5,1	720	170	250	510	540	600	660	830	780	0	460	600	6.120	312
CE19091	5,1	154	220	292	304	230	230	150	116	136	0	0	0	1.832	93
Z12780	5,1	46	56	54	96	110	66	56	44	30	0	0	0	558	28
Z13322	5,1	20	20	22	40	40	40	18	10	4	0	0	0	214	11
Z13324	5,1	10	14	12	18	22	16	12	8	2	0	0	0	114	6
H145081	3,4	539	542	809	1120	1065	1066	1006	1120	854	0	900	1150	10.171	346
CE20948	6	800	440	650	780	644	744	708	720	560	0	656	766	7.468	448
CE20949	6	280	100	160	140	230	130	120	200	160	0	100	200	1.820	109
CE18212	11,6	1080	540	810	920	874	874	828	920	720	0	756	966	9.288	1077
Totales		3.649	2.102	3.059	3.928	3.755	3.766	3.558	3.968	3.246	0	2.877	3.682	37.590	2161
Horas std necesarias		256,86	137,95	202,20	249,37	238,08	238,62	225,63	251,41	204,31	0,00	187,12	239,72	2431,24	
Horas necesarias		241,18	129,53	189,86	234,15	223,55	224,06	211,86	236,06	191,84	0,00	175,70	225,09	2282,85	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10	
Horas disponibles		301,89	150,94	211,32	301,89	286,79	286,79	271,70	301,89	362,26	1,51	271,70	347,17	3095,85	
Operarios necesarios		1,60	1,72	1,80	1,55	1,56	1,56	1,56	1,56	1,06	0,00	1,29	1,30	1,47	

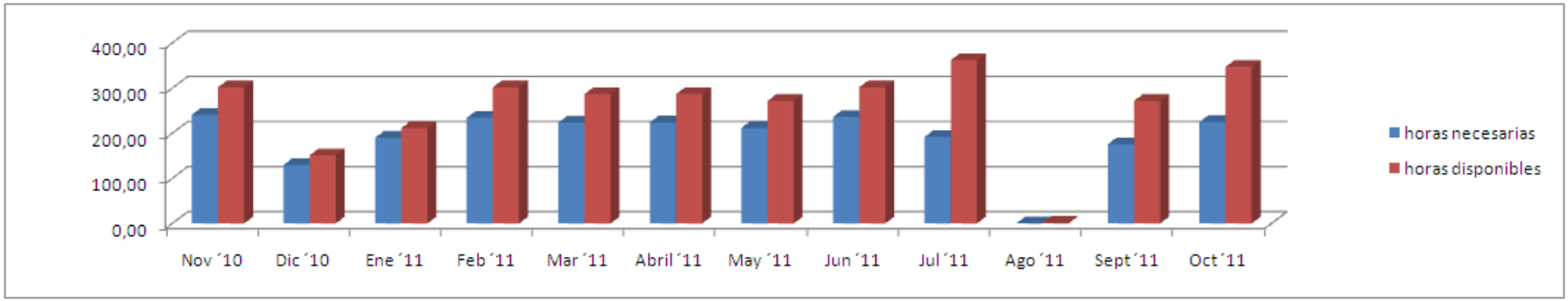


Fig. 3.17: Carga prevista para año fiscal 2011 de la rectificadora Schaudt. Gráfico de horas disponibles y necesarias en cada uno de los meses del año fiscal.

Carga 2011 rectificadoras Danobat y Tachella															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
CE17888	4,54	539	542	809	1.120	1.065	1.066	1.006	1.120	854	0	900	1.150	10.171	461,76
E63299	6,67	245	190	26	180	130	145	2	0	82	0	156	20	1.176	78,44
H118367	4,03	539	542	809	1.120	1.065	1.066	1.006	1.120	854	0	900	1.150	10.171	409,89
CE19939	4,85	3.500	1.750	3.300	4.400	4.180	3.420	3.240	3.600	1.200	0	2.340	2.990	33.920	1.645,12
CE19096	5,53	340	416	648	472	444	376	278	220	246	0	0	0	3.440	190,23
T218791	7,2	23	16	15	26	14	18	14	12	8	0	20	12	178	12,82
T218793	9	15	8	19	16	0	0	0	0	0	0	10	10	78	7,02
T218794	9	32	2	9	12	0	20	18	10	14	0	8	12	137	12,33
T218795	9	24	24	0	26	24	44	28	16	8	0	18	11	223	20,07
T218796	9	50	16	60	60	50	20	0	26	50	0	32	60	424	38,16
CE21590	4,4	200	298	270	218	0	100	100	150	225	0	0	0	1.561	68,68
CE18223	6,81	610	64	134	518	502	576	620	788	712	0	460	600	5.584	380,27
N377016	4,4	400	0	0	175	200	162	0	0	43	0	64	0	1.044	45,94
T216996	9	97	26	88	88	50	40	18	36	64	0	50	82	639	57,51
T216997	9	47	40	15	52	38	62	42	28	16	0	38	23	401	36,09
Totales		6.661	3.934	6.202	8.483	7.762	7.115	6.372	7.126	4.376	0	4.996	6.120	69.147	3.313
Horas std necesarias		344,53	196,06	306,23	424,79	385,80	356,48	316,03	354,32	225,00	0,00	250,65	304,45	3464,33	
Horas necesarias		285,45	162,44	253,71	351,94	319,63	295,34	261,83	293,55	186,41	0,00	207,66	252,24	2870,20	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10	
Horas disponibles		452,83	226,42	316,98	452,83	430,19	430,19	407,55	452,83	543,40	2,26	407,55	520,75	4643,77	
Operarios necesarios		1,89	2,15	2,40	2,33	2,23	2,06	1,93	1,94	1,03	0,00	1,53	0,51	1,85	

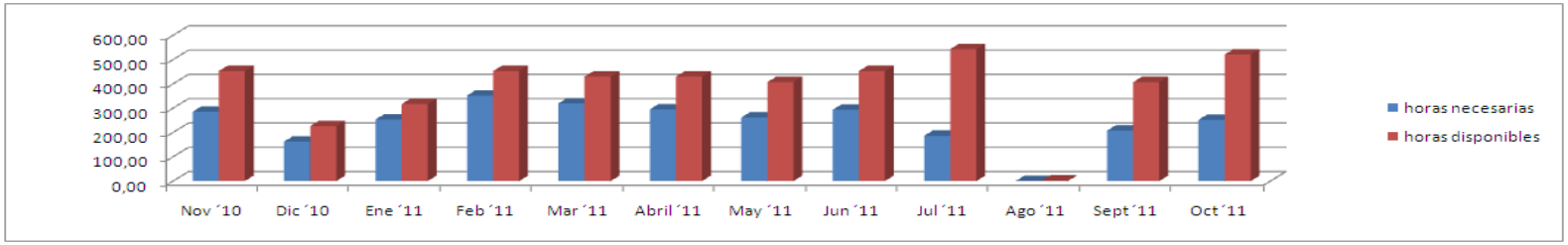


Fig. 3.18: Carga prevista para año fiscal 2011 de la célula 232. Gráfico de horas disponibles y necesarias en cada uno de los meses del año fiscal.

Análisis de la situación productiva actual:

La producción a lo largo de los meses del año suele ser bastante parecida, con algunas excepciones. El nivel de agosto es extremadamente bajo. Las razones son las siguientes: en agosto se cierra la fábrica y hay servicios mínimos, y, por tanto, se intenta adelantar la mayoría de la producción a julio. La producción en diciembre y enero son relativamente menores que el resto debido a las amplias vacaciones de navidad.

Hay meses a lo largo del año fiscal en los que existen necesidades de producción mayores de las que se pueden proporcionar con los recursos disponibles. Por tanto, para estos casos, es necesario un adelanto de la producción con el coste que ello supone, es decir, un adelanto de los costes de producción más un coste extra de almacenamiento interno de los ejes terminados. Por ejemplo, si nos fijamos en la célula Y-20-36, durante el mes de diciembre, julio y agosto, se necesitarían más de tres operarios, lo que supone que no se podría alcanzar dicha producción. Por tanto, parte de la producción de diciembre es adelantada a noviembre, y la mayor parte de la producción estimada para agosto y parte de la de julio, es repartida entre mayo y junio.

3.3.2 COSTES ACTUALES ASOCIADOS A LAS RECTIFICADORAS DE EJES

Adentrándonos en el capítulo de los costes, lo primero que haremos será definir una serie de conceptos con los que trabajaremos a lo largo de los capítulos posteriores.

Overhead: Es el gasto de la fábrica que se aplican a cada producto. Se pueden dividir en directos (Direct Overhead, DOH), e indirectos (Period Overhead, POH). Dentro de los primeros están aquellos que se aplican directamente al producto, y podemos agrupar, por ejemplo los gastos energéticos derivados de tener la célula activa (las máquinas consumen potencia), o la luz. Los segundos son aquellos que no se aplican directamente al producto, por ejemplo, el salario de los empleados que no trabajan directamente en la producción, los gastos de transporte, gestión…

Total Inventary Cost (T.I.C): Se define como el coste del producto. Se divide en el coste del material + el coste del operario + los overheads. El T.I.C de la operación de rectificado no abarca el material, con lo que sólo tiene en cuenta los costes del operario y los overheads, tanto directos como indirectos.

Coste relevante: Se emplea para poder establecer comparaciones entre lo que cuesta hacerlo "in house" y lo que le costaría hacerlo a un proveedor externo. Se emplea este valor porque suponemos que los costes directos son similares para John Deere y para el proveedor externo, pero los indirectos son muy variables y dependen por ejemplo del tamaño de la empresa, ya que no es lo mismo el coste indirecto de una PYME que el de John Deere Ibérica, que tiene en nómina a cerca de 300 empleados no relacionados directamente con el producto que se fabrica. Por lo tanto, para calcular este valor, se tienen en cuenta los costes directos (Direct overhead + coste de operario) y se le suma un tanto por ciento de los costes periódicos*[1] aplicados al producto, en este caso un 25 % de estos.

Lo que trataremos de hacer será describir los costes actuales del rectificado de aquellas referencias que nos interesan y que se van a realizar en la nueva máquina y analizar los ahorros que nos supondría dicha máquina con respecto a la situación actual. (Esta comparativa se hará en el capítulo V, en la viabilidad económica)

Para calcular los costes de las operaciones de rectificado asociados a cada una de las distintas referencias es necesario determinar los costes directos, periódicos y de operario asociados a las distintas células en donde se rectifica.

En el anexo III se recoge el detalle de estos costes, aunque a continuación procederemos a resumirlos brevemente:

Costes periódicos*[1] : En John Deere Ibérica no se utiliza el término indirect overcost, sino period overcost, siendo su significado similar. Por tanto, los costes periódicos hacen referencia a los costes indirectos aplicados a cada célula siendo los period overheads son los costes indirectos asociados a cada producto.

- Célula 232: A lo largo del 2011 cuenta con los siguientes costes asociados:

  1.-Costes directos: 35,62 euros/hora.

  2.-Costes periódicos: 27,75 euros/hora.

  3.-Costes de operario: 10,32 euros/hora.

- Célula 231 :Sus costes asociados son:

  1.-Costes directos: 34,54 euros/hora.

  2.-Costes periódicos: 26,90 euros/hora.

  3.-Costes de operario: 10,01 euros/hora.

- Rectificadora Schaudt (célula Y-20-36): Cuenta con unos costes asociados:

  1.-Costes directos: 50,04 euros/hora.

  2.-Costes periódicos: 38,5euros/hora.

  3.-Costes de operario: 10,32 euros/hora.

Por lo tanto, para calcular los costes actuales asociados a cada referencia necesitamos conocer sus costes directos asociados (Direct Overhead), sus costes indirectos asociados (periodo ver head), y su coste de operario asociado.

D.O.H = coste directo asociado (euros/hora)*horas estándar (horas/pieza).

P.O.H = coste periódico asociado (euros/hora)*horas estándar (horas/pieza).

Labour = coste asociado a la mano de obra (euros/hora)*horas estándar (horas/pieza).

Explicaremos el procedimiento para una referencia cualquiera de una de las rectificadoras de ejes de la nave 6.

Célula: 231; Referencia: H133161; Horas estándar/100 piezas: 5,1;

D.O.H = 34,54*0,051= **1,76 euros/pieza.**

P.O.H= 26,9*0,051 = **1,37 euros/pieza.**

Labour= 10,01*0,051 **= 0,51 euros/pieza.**

T.I.C rectificado H133161 en célula 231 = 1,76+1,37+0,51 **= 3,642euros/pieza**

Coste relevante rectificado H133161 en célula 231 = 0,51+1,76+0,25*1,37**= 2,6125 euros/pieza.**

En el anexo III calculamos los costes de las referencias que se hacen actualmente en las células Schaudt, 231 y 232 y que pasarán a hacerse en la nueva rectificadora de ejes. En principio solo nos interesará calcular los ahorros de aquellas referencias que se hacen en la máquina nueva, o aquellas que actualmente se hacen en la Schaudt o las célula 231 y que pasarán a hacerse en la célula 232.

3.3.2.1 FARM OUT EN OPERACIONES DE RECTIFICADO DE EJES

INTRODUCCIÓN AL "MAKE VS BUY"

John Deere Ibérica fabrica componentes de alta calidad que serán exportados para su posterior incorporación para la fabricación de maquinaria o para su uso como repuestos. Así mismo, para la producción de estos componentes, es necesario el uso de piezas de bajo nivel de transformación, denominadas materias primas. En la fábrica de Getafe, estas materias primas se solicitan a diversos proveedores con un mayor o menor nivel de transformación. Este nivel dependerá de las necesidades de la fábrica, el nivel de personalización o de variabilidad de requisitos, el espacio disponible, el coste, y otras variables.

En la fábrica de Getafe, se ha llegado a la conclusión que la fabricación propia de ciertos ejes y engranajes resulta rentable. Así pues, John Deere Ibérica puede decidir entre solicitar directamente los ejes y engranajes ya terminados a un proveedor, fabricarlos el mismo a partir de una pieza "*en verde*" y procesarlas con todas las operaciones que conlleva (mecanizado, tratamientos térmicos y rectificado), o disponerse en una situación intermedia, como por ejemplo

comprar la pieza ya mecanizada o mecanizada con el tratamiento térmico pero sin rectificar.

Otro caso que actualmente puede ocurrir en la mini fábrica de *Ejes y Engranajes* es que la capacidad de producción de algunas líneas / células es inferior a la demanda, ya sea de forma temporal o permanente. En estos, John Deere se ve obligado a externalizar una parte de su fabricación propia ya sea en la totalidad de las operaciones o sólo en parte, dependiendo de dónde esté el cuello de botella. Este es uno de los motivos por los que se realizará el *Plan General de Mejora de Ejes y Engranajes*, disminuir el volumen de piezas de fabricación externa y mejorar su coste económico.

Hay ciertas ocasiones en las que un producto de rectificado no resulta rentable internalizarlo ("*in house*") por sus costes asociados. En otras ocasiones, el factor limitativo es el volumen de producción, que hace que aunque pueda resultar interesante su fabricación "*in house*", el volumen demandado es superior al que podemos absorber en nuestras instalaciones y hay otros muchos otros productos que probablemente puedan resultar económicamente más interesantes.

Otro tipo de necesidades que hacen recurrir a la internalización es el retraso productivo. Es decir, cabe la posibilidad de que dado un programa de producción, este pueda retrasarse por diferentes motivos: mala programación, incidencias… La demanda no satisfecha debe cubrirse lo antes posible, por lo que el volumen de piezas atrasadas serán externalizadas a un proveedor de confianza que nos estregue el producto terminado lo antes posible. A continuación exponemos una serie de proveedores que ofrecen rectificado de exteriores y que son comúnmente conocidos en la John Deere Ibérica S.A.

<u>Engranajes Lorenzo S.A.</u>

Engranajes Lorenzo S.A. es un proveedor muy solicitado por JDISA a lo largo de los últimos años. La fábrica está situada en Toledo, lo cual esta proximidad es una gran ventaja. Sus principales actividades se basan en la fabricación de equipo, componentes, accesorios, y piezas de repuesto de motores para vehículos automóviles (excepto equipo eléctrico).

Fig. 3.19: Logo engranajes Lorenzo S.A.

DATOS ADICIONALES	
DIRECCIÓN	*Polígono Industrial "Antonio del Rincón"* *C/Aluminio Nº 18, 20, 22* *45222 – Borox* *Toledo*
PAÍS	*España*
TELÉFONO	*925 52 72 01 / 925 52 72 02*
FAX	*925 52 72 14*
MAIL	-
WEB	-

FAYMM S.L.

Fabricaciones y Montajes Mecánicos S.L. (FAYMM) es una Empresa del sector del metal, dedicada a la fabricación de elementos y conjuntos mecánicos e hidráulicos para la industria en general, destacando la automotriz y aeronáutica. Su principal es la transformación por mecanizado.

Fig. 3.20: Logo FAYMM S.A.

Las actividades tecnológicas que se desarrollan en FAYMM completan los procesos más exigentes de la industria de la transformación por mecanizado: mecanizado CNC, torneado CNC, rectificado CNC, lapeado, pulido, desbarbado, chorreado, montaje de elementos y gestión de materias primas entre otros.

Las piezas más habituales que fabrican son: ejes, carcasas, casquillos, vástagos, cilindros, cuerpos, cárteres, brazos de suspensión, barras estabilizadoras, engranajes, palieres, discos y muchos más, principalmente para la industria automotriz y aeronáutica.

DATOS ADICIONALES	
DIRECCIÓN	*C/Ramón Rubial, 184* *28904 – Getafe* *Madrid*
PAÍS	*España*
TELÉFONO	*91 683 95 40*
FAX	*91 683 52 02*
MAIL	*recepcion@faymm.es*
WEB	*www.faymm.es*

Metalcastello S.A.

Metalcastello de fundó en 1952 como un subcontratista de fabricación de engranajes a pequeña escala, en un primer momento suficiente como para satisfacer la temprana demanda de sus primeros clientes. Gracias a su capacidad para servir a sus clientes productos de gran calidad, fiabilidad y servicio, Metalcastello S.A. ha crecido para convertirse en uno de los mayores proveedores de manufactura de engranajes en el mundo.

Figura 3.21: Logo Metalcastello S.A.

Actualmente la compañía ocupa un terreno de 30.450 m^2 con 13.200 m^2 de taller y otros 1240 m^2 en oficinas y consta de 250 empleados en sus instalaciones. Además, en Milán poseen un grupo de 10 ingenieros de diseño.

DATOS ADICIONALES	
DIRECCIÓN	*Vía Don Fornasini 12* *40030 Castel di Casio* *Bologna*
PAÍS	*Italia*
TELÉFONO	*0039 0534 20511*
FAX	*0039 0534 30409*
MAIL	*info@metalcastello.com*
WEB	*www.metalcastello.com*

A continuación, se expone un cuadro con las diferentes ofertas para cada una de las referencias que nos interesan de los proveedores nombrados anteriormente. Debemos destacar que las ofertas originales de John Deere Ibérica S.A. son material confidencial y por ello es totalmente imposible su muestra a personas ajenas a la compañía. En consecuencia, estas ofertas son ficticias y por tanto no tienen ningún valor real.

PRESUPUESTOS RECTIFICADO DE FARM OUT					
		PROVEEDOR			
Referencia	Volumen anual	EngranajesLorenzo	FAYMM S.L	Metalcastello S.A.	mínimo
H133161	6120	12,18	12,4	12,3	12,18
CE19091	1832				
Z13322	558				
Z13324	214				
Z12780	114				
CE20948	7468	12,4	12,45	12,4	12,4
CE20949	1820				
CE17888	10171	10,85	11	10,9	10,85
CE18212	9288	12,18	12,3	12,3	12,18
H165508	16308	8,3	8,1	8,25	8,1
H145081	10171	9,56	9,6	9,8	9,56
CE19330	2935	12,5	12,7	12,5	12,5
CE20126	2935				
CE19837	1.740	7,31	7,25	7,4	7,25
CE19849	434				
CE20174	560				
CE20217	920				
CE19514	3.520				

Tabla. 3.4: Tabla comparativa de precios ofertados por los proveedores para el rectificado.

Así pues, Engranajes Lorenzo S.A. ofrece en general unos precios más competitivos respecto al resto de proveedores con un valor "*farm out*" menor que la competencia en 12 de las 18 referencias que se están estudiando, siendo pues el proveedor elegido para externalizar las referencias.

3.4 CONCLUSIONES SITUACIÓN PRODUCTIVA ACTUAL

Las rectificadoras Schaudt y Fortunas tienen poca cobertura productiva, con valores de 0,75 y por tanto son fácilmente mejorables en cuanto a estandarización (y reducción de paradas por cambio de referencia), o en cuanto a mejoras para reducir reprocesos en las piezas en ellas fabricadas. Asimismo, la efectividad de esas máquinas no es muy alta.

La carga y descarga de las piezas se hace de forma manual por el operario, o bien mediante el empleo de polipastos. Muchas de las operaciones que se hacen sobre algunas de las referencias tienen lugar en dos rectificadoras distintas, debido a que las rectificadoras actuales no son capaces de hacer las operaciones necesarias en la misma máquina, por restricciones del tamaño máximo del diámetro de la muela de corte permitido o por la posición relativa entre la pieza y la muela. Por lo tanto son necesarios flujos de dichas piezas entre células mediante el empleo de carretillas una vez se ha alcanzado cierta producción.

Las máquinas tienen una vida útil que ya ha sido superada con creces, y se quedan obsoletas con respecto a las necesidades actuales. Las averías son muy frecuentes y los retrasos de producción derivados de las paradas de máquina provocan unos picos de producción no previstos inicialmente y que algunas referencias complicadas en cuanto a operaciones (bien porque los volúmenes sean pequeños y los tiempos de preparación de la máquina para esa referencia muy grandes, o bien porque las horas estándar previstas de algunas referencias y su elevado volumen colapsarían la totalidad de la producción) sean rectificadas por un proveedor externo. El volumen de piezas rectificadas en un proveedor externo es un dato que no conocemos por lo que para sucesivos capítulos vamos a suponer, en determinados apartados, que un tanto por ciento relativamente realista de la producción puede llegar a externalizarse.

Actualmente las piezas o bien no se lavan, o bien se lavan en la nave de montaje todas juntas, con lo que tanto el flujo de material como el resultado de dicho lavado no es el óptimo.

Estos problemas son los que vamos a tratar de solventar con el plan general de rectificado. Durante los sucesivos capítulos indicaremos los cambios que se producen y el motivo de dichos cambios.

IV

EJECUCIÓN DEL PLAN DE MEJORA DEL RECTIFICADO DE EJES. ALCANCE DEL PROYECTO

A lo largo de este capítulo llevaremos a cabo una descripción de las actividades a realizar para paliar las ineficiencias detectadas en el proceso productivo, analizando las mejoras que conllevan y efectuando una comparativa en lo referente a parámetros relevantes para poder observar cómo cambia la situación actual frente a la prevista.

4.1 INSTALACIÓN DE UNA NUEVA RECTIFICADORA DE EJES

4.1.1 CASO DE NEGOCIO

El master plan de John Deere Ibérica prioriza centrar el desarrollo y las mejoras tecnológicas en los ejes y engranajes considerados como críticos a efectos de producción y calidad. Parte de estos ejes considerados como críticos son los que se rectifican actualmente en la nave 6 y que posteriormente se emplean en el montaje de alguna de las cajas de cambios más importantes de JDISA, dentro de las clasificadas como cajas pesadas de transmisión. Estas son, entre otras, la *3 Speed*[*1] o la Prodrive[*2], cuyos volúmenes de ventas son muy elevados en la actualidad.

3 Speed[*1] es un sistema de transmisión utilizado en cosechadoras

Prodrive[*2] es un tipo de transmisión empleado en cosechadoras que permite un control preciso de la velocidad

Actualmente, el rectificado exterior de estos ejes se realiza en varias rectificadoras que están obsoletas, dos Fortunas y una Schaudt. Todas estas máquinas tienen tiempos de ciclos muy grandes, paradas frecuentes por necesidad de ser reparadas o para modificar alguno de sus parámetros por que los reprocesos se requieren con mucha frecuencia, así como puestas a punto muy costosas y que implican paradas de producción para el cambio de utillaje necesario cada vez que se realiza un cambio de referencia.

Asimismo, la antigüedad de estas máquinas provoca que no cumplan con los requisitos de seguridad necesarios y tampoco contienen el certificado de seguridad CE, obligatorio actualmente y que regula las necesidades de las máquinas en el puesto de trabajo en lo que se refiere a la garantía de seguridad y salud requerida por la U.E.

Esta situación actual hace inviable mantener el ritmo de producción deseado, ya que las rectificadoras actuales están lejos de conseguir la capacidad necesaria. Se necesita por tanto sacar parte de la producción a un proveedor externo. La necesidad de farm-out provoca un incremento de coste, dificultad para el control de la calidad requerida en el proceso, y complicaciones a nivel logístico por el flujo de piezas, y para el control del inventario.

4.1.2 OBJETIVOS

A continuación, se exponen los principales objetivos que se pretenden cumplir con la instalación de la rectificadora de ejes:

- ✓ **Actualizar maquinaria obsoleta**: Las células 231 e Y-20-36 poseen máquinas con un grado de obsolescencia muy elevado. Las dos máquinas Fortuna tienen 37 y 35 años de antigüedad, y la Schaudt llega hasta los 34. Uno de los "*core business*" de John Deere Ibérica es el diseño, fabricación y testeo de ejes y engranajes, además de transmisiones y cajas de cambios. Así pues JDISA pretende mostrarse como una unidad de manufactura innovadora y tecnológicamente capaz dentro de la JDWW (*John Deere World Wide*) y servir los productos más competitivos dentro del mercado. Para ello es completamente necesario hacer un "lavado" de cara al proceso de rectificado y modernizar la tecnología.

- ✓ **Reducción de costes de producción**: Modernidad induce a eficiencia, y por tanto, una actualización de la maquinaria debe proporcionarnos el mismo trabajo con mayor calidad, capacidad y flexibilidad a un coste menor. Este

es un objetivo muy importante que tenemos que cumplir con este proyecto. Los métodos de producción de estas máquinas y el conjunto de actividades que se han de realizar en su funcionamiento están obsoletas (carga y descarga manual, rectificado simple de exteriores y no doble…) y dan lugar a coeficientes de cobertura y tiempos de ciclo muy grandes.

- ✓ **Reducción de las paradas por incidencias**: Las paradas de máquina implican un coste de reparación y un tiempo improductivo que afecta a la capacidad total de las máquinas o células. Como hemos visto a lo largo del capítulo III y tal y como recordaremos un poco más adelante, hay ocasiones en donde las máquinas están al límite de su capacidad (horas disponibles ≈ horas necesarias), con lo que la falta de capacidad productiva implica costes de farm out, lo cual no nos interesa. Esto se reduciría considerablemente si las máquinas antiguas se sustituyesen por otras más modernas y en consecuencia, con menor número de averías.

- ✓ **Reducción de flujo de materiales**: Como ya hemos comentado anteriormente, para realizar dos rectificados en una misma pieza, necesitamos realizar dos operaciones de rectificado diferentes usando dos rectificadoras diferentes. Esto supone movimiento de bandejas galvanizadas de célula en célula y material a la espera para proceder a su segundo rectificado. En este proyecto tenemos como objetivo eliminar ese flujo innecesario mediante el uso de equipos que permitan un doble rectificado.

- ✓ **Cumplimiento de la nueva directiva europea de máquina 2006/42/CE**: Las rectificadoras Fortuna y Schaudt no cumplen ni tan siquiera la directiva europea de máquina 98/37/CE. John Deere es una de las multinacionales del sector industrial más seguras en su categoría. Es un objetivo esencial en JDISA mantenernos fieles a los estándares de seguridad de la Unión Europea.

- ✓ **Aumentar la calidad de nuestros productos**: Los crecientes requerimientos de calidad en la fabricación de ejes y engranajes de transmisión exigen la continua mejora de los procesos de mecanizado encaminado a conseguir niveles de excelencia en calidad conforme a los requerimientos de proceso impuestos a estos productos.

La propuesta para conseguir estas mejoras consiste en elaborar un estudio para analizar la viabilidad de la sustitución de estas rectificadoras de exteriores de ejes antiguas por una nueva máquina, cuyo desarrollo tecnológico permita

reducir tiempos de ciclo, horas estándar y eliminar en la medida de lo posible las deficiencias que presentan las máquinas antiguas.

Para ello analizaremos la situación actual a nivel productivo, definida en el capítulo III comparándola con la situación prevista con la adquisición de la nueva máquina, en lo que se refiere a parámetros relevantes como la capacidad productiva, las horas estándar y los operarios necesarios para rectificar las distintas referencias. Asimismo analizaremos el layout y el flujo de materiales, y las mejoras obtenidas con el nuevo proceso, fundamentalmente en lo que respecta a incremento de la capacidad, reducción de operaciones y ahorros estimados.

4.2 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN Y RECURSOS PREVISTOS CON LA INSTALACIÓN DE LA NUEVA RECTIFICADORA DE EJES

Lo primero que haremos será un recordatorio de la situación productiva actual en la nave para poder compararla con la situación prevista con la instalación de la nueva máquina.

4.2.1 CAPACIDAD PREVISTA, HORAS ESTÁNDAR Y OPERARIOS NECESARIOS POR CÉLULA EN LA SITUACIÓN ACTUAL PARA EL AÑO FISCAL 2011

A continuación mostraremos unas tablas con las cargas de trabajo previstas para el año fiscal 2011 de cada una de las rectificadoras de exteriores que existen en el momento actual en la nave 6.

Carga 2011 Rectificadoras Fortunas.															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
H133161	3,48	720	170	250	510	540	600	660	830	780	0	460	600	6.120	213
CE19091	3,48	154	220	292	304	230	230	150	116	136	0	0	0	1.832	64
Z12780	3,48	46	56	54	96	110	66	56	44	30	0	0	0	558	19
Z13322	3,48	20	20	22	40	40	40	18	10	4	0	0	0	214	7
Z13324	3,48	10	14	12	18	22	16	12	8	2	0	0	0	114	4
CE17888	3,04	539	542	809	1120	1065	1066	1006	1120	854	0	900	1150	10.171	309
CE20948	7	800	440	650	780	644	744	708	720	560	0	656	766	7.468	523
CE20949	7	280	100	160	140	230	130	120	200	160	0	100	200	1.820	127
H165508	3	1620	680	1264	1880	1692	1744	1656	1896	1756	0	920	1200	16.308	489
CE19514	2,93	280	280	300	100	200	160	140	120	160	0	0	0	1.740	51
CE19837	2,93	0	0	0	0	96	80	130	88	40	0	0	0	434	13
CE19849	2,93	0	0	0	0	40	300	20	100	100	0	0	0	560	16
CE20174	2,93	0	0	0	0	160	140	180	240	200	0	0	0	920	27
CE20217	2,93	0	0	0	0	560	360	500	540	760	0	360	440	3.520	103
Totales		4.469	2.522	3.813	4.988	5.629	5.676	5.356	6.032	5.542	0	3.396	4.356	51.779	2277
Horas std necesarias		205,15	111,48	169,55	216,63	245,63	247,63	233,75	263,21	241,61	0,00	150,11	192,43	2277,17	
Horas necesarias		192,62	104,68	159,20	203,41	230,64	232,51	219,49	247,14	226,86	0,00	140,95	180,69	2138,19	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10	
Horas disponibles		301,89	150,94	211,32	301,89	286,79	286,79	271,70	301,89	362,26	1,51	271,70	347,17	3095,85	
Operarios necesarios		1,28	1,39	1,51	1,35	1,61	1,62	1,62	1,64	1,25	0,00	1,04	1,04	1,38	

Cobertura productiva	**0,75**
Eficiencia	**1,42**
Operarios	**2**
Absentismo	**1,06**

Tabla 4.1: Cargas previstas de la célula 231 para el año fiscal 2011 en la situación inicial y características relevantes de la célula.

Carga 2011 Rectificadora Schaudt															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´1	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
H133161	5,1	720	170	250	510	540	600	660	830	780	0	460	600	6.120	312
CE19091	5,1	154	220	292	304	230	230	150	116	136	0	0	0	1.832	93
Z12780	5,1	46	56	54	96	110	66	56	44	30	0	0	0	558	28
Z13322	5,1	20	20	22	40	40	40	18	10	4	0	0	0	214	11
Z13324	5,1	10	14	12	18	22	16	12	8	2	0	0	0	114	6
H145081	3,4	539	542	809	1120	1065	1066	1006	1120	854	0	900	1150	10.171	346
CE20948	6	800	440	650	780	644	744	708	720	560	0	656	766	7.468	448
CE20949	6	280	100	160	140	230	130	120	200	160	0	100	200	1.820	109
CE18212	11,6	1080	540	810	920	874	874	828	920	720	0	756	966	9.288	1077
Totales		3.649	2.102	3.059	3.928	3.755	3.766	3.558	3.968	3.246	0	2.877	3.682	37.590	2161
Horas std necesarias		256,86	137,95	202,20	249,37	238,08	238,62	225,63	251,41	204,31	0,00	187,12	239,72	2431,24	
Horas necesarias		241,18	129,53	189,86	234,15	223,55	224,06	211,86	236,06	191,84	0,00	175,70	225,09	2282,85	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10	
Horas disponibles		301,89	150,94	211,32	301,89	286,79	286,79	271,70	301,89	362,26	1,51	271,70	347,17	3095,85	
Operarios necesarios		1,60	1,72	1,80	1,55	1,56	1,56	1,56	1,56	1,06	0,00	1,29	1,30	1,47	

Cobertura productiva	**0,75**
Eficiencia	**1,42**
Operarios	**2**
Absentismo	**1,06**

Tabla 4.2: Cargas previstas de la célula Schaudt para el año fiscal 2011 en la situación inicial y características relevantes de la célula.

Carga 2011 rectificadoras Danobat y Tachella															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
CE17888	4,54	539	542	809	1.120	1.065	1.066	1.006	1.120	854	0	900	1.150	**10.171**	**461,76**
E63299	6,67	245	190	26	180	130	145	2	0	82	0	156	20	**1.176**	**78,44**
H118367	4,03	539	542	809	1.120	1.065	1.066	1.006	1.120	854	0	900	1.150	**10.171**	**409,89**
CE19939	4,85	3.500	1.750	3.300	4.400	4.180	3.420	3.240	3.600	1.200	0	2.340	2.990	**33.920**	**1.645,12**
CE19096	5,53	340	416	648	472	444	376	278	220	246	0	0	0	**3.440**	**190,23**
T218791	7,2	23	16	15	26	14	18	14	12	8	0	20	12	**178**	**12,82**
T218793	9	15	8	19	16	0	0	0	0	0	0	10	10	**78**	**7,02**
T218794	9	32	2	9	12	0	20	18	10	14	0	8	12	**137**	**12,33**
T218795	9	24	24	0	26	24	44	28	16	8	0	18	11	**223**	**20,07**
T218796	9	50	16	60	60	50	20	0	26	50	0	32	60	**424**	**38,16**
CE21590	4,4	200	298	270	218	0	100	100	150	225	0	0	0	**1.561**	**68,68**
CE18223	6,81	610	64	134	518	502	576	620	788	712	0	460	600	**5.584**	**380,27**
N377016	4,4	400	0	0	175	200	162	0	0	43	0	64	0	**1.044**	**45,94**
T216996	9	97	26	88	88	50	40	18	36	64	0	50	82	**639**	**57,51**
T216997	9	47	40	15	52	38	62	42	28	16	0	38	23	**401**	**36,09**
Totales		6.661	3.934	6.202	8.483	7.762	7.115	6.372	7.126	4.376	0	4.996	6.120	**69.147**	**3.313**
Horas std necesarias		344,53	196,06	306,23	424,79	385,80	356,48	316,03	354,32	225,00	0,00	250,65	304,45	**3464,33**	
Horas necesarias		285,45	162,44	253,71	351,94	319,63	295,34	261,83	293,55	186,41	0,00	207,66	252,24	2870,20	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	**205,10**	
Horas disponibles		452,83	226,42	316,98	452,83	430,19	430,19	407,55	452,83	543,40	2,26	407,55	520,75	4643,77	
Operarios necesarios		1,89	2,15	2,40	2,33	2,23	2,06	1,93	1,94	1,03	0,00	1,53	0,51	1,85	

Cobertura productiva	**0,85**
Eficiencia	**1,42**
Operarios	**3**
Absentismo	**1,06**

Tabla 4.3: Cargas previstas de la célula 232 para el año fiscal 2011 en la situación inicial y características relevantes de la célula.

Tal y como se puede observar en las tablas, serían necesarios dos operarios (y por consiguiente dos turnos) para abarcar la producción total demandada para el año fiscal 2011 en las rectificadoras Fortuna (célula 231) y en la Schaudt. En todos los meses del año fiscal, estos dos operarios nos resultan suficientes.

Por el contrario, en la célula 232 (rectificadoras Schaudt y Tachella), determinamos necesarios tres operarios, ya que los meses del año fiscal con más carga de trabajo en esta máquina implican la necesidad de un tercer turno en algún momento. Recordamos que estamos hablando de previsión de la demanda y que por tanto los datos no son reales, aunque la tendencia si es realista.

4.2.2 LAYOUT Y FLUJO DE MATERIALES CON LA SITUACIÓN ACTUAL PARA EL AÑO FISCAL 2011

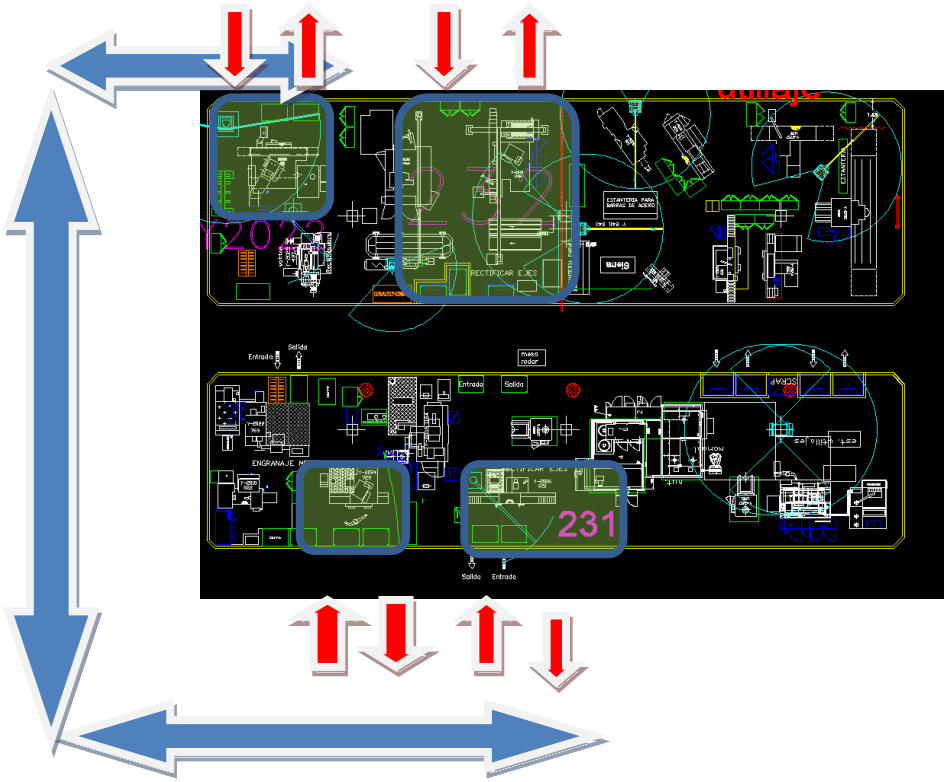
A continuación pasaremos a describir la situación de la nave, concretamente de las células involucradas, en lo que se refiere al layout y flujo de materiales.

Tal y como comentamos anteriormente, las piezas que llegan a la nave 6 pasan previamente por la nave 1 donde son mecanizadas, tratadas térmicamente y, si es necesario, enderezadas. Posteriormente se almacenan en los pasillos pegados a las paredes desde donde son conducidas a su posición inicial en la célula (bandeja de piezas sin procesar P.S.P) desde donde son rectificadas y trasladadas a la bandeja de piezas procesadas (P.P).

Asimismo, como se puede observar en la tabla de cargas muchas de las referencias son rectificadas en dos operaciones distintas y sucesivas, que se hacen en un orden indiferente, y que por tanto, han de pasar por las células 231 y la rectificadora Schaudt. Es necesario por lo tanto un transporte de las bandejas con piezas entre ambas máquinas entre operaciones, que se realiza por medio de un carretillero y a través de los pasillos. Esta situación, el layout actual y el flujo de material en estos casos se muestra a continuación:

Las flechas verdes muestran el flujo de materiales de las piezas que pasan por la célula 231 y después por la Schaudt o viceversa. En total tenemos 7 piezas, las de las familias 1 y 3 en donde el flujo de material discurre así.

La pieza CE17888 de la familia 2, pasa por la célula 232 y por la 231, con lo que su flujo sería muy parecido a las anteriores



Las flechas rojas indican el flujo de materiales de las piezas cuyas operaciones de rectificado se hacen todas ellas en la misma célula o máquina. En total hablamos de 6 piezas en la célula 231, 2 piezas en la célula Schaudt y 14 piezas en la célula 232.

Fig. 4.1: Layout y flujo de materiales en la situación actual en las rectificadoras de ejes de la nave 6.

Como se puede comprobar, la distribución de ambas máquinas, alejadas entre sí, hace necesaria la intervención de carretillas para desplazar las bandejas de piezas entre células. Por lo tanto, entre operación y operación es necesario un desplazamiento (flechas verdes).

En los otros casos, el desplazamiento es dentro de las propias células, entre las bandejas de piezas sin procesar y las de piezas procesadas (flechas rojas).

4.2.3 CAPACIDAD PREVISTA, HORAS ESTÁNDAR Y OPERARIOS NECESARIOS POR CÉLULA PARA EL AÑO FISCAL 2011 CON LA NUEVA RECTIFICADORA DE EJES

Como hemos venido relatando a lo largo del documento, uno de los objetivos fundamentales es la sustitución de tres máquinas antiguas con averías frecuentes y paradas para cambio de utillaje para cada referencia muy habituales, por una nueva máquina capaz de realizar varias operaciones de rectificado una a continuación de la otra y con utillaje más estandarizado.

4.2.3.1 NUEVA RECTIFICADORA DE EJES

Lo primero que debemos hacer, es realizar la selección del equipo de rectificado de exteriores que vamos a incorporar en nuestro proyecto. Para ello, debemos hacer un listado de "*musts*", es decir, el conjunto de características técnicas que ha de poseer el equipo de forma obligatoria para cubrir nuestras necesidades mínimas. Este conjunto de características descartan cualquier modelo que no cumpla alguna de ellas:

Musts

- Cumplimiento de especificaciones y calidad de las piezas.
- Plazo de entrega inferior a 12 meses.
- Cumplimiento del tiempo de ciclo.
- Cumplimiento de las normas de John Deere Ibérica S.A. en cuanto a seguridad, ergonomía…
- Control numérico Siemens.
- Refrigeración del armario eléctrico.
- Teleservicio.
- Aspirador de Vahos.

- Certificación CE.
- Proceso en un solo amarre.

Una vez marcadas estas características, seleccionaremos de entre nuestros proveedores habituales, los modelos más convenientes. Tras un estudio del mercado de equipos de rectificado, estos son los proveedores que ofrecen los modelos que más se ajustan a las características solicitadas:

- Danobat
- Schaudt
- Tacchella

Danobat

Danobat Group es una multinacional de origen español (País Vasco) cuyas actividades rondan los sectores aeroespacial, de la automoción, bienes de equipo, energía eólica, ferrocarril, petróleo y gas y talleres de subcontratación.

Fig. 4.2: Logo de Danobat Group.

Modelos elegidos:

- PG-600-B8
- CG-1000-BH3

Página web: www.danobatgroup.com

Schaudt

Schaudt Mikrosa es una compañía alemana de suministro de bienes de equipo que opera a nivel europeo. Abastece principalmente a la industria automotriz y a otros proveedores externos con máquinas de rectificado universal y de ejes y árboles de levas.

Fig. 4.3: Logo de Schaudt.

Modelos elegidos:

- FLEX GRIND M1000

Página web: www.schaudt.com

Tacchella

Tacchella es una compañía italiana que opera a nivel europeo desde hace más de 80 años. Es un fabricante de máquina herramienta con planta den Cassine (Italia). Sus principales productos son rectificadoras universales, de alta producción, de rectificado de exteriores cilíndricos, equipos especiales y software.

Fig. 4.4: Logo Tacchella.

Modelos elegidos:

- PROFLEX 2 Mod C1.60

Página web: www.tacchella.it

Una vez seleccionados los proveedores interesantes así como sus modelos pertinentes, se procede a realizar un análisis de sus productos y la toma de decisión al respecto de los mismos mediante un análisis de decisión.

ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERO

Los criterios a partir de los cuales se va a escoger el modelo de rectificadora no son sólo de carácter cuantitativo, sino también de tipo cualitativo. Por ejemplo, está claro que haremos un análisis del conjunto de costes que nos supondrá la compra de la máquina así como los descuentos que el proveedor nos aplique sobre ella (análisis cuantitativo), interesándonos aquella que nos dé lugar al presupuesto más ventajoso. Sin embargo, también tendremos de alguna manera que valorar todos aquellos criterios que no puedan ser valorados de forma cuantitativa, como podría ser el sistema de diamantado, el sistema de arrastre… que por decirlo de algún modo, pueden dar un valor añadido a la máquina que no es tan fácilmente cuantificable. Este caso, ilustra la complejidad de ciertos problemas de decisión, en los cales una alternativa puede ser considerada como la mejor en función de un objetivo y la peor en función de otro.

En casos similares al anterior, los problemas de decisión tienen que ver con 2 o más criterios, los cuales están en conflicto entre sí en el momento que el decisor

busca identificar la mejor alternativa. Esto hace que para alcanzar la meta de seleccionar la alternativa prioritaria es necesario un trueque entre los múltiples criterios.

Para resolver estos problemas de decisión multicriterio discreta, se pueden utilizar diversas técnicas de mayor o menor complejidad y precisión. A lo largo de este apartado teórico vamos a introducir solamente la técnica de *Scoring* o Método de Sumas Ponderadas ya que siendo la más sencilla de aplicar, se ajusta a perfectamente nuestras necesidades.

MÉTODO DE SCORING O SUMAS PONDERADAS

Esta técnica parte de la base que el decisor debe establecer la importancia relativa de cada uno de los objetivos para luego definir una estructura de preferencias entre las alternativas identificadas. El resultado final resulta en una clasificación de las alternativas, indicando la preferencia general asociada a cada una de ellas, lo que permite identificar la mejor alternativa a recomendar.

El método de Scoring o Sumas Ponderadas es una manera rápida y sencilla para identificar la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterio.

Las etapas del método son las siguientes:

1. Identificar la *meta general del problema*.
2. Identificar las *alternativas*.
3. Listar los *criterios* a emplear en la toma de decisión.
4. Asignar una *ponderación* para cada uno de los criterios. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
5. Calcular el "*score*" o puntuación para cada una de las alternativas.
6. Ordenar las alternativas en función del "score". La alternativa con el "score" más alto representa la alternativa a recomendar.

Modelo para calcular el score:

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

Donde:

- r_{ij} = rating de la alternativa j en función del criterio i.
- w_i = ponderación para cada criterio i.
- S_j = score para la alternativa j.

A continuación se muestra el cuadro de análisis de decisión del modelo de rectificadora de exteriores según el método Scoring. Posteriormente procederemos a hacer una breve explicación así como un análisis de los resultados y decisión final.

ANÁLISIS DE DECISIÓN RECTIFICADORAS

			ALTERNATIVAS											
	CRITERIOS DE DECISIÓN	FABRICANTE	DANOBAT			DANOBAT			SCHAUDT			TACCHELLA		
		MODELO	PG-600-B8			CG-1000-BH3			FLEX GRIND M1000			PROFLEX 2 Mod C1.60		
	MUSTS	OBJETIVO		OK / NG			OK / NG			OK / NG			OK / NG	
	Cumplimiento especificaciones calidad piezas	S/ Planos	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Plazo de entrega (meses)	< 12	9,5	OK		9	OK		10	OK		8	OK	
	Cumplimiento tiempo de ciclo	S/ Especific.	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Cumplimiento normas JDISA	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Control numérico	Siemens	Sinumerik 840 D	OK		Sinumerik 840 D	OK		Sinumerik 840 D	OK		Sinumerik 840 D	OK	
	Refrigeración armario eléctrico	SI	Acondicionador	OK		Intercambiador de calor	OK		Acondicionador	OK		Acondicionador	OK	
	Teleservicio	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Aspirador de vahos	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Certificación CE	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Proceso en un solo amarre	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	WANTS	PONDERACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS
CARACTERÍSTICAS MÁQUINA	Material bancada	6	Fundición	4	24	Fundición	4	24	Acero soldado	3	18	Fundición	4	24
	Longitud entre puntos (mm)	5	600	3	15	600	3	15	1000	4	20	1200	5	25
	Potencia cabezal muela (Kw)	3	11 + 11	4	12	11	2	6	20 + 20	5	15	15	3	9
	Ø Máximo muela (mm)	7	610	4	28	610	3	21	610	4	28	610	4	28
	Detección contacto muela-pieza	7	SI (¿marca?)	3	21	SI (¿marca?)	3	21	SI (Marposs)	3	21	SI (¿marca?)	3	21
	Longitud Max. Rectificable (mm)	5	600	3	15	>>600	4	20	1000	5	25	800	4	20
	Máxima carga entre puntos (Kg)	4	80	2	8	80	2	8	500	5	20	100	3	12
	Medición "in process" / posicionador axial	8	SI / SI (Marposs)	4	32	SI / SI (Marposs)	4	32	SI / SI (Diatronic)	4	32	SI / SI (Marposs)	4	32
	Sistema de diamantado	5	Loseta	3	15	Loseta	3	15	Loseta	3	15	Loseta	3	15
	Accionamiento eje "X"	4	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12
	Accionamiento eje "Z"	4	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12
	Cono del punto / contrapunto (Morse)	5	5 / 4	4	20	5 / 4	4	20	6 / 5	5	25	5 / 4	4	20
	Velocidad de corte constante	6	SI	5	30	SI	5	30	SI	5	30	SI	5	30
	Nº ejes numéricos	4	3	4	16	3	4	16	3	4	16	3	4	16
	Equilibrado dinámico muela	7	SI (¿marca?)	5	35	SI (¿marca?)	5	35	SI (Marposs)	5	35	SI (¿marca?)	5	35
	Increm.mínimo programable ángulo cabezal muela (º)	2	0	4	8	1	2	4	0	4	8	0	4	8
	Accionamiento giro cabezal portamuelas	3	Servomotor	3	9	Servomotor	3	9	Servomotor	3	9	Servomotor	3	9
	Disposición cabezal portamuelas	10	2 muelas / 2 mandrinos	5	50	2 muelas / 1 mandrino	2	20	2 muelas / 2 mandrinos	5	50	2 muelas / 1 mandrino	2	20
	Grados cabezal portamuela	7	+20º/-30º	3	21	+20º/-30º	3	21	-45º/+45º	5	35	+30º/-30º	3	21
	Capacidad tanque taladrina	5	1000	4	20	1000	3	15	2050	5	25	1000	4	20
	Sistema de arrastre	7	Estriado	5	35	Estriado	5	35	Estriado	5	35	Estriado	5	35
VOLUMEN DE SUMINISTRO (Precios sin descuento)	Máquina base + pedal accionamiento contrapunto		418.370		0	242.870		0	574.120		0	392.800		0
	Medidor in process + posicionador axial		28.620		0	28.620		0	77.960		0	46.500		0
	Equilibrador + detección contacto muela-pieza		15.930		0	15.930		0	Incluido en M. Base		0	Incluido en M. Base		0
	Tanque de taladrina		10.290		0	10.290		0	54.340		0	10.500		0
	Sistema de amarre y arrastre de pieza		18.070		0	18.070		0	17.250		0	10.400		0
	Aspirador de vahos		3.540		0	3.540		0	5.170		0	5.500		0
	Preparación carga automática		10.440		0	10.440		0	12.500		0	10.000		0
	Muelas, portamuelas y diamantes		5.765		0	4.625		0	13.610		0	8.800		0
	Acondicionador armario eléctrico + baliza + otros		2.750		0	2.750		0	Incluido en M. Base		0	Incluido en M. Base		0
	Normas JDISA		6.200		0	5.600		0	63.180		0	2.000		0
	Instalación, puesta en marcha y aceptaciones		16.220		0	16.220		0	82.240		0	13.000		0
	Formación		5.260		0	5.260		0	18.650		0	5.000		0
	Embalaje para transporte		1.110		0	960		0	3.400		0	Incluido		0
	teleservicio		1.470		0	1.470		0	640		0	5.000		0
	Carga automática (pórtico + conveyor)		161.000		0	No cotizado		0	No cotizado		0	120.000		0
	Transporte y seguro		No incluido		0	No incluido			No incluido		0	No incluido		0
PROVEEDOR	Asistencia técnica desde... (País)	6	España	5	30	España	5	30	Alemania	3	18	Italia	4	24
	Conocimiento de las máquinas por personal JDISA	4	Alto	5	20	Alto	5	20	Baja	3	12	Medio	4	16
	Compatibilidad repuestos con rectificadoras existentes	5	Media	3	15	Media	3	15	Baja	1	5	Media	3	15
	Garantía	8	1 año (M.O.+ Mat)	4	32	1 año (M.O.+ Mat)	4	32	1 año	4	32	1 año (M.O.+ Mat)	4	32
	PUNTUACIÓN TOTAL				535			488			553			511
	PRECIO FINAL TRAS DESCUENTOS (€)	-	-		438.000	-		424.000	-		648.000	-		422.500
	RELACIÓN EUROS / PUNTO				818,7			868,9			1.171,8			826,8

Tabla 4.4: Análisis de decisión multicriterio para rectificadora de ejes según método de sumas ponderadas.

En principio, a la hora de seleccionar los equipos de cada proveedor, ya teníamos claro que cumplían, de mejor o peor manera, los "*musts*" o características imperativas. Esta información se muestra en la primera parte del cuadro.

En la segunda parte del cuadro, "características", se hace el análisis de ponderación, dando lugar a una serie de puntuaciones dependiendo del peso de la característica y su valoración.

$$Puntuación = Ponderación \times Valoración$$

En la parte de "volumen de suministro", se hace una valoración económica. Se estiman cada uno de los costes de cada uno de los elementos y servicios del equipo por separado pero sin tener en cuenta los descuentos. En la parte de "proveedor" se puntúan sus servicios para ser tenidos en cuenta.

La última parte del análisis son los resultados propiamente dichos:

- Puntuación total: Es la suma de todas las puntuaciones del modelo.

$$Puntuación\ Total = \sum_{i=1}^{n} Puntuaciones$$

- Precio final tras el descuento: Es un precio dado por el proveedor como resultado de sumar todos los conceptos en costes y aplicando un descuento particular a la compañía John Deere Ibérica S.A.

- Relación €/PTO: Es incremento de coste que supone aumentar en un punto el valor del equipo. Se define a partir de la siguiente fórmula:

$$Relación\ {}^{€}/_{PTO} = \frac{Precio\ Final\ Tras\ Descuentos}{Puntuación\ Total}$$

A priori, el modelo CG-1000-BH3 de Danobat no destaca en ningún aspecto. En cambio, el modelo del proveedor Schaudt alcanza la mayor puntuación y el de la italiana Tacchella el menor coste. A pesar de ello, el modelo que resulta elegido es el **PG-600-B8** de Danobat ya que es el modelo más equilibrado que da lugar a la relación €/PTO más ajustada.

4.2.3.2 CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DE LA NUEVA RECTIFICADORA DE EJES DANOBAT PG-600-B8

La nueva máquina, por lo tanto, reúne como características fundamentales:

- Tecnología que incluye un doble cabezal de rectificado que permite rectificar ambas superficies en una sola operación (proceso en un solo amarre), al contrario que las máquinas antiguas que solo podían realizar una operación sin cambiar de utillaje. Del mismo modo, puede rectificar prácticamente cualquier perfil que se le demande y cada uno de los cabezales se puede controlar de forma independiente, con lo que la flexibilidad obtenida es mucho mayor.

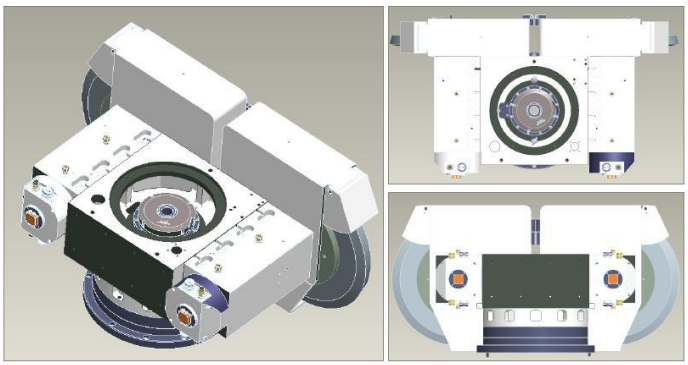


Fig. 4.5: Doble cabezal de rectificado.

- Esta máquina, asimismo, permite rectificar diámetros y caras (refrentar) simultáneamente. Como peculiaridad el doble cabezal permite seleccionar las muelas adecuadas en función de las referencias así como aprovechar el tiempo de máquina en el rectificado de una de las operaciones para diamantar la otra muela, sin necesidad de parar la máquina, con el consiguiente ahorro en el tiempo de ciclo (este dato se observa en el estándar).

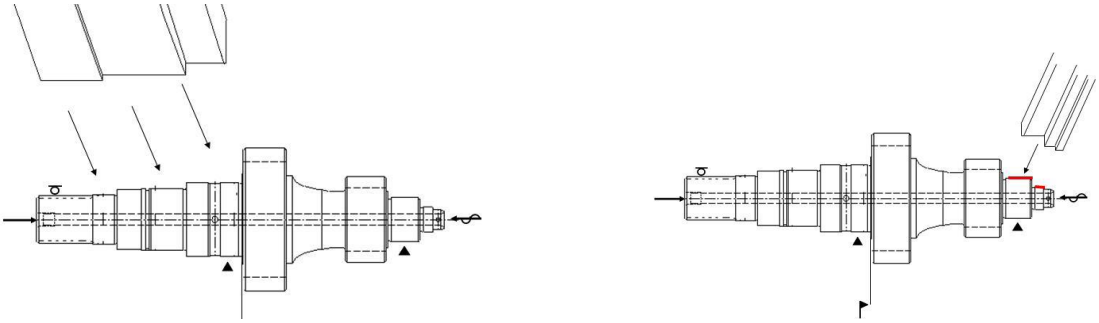


Fig. 4.6: Rectificado de los distintos diámetros en una única operación.

Tal y como se puede ver en la imagen, la pieza se mantiene fija en su posición, introduciéndose en el cargador las dos muelas con las dimensiones necesarias (en cuanto a diámetro máximo, forma y espesor). La tecnología de la máquina hace posible el desplazamiento longitudinal de una de las muelas para terminar de rectificar una de las superficies. Una vez que esto se ha producido, automáticamente se produce el giro del cabezal, situándose la segunda muela en su posición de partida y lista para efectuar la siguiente operación.

- Mejora del control dimensional del proceso. Permite controlar dimensionalmente el 100% de las referencias mejorando por tanto las piezas buenas, eludiendo los reprocesos y manteniendo la filosofía JD en lo que a "cero defectos" se refiere. No obstante, es necesario un banco de control dimensional situado próximo a la pieza para verificar que las tolerancias dimensionales se ajustan a los parámetros permitidos. (Este banco de control dimensional no está incluido en el precio total de la máquina al ser proporcionado por otro proveedor, pero sí se tiene en cuenta a la hora de valorar el presupuesto total del proyecto, tal y como ocurre en el capítulo del análisis económico).

- Reducción de las piezas sacadas de fábrica por falta de capacidad de la rectificadora. Esta nueva máquina, con las mejoras que introduce, es capaz de conseguir albergar toda la demanda de piezas para el año fiscal actual y los sucesivos trabajando en dos o tres turnos.

  Esto es posible debido a que se mejoran los parámetros de rectificado con respecto a los existentes en las máquinas antiguas (los tiempos de ciclo oscilan entre los 30 segundos y los 180 segundos en función de la

referencia, suponiendo ahorros de tiempo máquina bastante considerables. Estos tiempos incluyen el avance automático de las piezas desde el conveyor de carga hasta la posición del cabezal, el rectificado, y la salida de la pieza hasta el conveyor de salida, lista para ser descargada por el operario).

Del mismo modo, se hacen dos operaciones en una misma máquina, eliminando acciones repetitivas al existir antiguamente dos (lo que implica dos cargas y dos descargas por ejemplo). Por lo tanto, la reducción de tiempo de ciclo y los ahorros de tiempo en cargas y descargas al tener una en vez de dos, y un conveyor en la entrada y la salida que hace de buffer, hacen posible que el farm out se elimine. Se consigue producir el 100% de las referencias in house, con los consiguientes ahorros que esto implica. (En el estudio de las nuevas cargas y operarios necesarios en la situación futura, en el anexo, se mostrarán estas modificaciones).

- Elevado nivel de autonomía y automatización: El operario debe realizar la carga y descarga en conveyors, y las mediciones para la comprobación del cumplimiento de los parámetros dimensionales. Está, por lo tanto, preparada para trabajar en una célula totalmente automatizada que permite mejorar la productividad.

4.2.3.3 CAPACIDAD Y OPERARIOS PREVISTOS CON LA NUEVA RECTIFICADORA PARA EL AÑO FISCAL 2011

A continuación pasaremos a mostrar el resultado de la sustitución de la nueva rectificadora de ejes por las rectificadoras antiguas y la redistribución de las referencias que no es capaz de albergar dicha rectificadora.

Para ello mostraremos una tabla similar a la de las cargas de las máquinas pero para la nueva situación prevista. Para analizar la capacidad productiva y los operarios necesarios tenemos que estimar un tiempo de ciclo nuevo para el proceso de rectificado de cada una de las referencias implicadas.

Estos cálculos vienen reflejados en el anexo II, en donde en función del tiempo de rectificado (en la mayoría de las referencias lo ofrece el proveedor), del tipo de pieza (si su carga es manual o con polipasto, el número de medidas a controlar) o la disposición de las bandejas de material procesado o sin procesar, se estima un tiempo estándar para cada una de las referencias.

Una vez tenemos este tiempo estándar (siempre previsto), podemos calcular los operarios necesarios en la célula en función de la previsión de la demanda. Los datos de la demanda prevista son iguales a los que obteníamos en la situación actual.

Fig. 4.7: Rectificadora DanobatPG 600 B8.

Carga 2011 Rectificadora nueva															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
H133161	3,83	720	170	250	510	540	600	660	830	780	0	460	600	6.120	234
CE19091	3,83	154	220	292	304	230	230	150	116	136	0	0	0	1.832	70
Z12780	3,83	46	56	54	96	110	66	56	44	30	0	0	0	558	21
Z13322	3,83	20	20	22	40	40	40	18	10	4	0	0	0	214	8
Z13324	3,83	10	14	12	18	22	16	12	8	2	0	0	0	114	4
CE17888	4,97	539	542	809	1120	1065	1066	1006	1120	854	0	900	1150	10.171	505
CE20948	7,07	800	440	650	780	644	744	708	720	560	0	656	766	7.468	528
CE20949	7,07	280	100	160	140	230	130	120	200	160	0	100	200	1.820	129
CE18212	6,87	1080	540	810	920	874	874	828	920	720	0	756	966	9.288	638
CE19330	4,61	239	260	100	256	212	315	196	423	234	0	350	350	2.935	135
CE20126	4,61	239	260	100	256	212	315	196	423	234	0	350	350	2.935	135
H165508	2,61	1620	680	1264	1880	1692	1744	1656	1896	1756	0	920	1200	16.308	425,64
H145081	2,19	539	542	809	1120	1065	1066	1006	1120	854	0	900	1150	10.171	223
Totales		6.286	3.844	5.332	7.440	6.936	7.206	6.612	7.830	6.324	0	5.392	6.732	69.934	2900
Horas std necesarias		289,85	174,19	237,18	318,19	297,88	309,18	283,06	335,53	265,38	0,00	243,73	303,57	3057,73	
Horas necesarias		240,14	144,31	196,50	263,62	246,79	256,16	234,52	277,99	219,87	0,00	201,93	251,51	2533,33	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10	
Horas disponibles		301,89	150,94	211,32	301,89	286,79	286,79	271,70	301,89	362,26	1,51	271,70	347,17	3095,85	
Operarios necesarios		1,59	1,91	1,86	1,75	1,72	1,79	1,73	1,84	1,21	0,00	1,49	1,45	1,64	

Cobertura productiva	**0,85**
Eficiencia	**1,42**
Operarios	**2**
Absentismo	**1,06**

Tabla 4.5: Carga de la Rectificadora Danobat PG 600 B8 y resumen de datos relevantes.

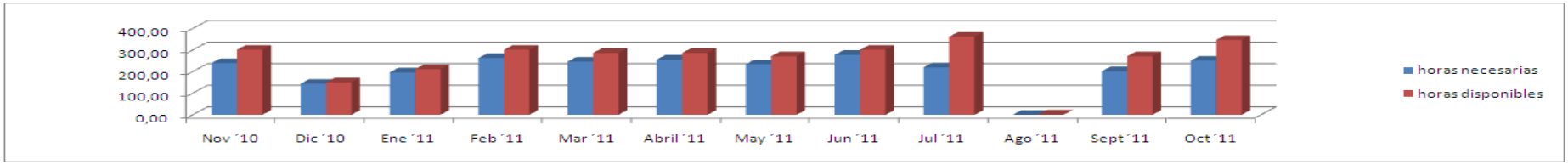


Fig. 4.8: Gráfico comparativo horas necesarias vs disponibles en la Rectificadora Danobat PG 600

Carga 2011 Rectificadoras Danobat y Tachella															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
E63299	6,67	245	190	26	180	130	145	2	0	82	0	156	20	1.176	78,44
H118367	4,03	539	542	809	1.120	1.065	1.066	1.006	1.120	854	0	900	1.150	10.171	409,89
CE19939	4,85	3.500	1.750	3.300	4.400	4.180	3.420	3.240	3.600	1.200	0	2.340	2.990	33.920	1645,12
CE19096	5,53	340	416	648	472	444	376	278	220	246	0	0	0	3.440	190,23
T218791	9	23	16	15	26	14	18	14	12	8	0	20	12	178	16,02
T218793	9	15	8	19	16	0	0	0	0	0	0	10	10	78	7,02
T218794	9	32	2	9	12	0	20	18	10	14	0	8	12	137	12,33
T218795	9	24	24	0	26	24	44	28	16	8	0	18	11	223	20,07
T218796	9	50	16	60	60	50	20	0	26	50	0	32	60	424	38,16
CE21590	4,4	200	298	270	218	0	100	100	150	225	0	0	0	1.561	68,68
CE18223	6,81	610	64	134	518	502	576	620	788	712	0	460	600	5.584	380,27
N377016	4,4	400	0	0	175	200	162	0	0	43	0	64	0	1.044	45,94
T216996	9	97	26	88	88	50	40	18	36	64	0	50	82	639	57,51
T216997	9	47	40	15	52	38	62	42	28	16	0	38	23	401	36,09
CE19514	2,93	280	280	300	100	200	160	140	120	160	0	0	0	1.740	50,98
CE19837	2,93	0	0	0	0	96	80	130	88	40	0	0	0	434	12,72
CE19849	2,93	0	0	0	0	40	300	20	100	100	0	0	0	560	16,41
CE20174	2,93	0	0	0	0	160	140	180	240	200	0	0	0	920	26,96
CE20217	2,93	0	0	0	0	560	360	500	540	760	0	360	440	3.520	103,14
Totales		6.402	3.672	5.693	7.463	7.753	7.089	6.336	7.094	4.782	0	4.456	5.410	66.150	3372,63
Horas std necesarias		328,68	179,95	278,56	377,34	368,64	338,88	299,03	335,56	223,29	0,00	220,70	265,35	3372,63	
Horas necesarias		272,31	149,09	230,78	312,63	305,42	280,76	247,75	278,01	184,99	0,00	182,85	219,84	2794,23	
Dias laborables		20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	23,00	
Horas disponibles		452,83	226,42	316,98	452,83	430,19	430,19	407,55	452,83	543,40	2,26	407,55	520,75	4643,77	
Operarios necesarios		1,80	1,98	2,18	2,07	2,13	1,96	1,82	1,84	1,02	0,00	1,35	1,27	1,81	

Cobertura productiva	**0,85**
Eficiencia	**1,42**
Operarios	**3**
Absentismo	**1,06**

Tabla 4.6: Carga de la célula 232 en la nueva situación prevista y resumen con datos relevantes en la célula con la nueva situación.

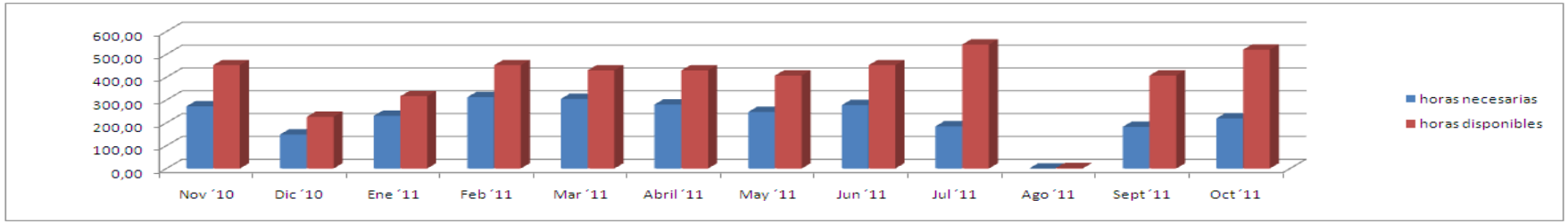


Fig. 4.9: Gráfico comparativo horas necesarias vs disponibles en la célula 232 en la nueva situación prevista

Con las mejoras obtenidas en los tiempos estándar de las diferentes referencias, mostradas en el anexo, hemos conseguido abarcar con la totalidad de la producción prevista reduciendo número de máquinas, horas estándar por operación, y operarios. A continuación se mostrará una tabla comparativa con la situación inicial y final en lo que respecta a los parámetros característicos más importantes de la producción.

	Situación inicial	Situación final	Resultado del cambio
Número de máquinas	3	1	✓
Nº operaciones por máquina	1	2	✓
Horas estándar	Elevadas	Reducción considerable.	✓
Paradas por rotura	Bastante frecuentes y con tiempo de reparación elevado.	En principio nulas.	✓
Cobertura productiva	0,75 (Fortunas y Schaudt)	0,85	✓
Número de operarios	2(Fortunas)+2(Schaudt)	2	✓

Tabla 4.7: Comparativa células 231 y Schaudt vs Danobat PG 600 B8.

	Situación inicial	Situación final	Resultado del cambio
Operarios	3	3	=

Tabla 4.8: Comparativa de célula 232 en cuanto a operarios necesarios antes y después de instalar la nueva rectificadora de ejes.

4.2.3.4 LAYOUT Y FLUJO DE MATERIALES PREVISTOS CON LA NUEVA RECTIFICADORA PARA EL AÑO FISCAL 2011

A continuación mostraremos el layout previsto de la nave con los cambios necesarios para ubicar la nueva rectificadora, explicando dichos cambios:

Lo primero que hay que hacer es hacer hueco para colocar la nueva rectificadora de ejes. Para ello es necesario eliminar aquellas máquinas que por obsolescencia van a ser retiradas. Distinguimos tres tipos de acciones distintas:

Phase out: Se denominan todas aquellas acciones que implican retirada de la maquinaria, esto es, las máquinas no nos sirven y por tanto son directamente chatarra. Se realiza con las máquinas viejas fundamentalmente. Se indicarán con una forma de color rojo

Relocation: Dícese de todo movimiento de máquinas desde su ubicación inicial hasta otra ubicación, bien temporal o bien definitiva. Esto se suele realizar con máquinas que se emplean como soporte a otras máquinas nuevas cuyo periodo de funcionamiento al 100% de su capacidad es relativamente largo debido a que implica periodos de formación de operarios, instalación y puesta a punto relativamente grandes (mayores a un mes). Se mostraran en el layout con una forma de color azul.

Phase in: Son instalaciones de nuevas máquinas. Se indican en color verde.

Por tanto, vamos a ver la evolución del layout de rectificado y como se mueven, reubican o instalas las distintas máquinas implicadas en el proceso. (Fig 4.10)

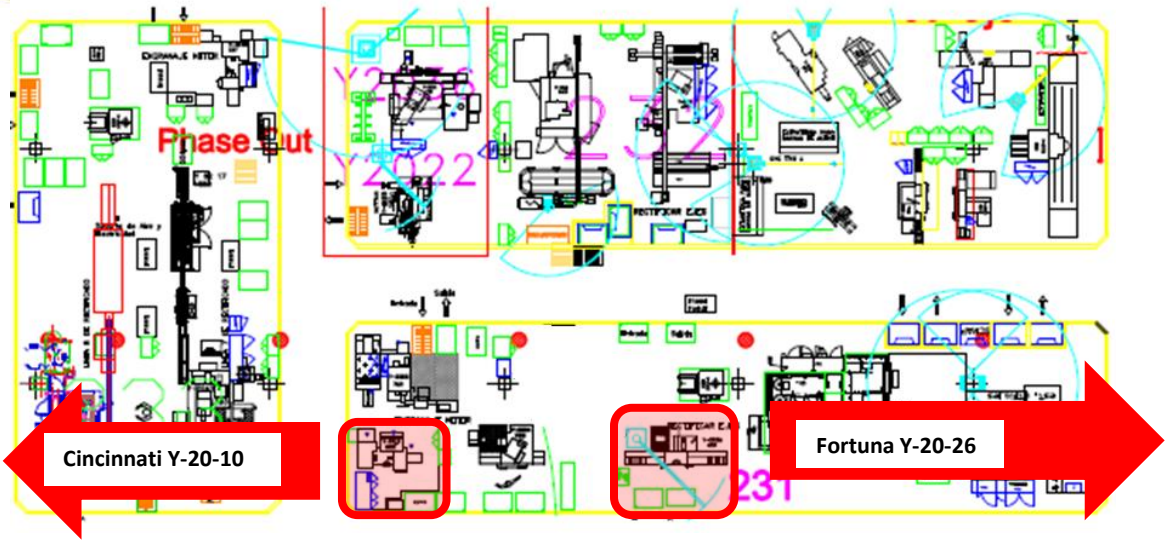


Fig. 4.10: Situación inicial en la nave 6.

Las primeras máquinas que salen de la fábrica debido a su obsolescencia, suponiendo por tanto un phase out son las rectificadoras Fortuna Y-20-26 y Cincinnati Y-20-10. Esta última es una rectificadora de engranajes de transmisión. Durante el tiempo que transcurre entre que salen estas máquinas y entra la nueva rectificadora de ejes la producción de la Fortuna es asumida por la otra Fortuna que permanece en la célula 231, mientras que la producción de la Cincinatti es asumida por otras rectificadoras de engranajes de trasmisión.

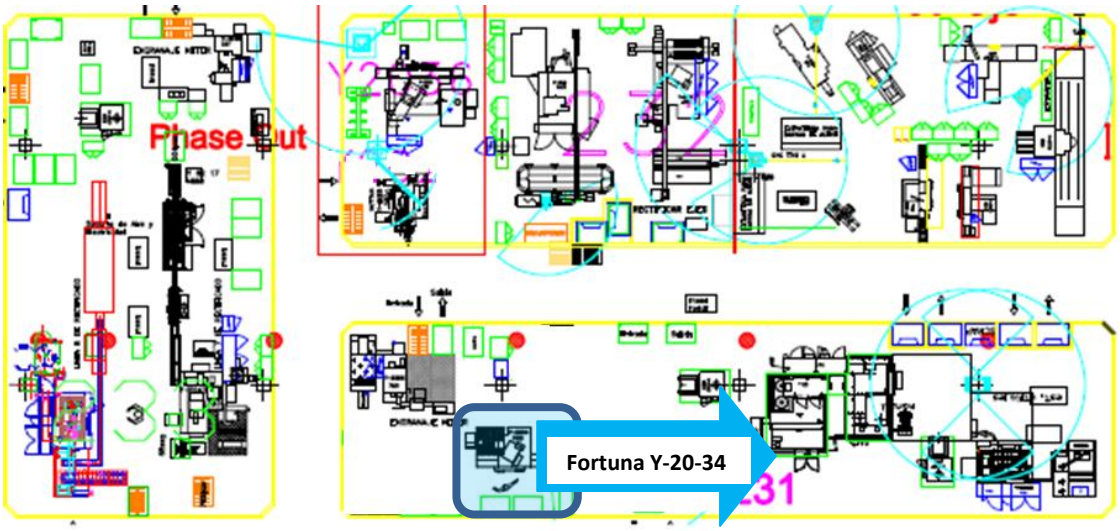


Fig. 4.11: Situación en la nave 6 tras el phase out de ambas rectificadoras.

Con posterioridad, se produce una reubicación (relocation) de la rectificadora Fortuna restante de referencia Y-20-34, se desplaza ligeramente hacia la derecha para dejar espacio para la nueva máquina. Se ubicará a continuación de

la nueva rectificadora de ejes, sirviendo de soporte para esta durante su instalación, puesta a punto y entrada en producción, periodo que se conoce como ramp up. La siguiente figura muestra la reubicación de la rectificadora.

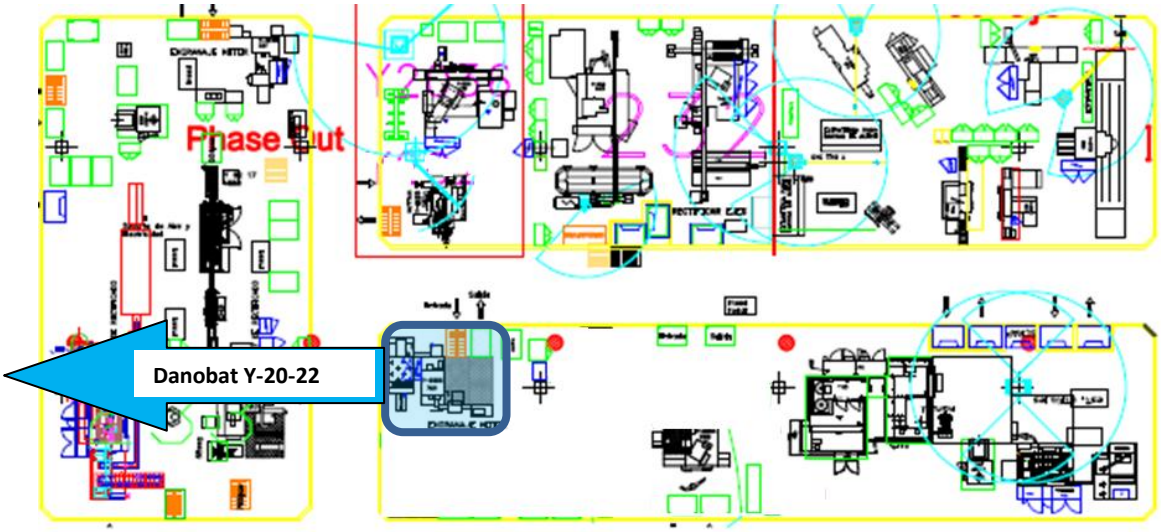


Fig. 4.12: Situación en la nave 6 tras el desplazamiento lateral de la de la rectificadora Fortuna.

Por último, lo que necesitamos para poder ubicar la nueva rectificadora de ejes es habilitar el hueco que ocupa la rectificadora de engranajes de transmisión Danobat Y-20-22. Para ello, la desplazamos a una nueva ubicación junto a la pared que separa las naves 6 y cajas ligeras de transmisión.

Por lo tanto, el layout definitivo previo a la instalación de la nueva rectificadora queda tal y como se muestra en la siguiente figura.

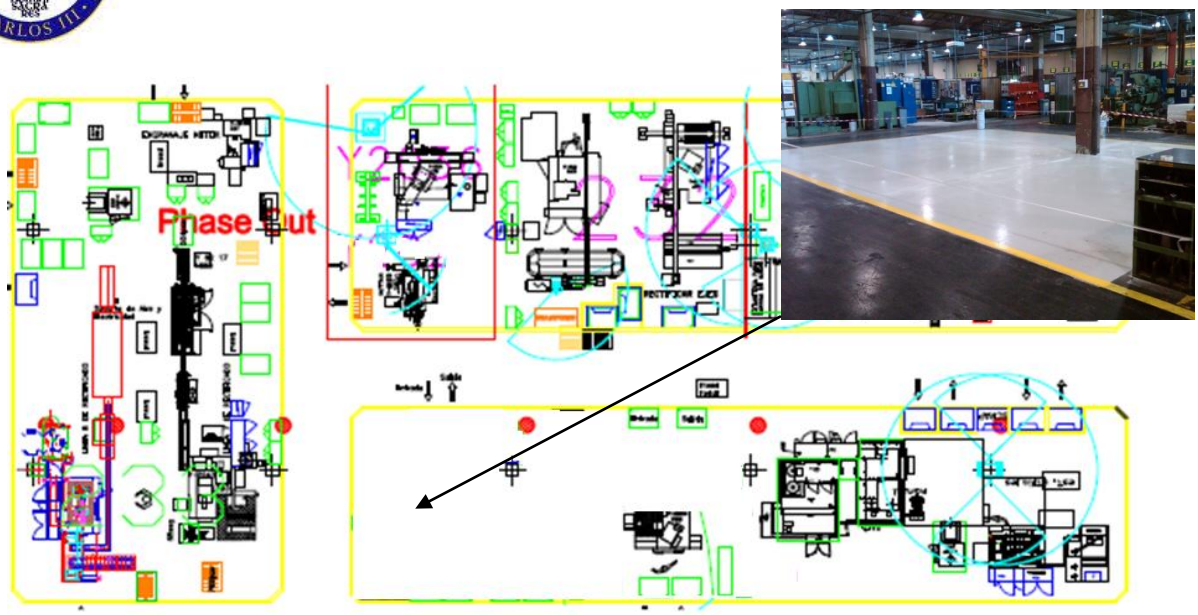


Fig. 4.13: Situación en la nave 6 tras los cambios necesarios, con el hueco para la Danobat PG 600 8B habilitado

Quedando el Layout definitivo con la instalación de la nueva lavadora tal y como se muestra a continuación.

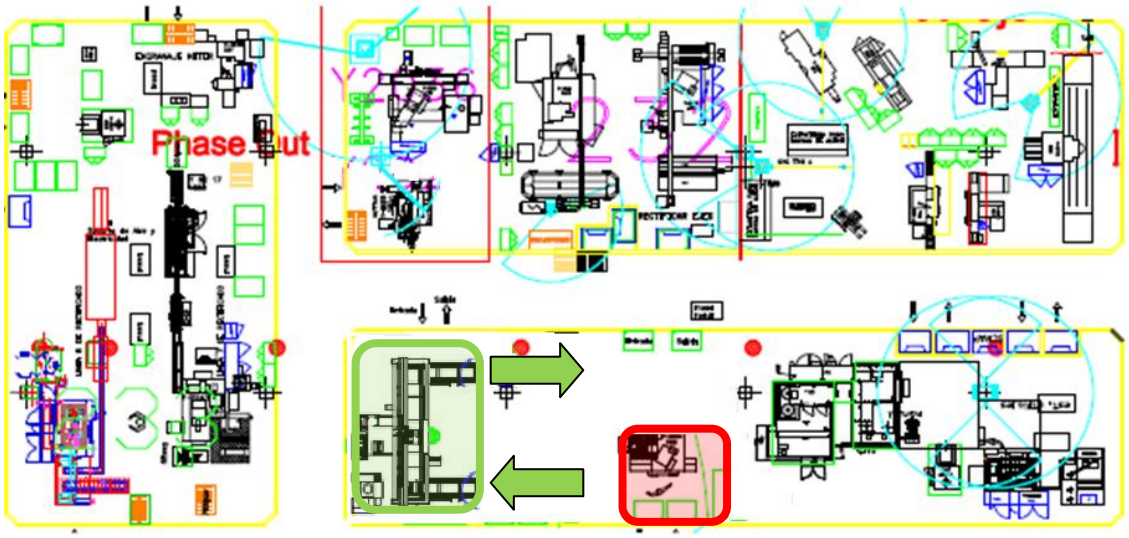


Fig. 4.14: Situación en la nave 6 con la Danobat PG 600 8B ya instalada.

Como se puede apreciar, la nueva máquina permite un flujo de materiales (flechas verdes) mucho mejor con una única carga y descarga eliminando las cargas y descargas múltiples que se daban antes. La rectificadora Fortuna da soporte a la nueva máquina hasta que su ritmo productivo sea del 100% (terminará siendo chatarra).

4.3 INSTALACIÓN DE UNA NUEVA LAVADORA DE EJES

4.3.1 CASO DE NEGOCIO

El master plan de John Deere Ibérica prioriza la calidad de las piezas producidas en la fábrica de forma que el montaje final de todo el conjunto genere cajas de cambio de gran fiabilidad. En el terreno de la fiabilidad es de elevada importancia la obtención de piezas limpias, factor que es capaz de reducir considerablemente los errores generados aguas arriba, en la cadena de montaje.

Actualmente en la fábrica, las piezas que se lavan, lo hacen en lavadoras situadas al principio de las cadenas de montaje. Esto provoca una acumulación de piezas (de formas y tamaños diversos) en cestas que se introducen en las lavadoras. Una vez efectuada su limpieza, estas salen muy mojadas con lo que es necesario un proceso de soplado previo al montaje final de las piezas para la formación del producto final.

En la situación actual se han identificado una serie de deficiencias:

1.-Elevado nivel de contaminación detectado sobre las piezas en la auditoría del producto.

2.-Frecuentes problemas de rechazo de transmisiones durante los ensayos funcionales de final de línea.

3.-Piezas lavadas previamente a su montaje, lo que dificulta su flujo en el proceso y su logística interna provocando manipulaciones adicionales.

4.-Piezas acumuladas, para su consumo en líneas de montaje, en condiciones de almacenamiento que favorecen su contaminación.

5.-Elevadas intervenciones de mantenimiento para la reposición de los filtros en los bancos de pruebas.

El objetivo es, por lo tanto, es introducir un proceso de lavado y secado como tarea a continuación del rectificado. No obstante, los definiremos más en profundidad en el siguiente apartado.

4.3.2 OBJETIVOS

- ✓ **1.-Reducción de PPM´s en el cliente final** (piezas defectuosas por millón)

- ✓ **2.-Garantizar un circuito limpio** que permita suministro de piezas de mecanizado listas para su consumo en montaje. Actualmente los ejes o bien no se lavan, o bien se lavan en la nave de montaje.

- ✓ **3.-Cumplimiento de la norma de calidad RES 25133** en lo referente a:

  Límite máximo en peso de residuo por superficie de pieza.

  Distribución de tamaño de grano máxima admisible.

Con el proyecto de limpieza de ejes se pretende obtener piezas limpias y secas a la salida del rectificado, mediante la introducción de una única lavadora que sustituye a todas las lavadoras existentes al inicio de las líneas de montaje y se pretende lavar prácticamente la totalidad de los ejes generados en la fábrica.

Vamos por tanto a analizar en este caso el layout más apropiado para esta nueva situación, que complete el plan de mejora de rectificado.

4.3.3 NUEVA LAVADORA DE EJES

Lo primero de todo que debemos hacer, al igual que en el caso de la rectificadora, es realizar la selección del equipo de lavado que vamos a incorporar en nuestro proyecto. Para ello, debemos hacer un listado de "*musts*", es decir, el conjunto de características técnicas que ha de poseer el equipo de forma obligatoria para cubrir nuestras necesidades mínimas. Este conjunto de características descartan cualquier modelo que no cumpla alguna de ellas:

Musts

- Cumplimiento de especificaciones de lavado.
- Plazo de entrega inferior a 24 semanas.
- Cumplimiento del tiempo de ciclo.
- Cumplimiento de las normas de la John Deere Ibérica S.A.
- Inversión ≤ 200.000 euros.
- Posibilidad de trabajar por lotes.
- Certificación CE.
- Dimensiones máximas para que entre en la célula.

Una vez marcadas estas características, seleccionaremos de entre nuestros proveedores habituales, los modelos más convenientes. Tras un estudio del mercado de equipos de lavado, estos son los proveedores que ofrecen los modelos que más se ajustan a las características solicitadas:

- Baufor
- Dürr ecoclean
- Amiac

Baufor

HYDRORESA S.L. máquinas lavadoras industriales BAUFOR es una empresa dedicada al diseño y fabricación de máquinas lavadoras industriales para el lavado y desengrase de piezas metálicas o plásticas en pequeñas o grandes series. Cada máquina se adapta específicamente a la medida de las necesidades del cliente, ofreciendo así, un pre-tratamiento idóneo para la superficie de cada pieza.

Fig. 4.15: Logo de Baufor

Página web: www.baufor.com

Dürr

Dürr- ecoclean es una compañía alemana líder en el suministro de lavadoras industriales, filtros, automatización… aparte de crear la propia maquinaria ofrece la integración de lavadoras automatizadas en las propias células.

Fig. 4.16: Logo de Dürr.

Página web: www.dürr.com

Amiac

Amiac S.L (Automatización de maquinaria industrial y aparatos de control S.L.) es una compañía española ubicada en Arganda del Rey (Madrid), que se dedica fundamentalmente a la reconversión, diseño y construcción de máquinas herramientas y su correspondiente utillaje. Si bien no es un fabricante exclusivo de lavadoras, tiene una amplia experiencia en el sector.

Fig. 4.17: Logo de Amiac

Página web: www.amiac-sl.icom

Una vez seleccionados los proveedores interesantes, se procede a realizar un análisis de sus productos y la toma de decisión al respecto mediante un análisis de decisión multicriterio según el método de las sumas ponderadas o scoring, esto es, con un procedimiento similar al empleado en el análisis de decisión de la rectificadora.

Decision Analysis Worksheet

Date 23.07.11.

SELECCIÓN LAVADORA EJES

	2. CRITERIA		3. COMPARE ALTERNATIVES								
		Fabricante.	BAUFOR			DÜRR			AMIAC		
		Nº oferta.	10.06.27/A			061/L/2010 A1			1475-10		
	MUSTS	objetivo		OK / NG			OK / NG			OK / NG	
	Cumplimiento especificaciones lavado (clase 6.4)	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Plazo de entrega (semanas)	<24	16	OK		16	OK		22	OK	
	Cumplimiento Tiempo de ciclo	≤ 45 s	45 s	OK		45 s	OK		135 segundos/ 3 piezas	OK	
	Cumplimiento Normas JDISA	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Certificación CE	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Inversión asumible (< 200.000 euros)	SI	147.106 €	OK		155.800 €	OK		153.771 €	OK	
	Posibilidad de trabajar por lotes o aleatorio	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Dimensiones máximas caben en célula	SI	SI	NG		SI	OK		SI	OK	
	WANTS	Ponderación	Descripción	Valoración	Puntos	Descripción	Valoración	Puntos	Descripción	Valoración	Puntos
CARACTERÍSTICAS MAQUINA	Dimensiones (Largo x Ancho) (mm)		8940 x 2365		0	6400 x 3100		0	7000 x1500		0
	Potencia aire secado (kW)		15		0	15		0	15		0
	Autómata	5	SIEMENS S7-200		0	SIEMENS S7 315 L2DP		0	SIEMENS S7-300		0
					0			0			0
	Otras caracteristicas	5	Sin giro de pieza	0	0	Sin giro de pieza	0	0	Con giro de pieza	5	25
	Sistema de atemperado	7	Aire a Tº ambiente	3	21	Aire refrigerado	5	35	Aire a Tº ambiente	3	21
	Sistema de secado	7	Aire a Tº ambiente	3	21	Aire caliente comprimido	5	35	Aire caliente por resist.	5	35
	Facilidad de preparación	8	Sin preparación	5	40	Cambio de palets	2	16	Regulación	3	24
	Temperatura máxima de lavado	6	45	4	24	45	4	24	45	4	24
	Fiabilidad sistema de transporte	8		5	40		3	24		2	16
					0			0			0
PROVEEDOR	Asistencia técnica desde... (País)	8	España (Barcelona)	4	32	Alemania	2	16	España (Madrid)	5	40
	Experienci en fabricación de lavadoras	5	Alta	5	25	Alta	5	25	Media	3	15
	Compatibilidad repuestos con lavadoras existentes	7	Baja	2	14	Baja	2	14	Baja	2	14
	Conocimiento del proveedor por JDISA	5	Bajo	2	10	Bajo	2	10	Medio	4	20
	Garantía	6	1 año (M.O.+ Mat)	4	24	1 año (M.O.+ Mat)	4	24	1 año (M.O.+ Mat)	4	24
	PUNTUACIÓN TOTAL		-	-	251	-	-	223	-	-	258
	PRECIO FINAL TRAS DESCUENTOS (Euros)										
	RELACIÓN EUROS / PUNTO		-	-	586,1	-	-	698,7	-	-	596,0

Tabla 4.9: Análisis de decisión multicriterio para la nueva lavadora de ejes.

4.3.4 CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DE LA NUEVA LAVADORA DE EJES BAUFOR TBP/WBP

La nueva máquina, por lo tanto, reúne como características fundamentales:

- Lavadora tipo túnel, con cadena transportadora de doble malla metálica paso a paso equipada con soportes posicionadores de piezas cada 200 mm. Los ejes se lavan, secan y atemperan (paso a temperatura ambiente) en tres estaciones consecutivas del túnel de lavado

- Esta máquina, permite efectuar el lavado, secado y atemperado de los ejes dispuestos horizontalmente sobre los soportes en forma de "V", de latón, incorporados en la cadena transportadora. Este soporte permite situar sobre ellos todos los ejes a lavar, sin tener que efectuar ningún reglaje ni modificación sobre los soportes en "V "

- Elevado nivel de autonomía y automatización: El operario debe realizar la carga y descarga en el conveyor de entrada en donde se pueden almacenar hasta un total de 10 piezas (igual que en el de salida), y pulsar el botón de arranque. Esta por lo tanto preparada para trabajar en una célula totalmente automatizada que permite mejorar la productividad.

4.3.5 EVOLUCIÓN DEL LAYOUT CON LA INTRODUCCIÓN DE LA NUEVA LAVADORA DE EJES

La nueva situación precisa la ubicación de la lavadora de ejes próxima a la nueva rectificadora de ejes y a la célula 232, ya que el flujo de material así lo aconseja. No obstante, partiendo de la situación inicial, procederemos, al igual que en el caso anterior, a ver los movimientos de máquina necesarios para llegar a la situación deseada.

Partimos por lo tanto del layout final una vez instalada la rectificadora de ejes.

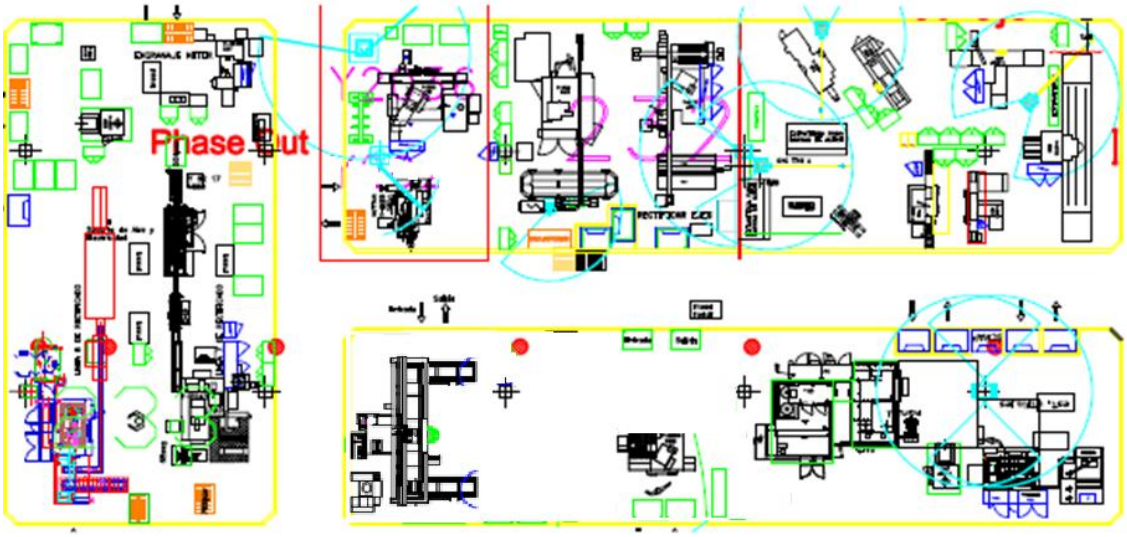


Fig. 4.18: Situación en la nave 6 con la Danobat PG 600 8B ya instalada.

La rectificadora Schaudt Y 20-36, actuará, al igual que la Fortuna, temporalmente como soporte de la nueva rectificadora de ejes hasta que ésta alcance el ritmo de

producción esperado. Por lo tanto, con objeto de facilitar este proceso, si situará próxima a esta. Se trata inicialmente de una reubicación, y se muestra en la siguiente figura.

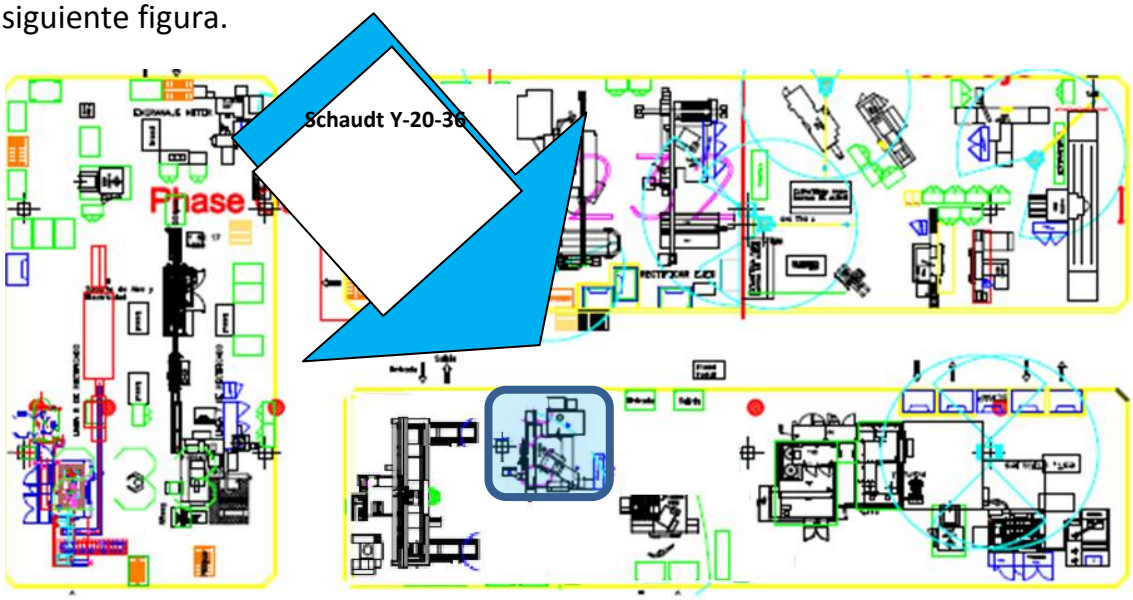


Fig. 4.19: Cambio de ubicación de la rectificadora Schaudt Y-20-36.

Como se puede ver, la rectificadora Schaudt Y-20-36 ha variado su posición y se ubica próxima a la rectificadora de ejes. En un futuro no muy lejano, cuando la nueva rectificadora opere al 100%, esta máquina y la Fortuna restante serán retiradas de producción.

El siguiente paso es habilitar el hueco para la nueva lavadora de ejes. Su sitio más lógico es al lado de la célula 232 y encima de la nueva rectificadora. Para ello es necesario sacar la rectificadora de engranajes de transmisión Wottan Y-20-25 a la nave 17. Se trata de una reubicación.

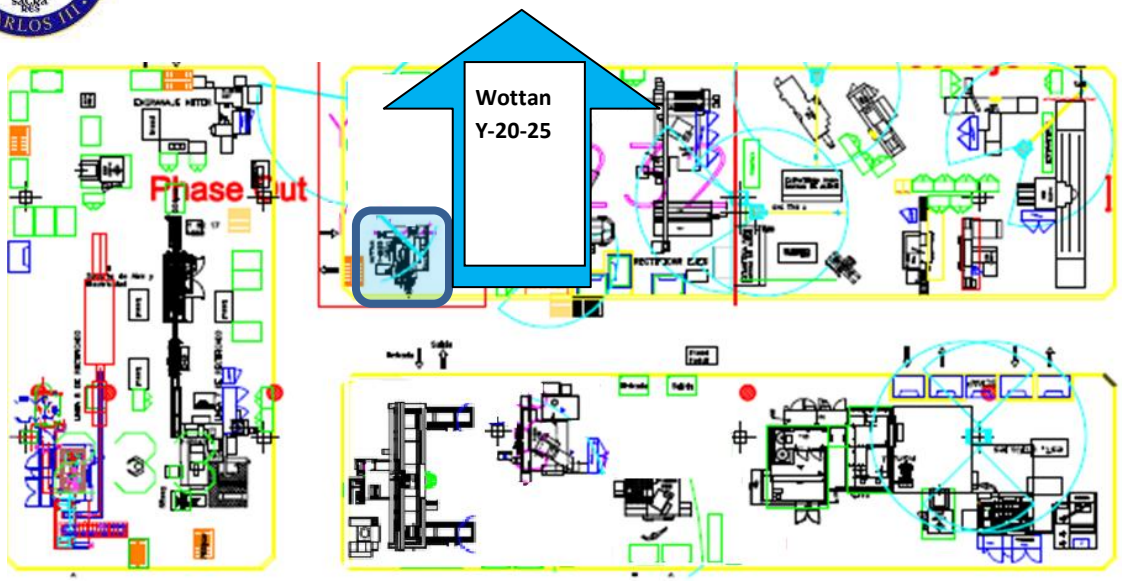


Fig. 4.20: Cambio de ubicación de la rectificadora Wottan Y-20-25.

Una vez reubicada dicha máquina el layout queda listo para la instalación de la nueva lavadora de ejes.

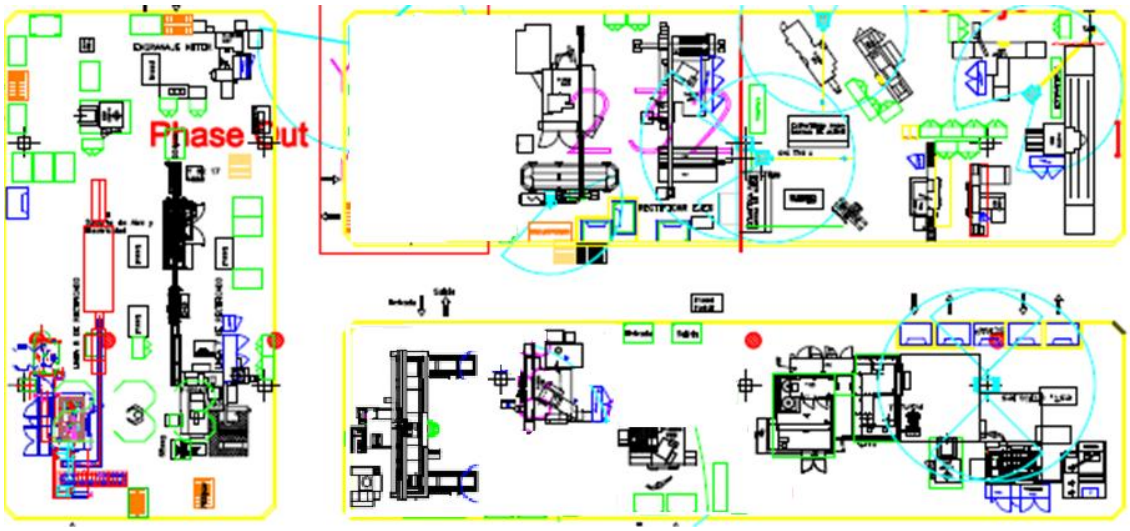


Fig. 4.21: Layout de la nave 6 con hueco para la instalación de la lavadora de ejes.

Lo único que queda entonces es instalar la nueva lavadora de ejes en su ubicación.

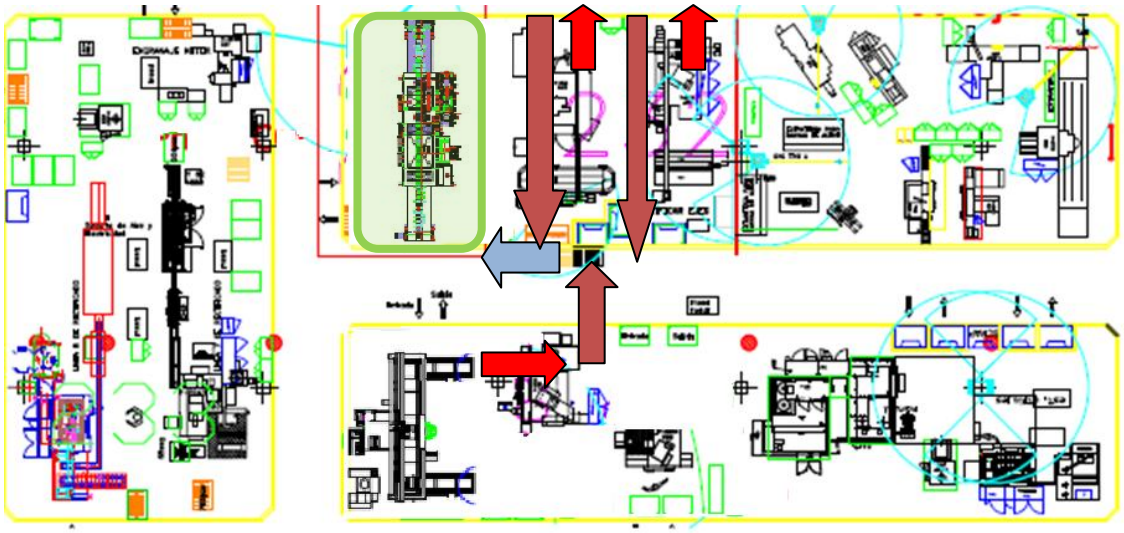


Fig. 4.22: Layout de la nave 6 con la lavadora de ejes ya instalada, y flujo de material en esta.

En la figura 4.22 se puede observar cómo las flechas rojas muestran la salida de las piezas de las rectificadoras de ejes, las amarillas hacen referencia al desplazamiento del material necesario y la flecha verde indica el lugar en el que dichas piezas son cargadas en la lavadora. Como se puede observar, la lavadora dispone también de un conveyor de carga y uno de descarga para facilitar el almacenamiento de las piezas en grandes cantidades.

4.4 CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN PRODUCTIVA PREVISTA EN EL FUTURO

Las rectificadoras Schaudt y Fortunas tienen poca cobertura productiva, con valores de 0,75 y por tanto son fácilmente mejorables en cuanto a estandarización (y reducción de paradas por cambio de referencia), o en cuanto a mejoras para reducir reprocesos en las piezas en ellas fabricadas. Asimismo, la efectividad de esas máquinas no es muy alta. Hemos conseguido sustituir estas máquinas por una sola rectificadora cuya cobertura productiva es bastante mayor (0,85), cuya carga se efectúa a través de un conveyor, y que permite el rectificado de las superficies de la pieza en una sola operación, de forma que podemos reducir las horas estándar del proceso productivo, con los consiguientes ahorros que esto implica.

Asimismo esta reducción permite mantener e incluso reducir el número de operarios que trabajan en la actualidad, y tiene un margen de tiempo para todos los meses que permite asumir un incremento en la carga de la nueva máquina sin afectar al número de operarios. Además elimina la externalización de la producción lo que supone un ahorro de precios bastante importante.

Sólo como curiosidad, la nueva rectificadora sería capaz de asumir un incremento del 5% de la demanda prevista en cada uno de los meses del año fiscal sin que el número de operarios de la célula se vea alterado. Por tanto, los dos operarios previstos en la nueva rectificadora de ejes (dos turnos) perfectamente pueden asumir este incremento productivo, tal y como se muestra en la siguiente gráfica. Al tratarse de una hipótesis, únicamente trataremos de demostrar que la máquina nueva está preparada para un incremento productivo del 5%-10 %manteniendo los operarios previstos

Carga 2011 Rectificadora nueva con incremento de la demanda mensual un 5%															
Referencia	Hrs std/100p	Nov ´10	Dic ´10	Ene ´11	Feb ´11	Mar ´11	Abril ´11	May ´11	Jun ´11	Jul ´11	Ago ´11	Sept ´11	Oct ´11	Total piezas	Total Hrs Std
H133161	3,83	756	179	263	536	567	630	693	872	819	0	483	630	6.426	246
CE19091	3,83	162	231	307	319	242	242	158	122	143	0	0	0	1.924	74
Z12780	3,83	48	59	57	101	116	69	59	46	32	0	0	0	586	22
Z13322	3,83	21	21	23	42	42	42	19	11	4	0	0	0	225	9
Z13324	3,83	11	15	13	19	23	17	13	8	2	0	0	0	120	5
CE17888	4,97	566	569	849	1.176	1.118	1.119	1.056	1.176	897	0	945	1.208	10.680	531
CE20948	7,07	840	462	683	819	676	781	743	756	588	0	689	804	7.841	554
CE20949	7,07	294	105	168	147	242	137	126	210	168	0	105	210	1.911	135
CE18212	6,87	1.134	567	851	966	918	918	869	966	756	0	794	1.014	9.752	670
CE19330	4,61	251	273	105	269	223	331	206	444	246	0	368	368	3.082	142
CE20126	4,61	251	273	105	269	223	331	206	444	246	0	368	368	3.082	142
H165508	2,61	1.701	714	1.327	1.974	1.777	1.831	1.739	1.991	1.844	0	966	1.260	17.123	446,92
H145081	2,19	566	569	849	1.176	1.118	1.119	1.056	1.176	897	0	945	1.208	10.680	234
Totales		6.286	3.844	5.332	7.440	6.936	7.206	6.612	7.830	6.324	0	5.392	6.732	69.934	2900

Horas std necesarias	304,34	182,90	249,04	334,09	312,77	324,64	297,22	352,31	278,65	0,00	255,91	318,75	3210,62
Horas necesarias	252,15	151,53	206,33	276,80	259,13	268,97	246,24	291,89	230,86	0,00	212,02	264,08	2660,00
Dias laborables	20,00	10,00	14,00	20,00	19,00	19,00	18,00	20,00	24,00	0,10	18,00	23,00	205,10
Horas disponibles	301,89	150,94	211,32	301,89	286,79	286,79	271,70	301,89	362,26	1,51	271,70	347,17	3095,85
Operarios necesarios	1,67	2,01	1,95	1,83	1,81	1,88	1,81	1,93	1,27	0,00	1,56	1,52	1,72

Cobertura productiva	0,85
Eficiencia	1,42
Operarios	2
Absentismo	1,06

Tabla 4.10: Carga de la Rectificadora Danobat PG 600 B8 suponiendo un incremento del 5 % mensual de la demanda y resumen de datos relevantes.

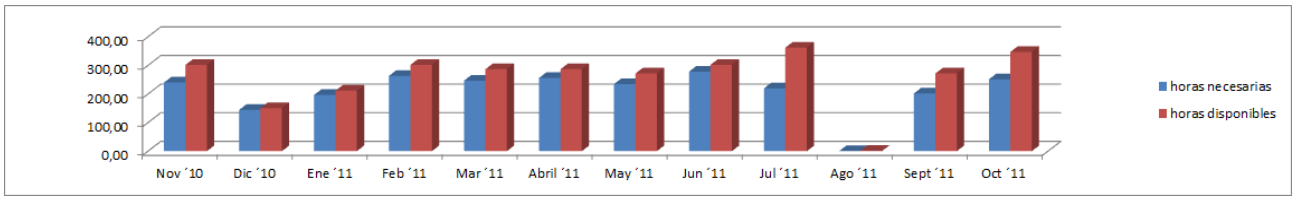


Fig. 4.23: Gráfico comparativo horas necesarias vs disponibles en la Rectificadora Danobat PG 600 en situación hipotética.

Asimismo, las mejoras en la disposición de las máquinas en lo referente a la carga y descarga, y la sustitución de las tres máquinas viejas por una nueva hace que la distribución en planta sea mucho mejor. Se eliminan dobles manipulaciones y el espacio vacante en la nave puede ser ocupado por una lavadora de ejes que permite cumplir con los objetivos en cuanto a limpieza, y en consecuencia, garantiza el cumplimiento de la normativa en cuanto a límite máximo de peso de residuo o tamaño máximo de viruta admisible.

Por lo tanto, y a modo de resumen, la implantación del plan de mejora de rectificado con la introducción de una nueva rectificadora de ejes y una lavadora implica una serie de mejoras de forma que palían gran parte de las ineficiencias detectadas. Solo nos queda por tanto analizar si dichas mejoras implican también mejoras económicas es decir, si la inversión es o no es rentable, lo que pasaremos a analizar a lo largo del capítulo V.

V

INVERSIÓN Y MÉTODOS PARA LA VALORACIÓN DE LAS INVERSIONES. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

A lo largo de este capítulo se hace referencia al estudio de la viabilidad económica del proyecto de implantación de una nueva rectificadora de ejes que sustituye a las tres rectificadoras antiguas.

En primer lugar trataremos de introducir el concepto de inversión empresarial, los métodos de valoración de las mismas y los términos económicos más importantes. La mayoría de las definiciones aportadas proceden de fuentes del departamento de contabilidad de John Deere Ibérica que me han orientado en la realización de este capítulo

5.1 LA INVERSIÓN EMPRESARIAL

DEFINICIÓN

La inversión empresarial es el acto mediante el cual se adquieren ciertos bienes con el objetivo de obtener unos ingresos o rentas a lo largo del tiempo. Se trata por tanto de emplear un capital en alguna actividad o adquisición con objeto de incrementarlo, esto es renunciar a un capital actual a cambio de obtener unos beneficios en el futuro.

La inversión, por lo tanto, comprende el desembolso de recursos financieros disponibles destinados a la adquisición de instrumentos productivos y que la empresa va a emplear durante varios periodos económicos.

VARIABLES DE UNA INVERSIÓN

La cantidad destinada a una inversión depende de varios factores, siendo los más importantes:

- **Horizonte temporal:** Es el tiempo durante el que se mantendrá la inversión.
- **Rendimiento esperado:** Es la rentabilidad que se espera obtener de la inversión. Se trata por tanto de analizar la compensación obtenida, en términos económicos de inmovilizar un capital para adquirir uno o varios activos para la empresa. Depende del desembolso inicial y del flujo de caja que se espera obtener para cada año fiscal.
- **Riesgo:** Es la incertidumbre sobre el rendimiento real obtenido. La inversión es una decisión económica en principio irreversible, por lo que es necesario analizar su riesgo. A la hora de decidir trabajaremos sobre previsiones, y nunca sobre datos reales, con lo que es importante que estos datos se intenten ajustar lo más posible a la realidad.

¿POR QUÉ ES NECESARIA LA INVERSIÓN?

1.-Desarrollo de nuevos productos y servicios: El desarrollo de nuevos productos hasta ahora no realizados implica la adquisición de maquinaria capaz de llevarlos a cabo.

2.-Expansión: El crecimiento de la empresa provoca nuevas vías de producción, creación de nuevas fábricas…Es necesaria la adquisición de más máquinas.

3.- Mejora: Las políticas de la empresa en términos de calidad para con el cliente exigen la necesidad de la renovación de la maquinaria para garantizar el producto correcto. Asimismo, la empresa puede reducir el precio de venta del producto si es capaz de obtener como mejora una reducción de los costos de fabricación.

4.-Mantenimiento/renovación: Inversiones destinadas a paliar el mantenimiento excesivo de la maquinaria antigua, o a su sustitución por obsolescencia o desuso.

5.2 MÉTODOS DE VALORACIÓN DE INVERSIONES

Tal y como hemos comentado antes, a la hora de dar el visto bueno a una inversión debemos tener en cuenta si es o no rentable en términos económicos. Existen por lo tanto una serie de métodos que nos permiten determinar si la inversión es rentable, los cuales se describirán a continuación. Estos se dividen en dos categorías:

MÉTODOS ESTÁTICOS PARA VALORAR LAS INVERSIONES

Son métodos que no tienen en cuenta el tiempo. Es decir, no tienen en cuenta en los cálculos, el momento en que se produce la salida o la entrada de dinero (y por lo tanto, su diferente valor en el tiempo). De entre todos los que hay, el más importante es el payback, que definiremos a continuación:

1.- Payback (PB): Es el número de años que la empresa tarda en recuperar la inversión. Permite, a la hora de comparar dos proyectos, decidir cuál es mejor únicamente teniendo en cuenta el periodo de recuperación de la inversión (a menor payback, mejor será el proyecto).

Formula: $PB=\sum_{(i=1,\ldots n)} CF_i$ **tal que** $\sum_{(i=1,\ldots n)} CF_i > D_o$

MÉTODOS DINÁMICOS PARA VALORAR LAS INVERSIONES

A diferencia de los anteriores, estos métodos sí que tienen en cuenta el tiempo y el diferente valor del dinero. Existen tres métodos dinámicos fundamentales que son complementarios entre sí, puesto que dan información diferente con respecto a los diferentes aspectos que nos interesan. Se citan y definen a continuación.

1.- Payback dinámico o actualizado (PBA): Es similar al anterior (permite calcular el número de años que la empresa tarda en recuperar la inversión), con la salvedad de que utiliza el valor actualizado de los flujos de caja(con tasa de actualización =k %). Es más eficiente que el PB y aporta información adicional para valorar el riesgo de las inversiones cuando es especialmente difícil predecir la tasa de depreciación de la inversión.

Formula: $PBA=\sum_{(i=1,\ldots n)}(C.F.A)_i/((k/100)+1)^i)$ **t.q** $\sum_{(i=1,\ldots n)}(C.F.A)_i/((k/100+1)^1) > D_o$.

2.- Valor Actual Neto (VAN): Es, de todos los métodos empleados, el considerado como más aceptable. Se entiende como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. A la hora de comparar varios proyectos, el más rentable será el que tenga un VAN más alto. Si un proyecto tiene un VAN nulo significa que su rentabilidad es la misma que colocar los fondos en él invertidos (el desembolso inicial) en el mercado con un interés equivalente a la tasa de actualización (k) utilizada.

La principal ventaja de este método es que al homogeneizar los flujos de caja a un mismo momento de tiempo (t=0), reduce a una unidad de medida común las cantidades de dinero generadas en momentos de tiempo diferentes.

Dado que el VAN depende muy directamente de la tasa de actualización, el punto débil de este método es que dicha tasa se estima con lo que su valor es discutible y dependerá del criterio del decisor. Sin embargo, a efectos de "homogeneización", la tasa de interés elegida hará su función indistintamente de cuál haya sido el criterio para fijarla.

Formula: $VAN= -D_o +\sum_{(i=1,\ldots n)}(C.F.A)_i/((k/100)+1)^i)$.

3.- Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) a la tasa de descuento que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero.

Este método considera que una inversión es aconsejable si su TIR es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (r≥k). A la hora de comparar varias inversiones, la mejor será aquella que ofrezca una TIR mayor.

Su principal defecto es la inconsistencia matemática de la TIR cuando en un proyecto de inversión hay que efectuar otros desembolsos, además de la inversión inicial, durante su vida útil.

La TIR es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, por lo cual cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en sus dimensiones. Una gran inversión con una TIR baja puede tener un VAN superior a un proyecto con una inversión pequeña con una TIR elevada.

TIR = r tal que $D_o = \sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A.)_i /((r/100)+1)^i)$.

5.3 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA EN FUNCIÓN DE LAS HIPÓTESIS PREVISTAS

A lo largo de este apartado del capítulo vamos a analizar los términos económicos más relevantes y posteriormente efectuaremos un cálculo de la viabilidad económica del proyecto analizando varios casos posibles.

DEFINICIONES:

1.-Desembolso inicial: Es la cantidad, en términos económicos, que implica la adquisición de un bien que pasa a formar parte del activo fijo de la compañía. En nuestro caso, el desembolso inicial (o pago al proveedor) por la rectificadora de ejes es de 579.900 euros. Este desembolso inicial no es solo la rectificadora de ejes, sino que incluye también el banco multicotas para verificar los diámetros del rectificado y el conveyor de salida de las piezas, que se le encarga a otro proveedor. Esta es la razón por la cual los valores no son exactamente los mismos que los obtenidos en el capítulo IV, en los métodos de decisión multicriterio de la rectificadora de ejes.

2.-Amortización: Es la cuantificación de la depreciación que sufren los bienes que componen el activo de una empresa. Esta depreciación puede ser motivada por tres causas:

Física (ocasionada por el paso del tiempo), funcional (debido a la utilización del bien), o económica, también llamada obsolescencia (por la aparición de innovaciones tecnológica que hacen que el bien sea ineficiente para el proceso productivo)

Existen varios métodos de cálculo de la amortización, de los activos inmovilizados (cuotas fijas, crecientes, decrecientes,...). El objetivo es repartir el importe del desembolso inicial, en varias cuotas correspondientes a varios periodos.

Para reflejar contablemente la pérdida de valor con el tiempo del activo adquirido hay que dotar una amortización, es decir, considerar como pérdida del ejercicio la disminución del valor experimentado.
Se trata de un artificio contable tendiente a conseguir una mayor aproximación a la realidad económica y financiera de la empresa. Para calcular la cuota de amortización para un periodo determinado existen diferentes métodos, que definiremos a continuación.

Métodos de amortización

Antes de entrar a definir los distintos métodos para amortizar un activo pasaremos a definir unos conceptos importantes:

Vida útil: Es el número de años de duración del mismo. En nuestro caso vamos a considerar que la vida útil de la rectificadora son 10 años.

Base de amortización: Es la diferencia entre el valor de adquisición del activo y su valor residual. En nuestro caso consideraremos que el valor residual de la máquina al cabo de 10 años es cero (V.R =0), al tratarse de una máquina específica para rectificar ejes, si a los diez años la pusiésemos en venta sería complicado encontrar un comprador para la misma.

Tipos de amortización: Existen varios tipos de amortización, inglesa, francesa…varían en función de la forma en que se asigna la cuota de

amortización. La que emplearemos nosotros es la amortización lineal o constante, que se define a continuación:

Constante o lineal: Cada año se asigna la misma cuota de amortización. Es el método que emplearemos en nuestro caso, considerando un valor residual de 0, y una vida útil de diez años, cada uno de los diez años amortizaremos una cantidad igual a 579.900 euros.

3.- Ahorro de costes: En nuestro proyecto lo que comparamos son la situación actual y situaciones hipotéticas previstas en el futuro. La adquisición de la rectificadora implica un ahorro de costes con respecto a la situación inicial. Cada hipótesis planteada tendrá un ahorro de costes diferente.

4.-Beneficio antes de intereses e impuestos (BAII): Es el resultado de restar la amortización (se supone un gasto, al depreciarse la máquina cada año un determinado valor) al ahorro de costes (se supone un ingreso).El resultado se conoce como BAII.

5.-Impuestos: Es el tanto por ciento sobre el beneficio que aplica el estado. En nuestro caso los impuestos son del 35 %. Si en el año i el BAII es menor que cero, no se aplican impuestos, y en los posteriores años no se aplican si el resultado de restar al BAII del año i+1 el BAII del año i es negativo.

5.-Beneficio después de impuestos (BDI): Es el resultado de restar el tanto por ciento sobre el beneficio que aplica el estado al BAII.

6.-Cash Flow (CF): Es el resultado de sumarle al BDI del periodo i el valor de la amortización de ese mismo periodo.

Cash Flow =BDI+ [Amortización]

Una vez definidos los conceptos importantes, pasamos a analizar cada una de las hipótesis planteadas y ver los indicadores o métodos de valoración de las inversiones.

5.3.1HIPÓTESIS # 1: COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN ACTUAL VS LA PREVISTA SUPONIENDO QUE LAS MÁQUINAS ACTUALES ASUMEN EL 100 % DE LA PRODUCCIÓN

Esta situación hipotética se aproxima muy poco a la realidad, debido a que la antigüedad de las rectificadora Schaudt y Fortunas (célula 231) hace que estas se averíen con bastante frecuencia, con paradas pronunciadas en el tiempo, con lo que la externalización de la producción por falta de capacidad productiva es bastante habitual. No obstante, al tratarse de una hipótesis que podría ocurrir la analizaremos igualmente.

Los cálculos de los costes y ahorros asociados a esta situación hipotética se encuentran recogidos en el anexo, en donde se detallan más en profundidad. Por tanto, únicamente vamos a mostrar la tabla en donde se recogen los datos más relevantes y que nos permiten efectuar los cálculos y analizar la inversión.

La tabla siguiente muestra los valores obtenidos en cada uno de los 10 años, supuesta vida útil del proyecto. En este caso, los valores obtenidos para el Payback, Payback Actualizado, VAN y TIR serán:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854
BAII	0	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864
Impuesto	0	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852
BDI	0	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012
C.F.	-579900	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002

Tabla 5.1: Cash Flow obtenido según la hipótesis #1 a lo largo de los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los cuatro primeros años obtenemos un valor de -51894 euros, que supone un 39,3 % del CF del quinto año. Por tanto, pasando ese 39,3% a meses del año cinco obtenemos que al (39,3*12/100) =4,718 meses.

Se tarda por lo tanto cuatro años ycinco meses en recuperar la inversión inicial.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854	171854
BAII	0	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864	113864
Impuesto	0	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852	39852
BDI	0	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012	74012
C.F.	-579900	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002	132002

Tabla 5.2: Cash Flow obtenido según la hipótesis #1 a lo largo de los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado (C.F.A.) de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	130051	128129	126235	124370	122532	120721	118937	117179	115448	113741

Tabla 5.3: Cash Flow Actualizado según la hipótesis #1 a lo largo de los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el PBA.

En este caso, la inversión se recupera al cabo de 4 años y 7 meses, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 4 años y 7 meses.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

$VAN= -D_o +\sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i /((k/100)+1)^i)$, obteniendo un resultado de **637.433** euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que **r =18,65%.** Como k =1,5 %<<<18,65 % el proyecto es rentable según su TIR.

En este caso no se trata de comparar alternativas de inversión, sino de determinar si los valores de los indicadores hacen o no rentable el proyecto en términos económicos.

Vamos a considerar un caso en donde se externalice un % de la producción, y un caso en donde se supongan variaciones en la demanda, negativas (variación de un % determinado del actual volumen debido a la crisis financiera que afecta a la venta de tractores y cosechadoras cuyas ventas disminuyen un % hipotético de año en año)

Tenemos por tanto, como variables que afectan al problema el farmout por falta de capacidad y el volumen de los pedidos (somos incapaces de establecer una previsión fiable a largo plazo).Tal y como hemos venido comentando, estos cálculos se basan en previsiones con lo que no podemos fiarnos al 100% de que los resultados obtenidos se ajusten a la realidad. No obstante, la tendencia si es aceptada como buena.

5.3.2 HIPÓTESIS # 2: COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN ACTUAL VS LA PREVISTA SUPONIENDO QUE LAS MÁQUINAS ACTUALES SON CAPACES DE ASUMIR UN % DE LA TOTALIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Este caso puede aproximarse un poco más a la realidad de la fábrica al ser probable que el tiempo empleado entre averías de máquina y reparaciones sea el suficiente como para impedir hacer un determinado % de la producción total. Vamos a analizar desde el caso más desfavorable para la situación actual, pero a su vez más favorable para la aprobación de la inversión, en el que consideramos averías frecuentes y la necesidad de externalizar el 25 de la producción, al caso en el que el % que se externaliza es solo del 5 % del total.

El primer caso implica que del total de horas disponibles 1656 (horas/año)*0,94 (tasa de absentismo)*3 (turnos previstos)= 4783 horas, un total de 1196 horas la(s) máquina(s) este(n) averiada(s) o reparándose...lo que supone un total de 49 días completos. Probablemente se trate de una hipótesis bastante pesimista, ya que lo normal es que las máquinas estén averiadas en torno a 15-25 días al año.

El último caso implica que de las 4783 horas disponibles, 239 este(n) parada(s) la(s) máquina(s) con lo que supone unos 10 días completos. Vamos por tanto a analizar distintas situaciones de más favorable (5% de farmout necesario en la situación actual) a la más desfavorable (25% de farmout en la situación actual).Para todos estos porcentajes calcularemos los ahorros y con ellos el PB, el PBA, el VAN y el TIR.

5.3.2.1: EN LA SITUACIÓN ACTUAL NOS VEMOS OBLIGADOS A EXTERNALIZAR EL 5 % DE LA PRODUCCIÓN

Los datos de partida son los ahorros obtenidos. En el anexo III, en la tabla 9.17, en la primera columna de ahorros, se muestran los resultados correspondientes a los ahorros obtenidos según esta hipótesis. En este caso obtenemos unos valores para la tabla de:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610
BAII	0	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620
Impuesto	0	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467
BDI	0	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153
C.F.	-579900	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143

Tabla 5.4: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 1 durante los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los tres primeros años obtenemos un valor de -141471 euros, que supone un 96,8 % del CF del cuarto año (141.471/146.143)% Por tanto, pasando ese 96,8% a meses del año cuatro obtenemos (96,8*12/100) =11,61 meses.

Se tardaría por lo tanto tres años y once meses en recuperar la inversión.

P.B= 3 años y 11 meses.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610	193610
BAII	0	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620	135620
Impuesto	0	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467	47467
BDI	0	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153	88153
C.F.	-579900	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143	146143

Tabla 5.5: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 1 durante los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+(k/100))^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	143983	141855	139759	137694	135659	133654	131679	129733	127816	125927

Tabla 5.6: C.F.A. según la hipótesis #2, en el caso 1 durante los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el PBA. El procedimiento es el mismo que en la hipótesis # 1, con la salvedad de que se emplean los valores obtenidos en el C.F.A. de cada año en vez de los del C.F.

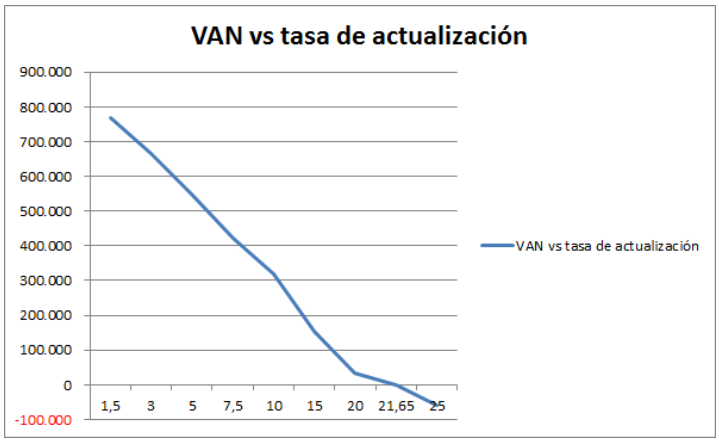
Si restamos el desembolso inicial a los flujos de caja actualizados de los cuatro primeros años obtenemos un valor de -16609 euros, que supone un 12,24 % del C.F.A del quinto año, que en meses del año cinco es 1,47.

En este caso, la inversión se recuperaría al cabo de cuatro años y dos meses, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 4 años y 2 meses.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

VAN= $\mathbf{-D_o + \sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i / ((k/100)+1)^{\wedge}i)}$**,** obteniendo un resultado de 767.858 euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que r =21,65%. Como k =1,5 %<<<21,65 % el proyecto es rentable según su TIR.



k (%)	VAN (euros)
1,5	767.858
3	664716
5	548578
7,5	423174
10	318084
15	153558
20	32800
21,65	0
25	-58096

Fig. 5.1: Gráfica de VAN vs k. Tabla de valores del VAN para los distintos valores que toma k.

Como se puede observar en la gráfica utilizada como ejemplo, a medida que la tasa de actualización aumenta el VAN disminuye, alcanzando un valor de 0 para k = 21,65%. Esto quiere decir que para una tasa de actualización del 21,65 % el

proyecto no sería rentable. Esto es, si el dinero invertido hoy valiese en el futuro (corto plazo, un año) un 21, 65 % más lo que es una cantidad inimaginable.

5.3.2.2: EN LA SITUACIÓN ACTUAL NOS VEMOS OBLIGADOS A EXTERNALIZAR EL 10 % DE LA PRODUCCIÓN

Los datos de partida son los ahorros obtenidos. En el anexo III, en la tabla 9.17, en la segunda columna de ahorros, se muestran los resultados correspondientes a los ahorros obtenidos según esta hipótesis. En este caso obtenemos unos valores para la tabla de:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412
BAII	0	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422
Impuesto	0	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098
BDI	0	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324
C.F.	-579900	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314

Tabla 5.7: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 2 durante los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los tres primeros años obtenemos un valor de -98.957 euros, que supone un 61,72 % del CF del cuarto año (98.957/160.314)% Por tanto, pasando ese 61,72% a meses del año cuatro obtenemos (61,72*12/100) =7,41 meses.

Se tardaría por lo tanto tres años y once meses en recuperar la inversión.

P.B= 3 años y 8 meses.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412	215412
BAII	0	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422	157422
Impuesto	0	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098	55098
BDI	0	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324	102324
C.F.	-579900	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314	160314

Tabla 5.8: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso2 durante los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado (C.F.A.) de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+(k/100))^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	157945	155611	153311	151046	148813	146614	144447	142313	140210	138138

Tabla 5.9: C.F.A. obtenido según la hipótesis #2, en el caso 2 durante los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el P.B.A. El procedimiento es el mismo que en la hipótesis #1, con la salvedad de que se emplean los valores obtenidos en el C.F.A. de cada año en vez de los del C.F.

Si restamos el desembolso inicial a los flujos de caja actualizados de los tres primeros años obtenemos un valor de -113.033 euros, que supone un 74,83 % del C.F.A del cuarto año, que en meses del año cuatro es 8,98.

En este caso, la inversión se recuperaría al cabo de tres años y nueve meses, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 3 años y 9 meses.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

$VAN= -D_o +\sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i /((k/100)+1)^i)$, obteniendo un resultado de 898.548 euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que r =24,58%. Como k =1,5 %<<<24,58 % el proyecto es rentable según su TIR.

5.3.2.3: EN LA SITUACIÓN ACTUAL NOS VEMOS OBLIGADOS A EXTERNALIZAR EL 15 % DE LA PRODUCCIÓN

Los datos de partida son los ahorros obtenidos. En el anexo III, en la tabla 9.17, en la tercera columna de ahorros, se muestran los resultados correspondientes a los ahorros obtenidos según esta hipótesis. En este caso obtenemos unos valores para la tabla de:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213
BAII	0	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223
Impuesto	0	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728
BDI	0	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495
C.F.	-579900	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485

Tabla 5.10: Cash Flowsegún la hipótesis #2, en el caso 3 durante los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los tres primeros años obtenemos un valor de -56.445 euros, que supone un 61,72 % del CF del cuarto año (56.445/174.485)% Por tanto, pasando ese 32,35% a meses del año cuatro obtenemos (32,35*12/100) =3,88 meses.

Se tardaría por lo tanto tres años y seis meses en recuperar la inversión.

P.B= 3 años y 4 meses.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213	237213
BAII	0	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223	179223
Impuesto	0	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728	62728
BDI	0	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495	116495
C.F.	-579900	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485	174485

Tabla 5.11: Cash Flowsegún la hipótesis #2, en el caso 3 durante los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+(k/100))^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	171906	169366	166863	164397	161967	159574	157216	154892	152603	150348

Tabla 5.12: C.F.A según la hipótesis #2, en el caso 3 durante los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el P.B.A. El procedimiento es el mismo que en la hipótesis # 1, con la salvedad de que se emplean los valores obtenidos en el C.F.A. de cada año en vez de los del C.F.

Si restamos el desembolso inicial a los flujos de caja actualizados de los tres primeros años obtenemos un valor de -71.765 euros, que supone un 43,65 % del C.F.A del cuarto año, que en meses del año cuatro es 5,24.

En este caso, la inversión se recuperaría al cabo de tres años y seis meses, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 3 años y 6 meses.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

VAN= $\mathbf{-D_o + \sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i / ((k/100)+1)^{\wedge}i)}$**,** obteniendo un resultado de 1.029.232 euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que r =27,42%. Como k =1,5 %<<<27,42 % el proyecto es rentable según su TIR.

5.3.2.4: EN LA SITUACIÓN ACTUAL NOS VEMOS OBLIGADOS A EXTERNALIZAR EL 20 % DE LA PRODUCCIÓN

Los datos de partida son los ahorros obtenidos. En el anexo III, en la tabla 9.17, en la cuarta columna de ahorros, se muestran los resultados correspondientes a los ahorros obtenidos según esta hipótesis. En este caso obtenemos unos valores para la tabla de:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015
BAII	0	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025
Impuesto	0	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359
BDI	0	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666
C.F.	-579900	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656

Tabla 5.13: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 4 durante los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los tres primeros años obtenemos un valor de -13.931 euros, que supone un 61,72 % del CF del cuarto año (13.931/188.656)% Por tanto, pasando ese 7,38% a meses del año cuatro obtenemos (7,38*12/100) =0,88 meses.

Se tardaría por lo tanto tres años y un mes en recuperar la inversión.

P.B= 3 años y 1 mes.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015	259015
BAII	0	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025	201025
Impuesto	0	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359	70359
BDI	0	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666	130666
C.F.	-579900	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656	188656

Tabla 5.14: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 4 durante los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+(k/100))^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	185868	183121	180415	177749	175122	172534	169984	167472	164997	162559

Tabla 5.15: C.F.A. según la hipótesis #2, en el caso 4 durante los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el P.B.A. El procedimiento es el mismo que en la hipótesis #1 , con la salvedad de que se emplean los valores obtenidos en el C.F.A. de cada año en vez de los del C.F.

Si restamos el desembolso inicial a los flujos de caja actualizados de los tres primeros años obtenemos un valor de -30.495 euros, que supone un 17,15 % del C.F.A del cuarto año, que en meses del año cuatro es 2,06.

En este caso, la inversión se recuperaría al cabo de tres años y dos meses, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 3 años y 2 meses.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

VAN= $\mathbf{-D_o + \sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i / ((k/100)+1)^i}$**,** obteniendo un resultado de 1.159.923 euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que r =30,21%. Como k =1,5 %<<<30,21 % el proyecto es rentable según su TIR.

5.3.2.5: EN LA SITUACIÓN ACTUAL NOS VEMOS OBLIGADOS A EXTERNALIZAR EL 25 % DE LA PRODUCCIÓN

Los datos de partida son los ahorros obtenidos. En el anexo III, en la tabla 9.17, en la quinta columna de ahorros, se muestran los resultados correspondientes a los ahorros obtenidos según esta hipótesis. En este caso obtenemos unos valores para la tabla de:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817
BAII	0	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827
Impuesto	0	77989,45	77989,45	77989,5	77989,45	77989,5	77989,5	77989,5	77989,5	77989,5	77989,5
BDI	0	144837,55	144837,6	144838	144837,6	144838	144838	144838	144838	144838	144838
C.F.	-579900	202827,55	202827,6	202828	202827,6	202828	202828	202828	202828	202828	202828

Tabla 5.16: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 5 durante los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los dos primeros años obtenemos un valor de -174.245 euros, que supone un 85,91 % del CF del tercer año (174.245/202.827)%.

Por tanto, pasando ese 85,91% a meses del año tres obtenemos (85,91*12/100) =10,31 meses.

Se tardaría por lo tanto dos años y once meses en recuperar la inversión.

P.B= 2 años y 11 meses.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817	280817
BAII	0	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827	222827
Impuesto	0	77989,45	77989,45	77989,5	77989,45	77989,5	77989,5	77989,5	77989,5	77989,5	77989,5
BDI	0	144837,55	144837,6	144838	144837,6	144838	144838	144838	144838	144838	144838
C.F.	-579900	202827,55	202827,6	202828	202827,6	202828	202828	202828	202828	202828	202828

Tabla 5.17: Cash Flow según la hipótesis #2, en el caso 5 durante los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+(k/100))^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	199830,099	196876,9	193967	191100,9	188277	185494	182753	180052	177391	174770

Tabla 5.18: C.F.A. según la hipótesis #2, en el caso 5 durante los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el P.B.A. El procedimiento es el mismo que en la hipótesis #1 , con la salvedad de que se emplean los valores obtenidos en el C.F.A. de cada año en vez de los del C.F.

Si restamos el desembolso inicial a los flujos de caja actualizados de los dos primeros años obtenemos un valor de -183.193 euros, que supone un 94,44 % del C.F.A del tercer año, que en meses del año tres es 11,33.

En este caso, la inversión se recuperaría al cabo de tres años y dos meses, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 2 años y más de 11meses.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

$VAN= -D_o +\sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i /((k/100)+1)^i$), obteniendo un resultado de 1.290.613 euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que r =32,94%. Como k =1,5 %<<<32,94 % el proyecto es rentable según su TIR.

A continuación mostraremos una tabla resumen con los datos de Pay back, pay back actualizado, valor actual neto y tasa interna de retorno para las distintas hipótesis planteadas en función del % de farmout.

% farm out	P.B.	P.B.A.	V.A.N(k=1,5%)	T.I.R
0	4 años y 5 meses	4años y 7 meses	637.433	18,65%
5	3 años y 11 meses	4 años y 2 meses	767.858	21,36%
10	3 años y 5 meses	3 años y 9 meses	898.548	24,58%
15	3 años y 4 meses	3 años y 6 meses	1.029.232	27,42%
20	3 años y 1 mes	3 años y 2 meses	1.159.923	30,25%
25	2 años y 11 meses	Casi 3 años	1.290.613	32,94%

Tabla 5.19: Resumen de los valores de P.B, P.B.A, V.A.N y T.I.R para las distintas hipótesis de % de farmout.

Como se puede apreciar, a medida que suponemos mayor volumen de farmout en la situación actual, los resultados mejoran ya que los ahorros obtenidos son bastante mayores, al ser mucho más costoso encargar la pieza al proveedor externo que hacerla en fábrica.

5.3.3 HIPÓTESIS # 1: COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN ACTUAL VS LA PREVISTA SUPONIENDO QUE LA DEMANDA SUFRE UN DECREMENTO DEL 5 % ANUAL DURANTE LOS 4 PRIMEROS AÑOS RECUPERANDO DESPUÉS LOS VALORES INICIALES

Este caso puede considerarse debido al entorno económico actual en el que nos encontramos. No es descabellado pensar que la demanda sufre un decremento del 5% anual durante los 4 primeros años, y que tras este periodo se vuelva a restablecer en su valor original. Los cálculos de esta hipótesis se han efectuado en el anexo III, en donde quedan recogidos en las tablas.

Este es el caso más desfavorable de todos los que vamos a considerar, puesto que, además del descenso de la demanda tenemos que tener en cuenta que suponemos que toda la producción podría ser asumida por las máquinas antiguas, con lo que los ahorros obtenidos son menores que si nos vemos obligados a externalizar la producción. No obstante, en caso de que bajase la demanda sería más factible asumir la totalidad de la producción aunque las máquinas se averiasen.Por tanto consideramos que la hipótesis es coherente. Procedemos pues al cálculo a partir de los valores de los ahorros obtenidos en el anexo III.

En este caso obtenemos unos valores para la tabla de:

Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	163217,0	154627,0	146037,0	137446,0	171854	171854	171854	171854	171854	171854
BAII	0	105227,0	96637,0	88047,0	79456,0	113864	113864	113864	113864	113864	113864
Impuesto	0	36829,5	33823,0	30816,5	27809,6	39852,4	39852,4	39852,4	39852,4	39852,4	39852,4
BDI	0	68397,6	62814,1	57230,6	51646,4	74011,6	74011,6	74011,6	74011,6	74011,6	74011,6
C.F.	-579900	126388	120804	115221	109636	132002	132002	132002	132002	132002	132002

Tabla 5.20: Cash Flow obtenido según la hipótesis #3, durante los 10 años de vida del proyecto.

Payback: Si restamos el desembolso inicial a la suma de los Flujos de Caja de los cuatro primeros años obtenemos un valor de -107851 euros, que supone un (107.851/132.002)% = 81,7% del C.F. del quinto año. Por tanto, pasando ese 81,7% a meses del año cuatro obtenemos que al (81,7*12/100) =9,8 meses.

Se tarda por lo tanto cuatro años y diez meses en recuperar la inversión.

P.B= 4años y 10 meses.

Payback Actualizado (PBA): Suponemos una tasa de actualización de k=1,5 %.En este caso, los resultados obtenidos son los mismos que antes. Nos interesa añadir el Cash Flow Actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

Amortiz.	0	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990	-57990
Ahorros	0	163217,0	154627,0	146037,0	137446,0	171854	171854	171854	171854	171854	171854
BAII	0	105227,0	96637,0	88047,0	79456,0	113864	113864	113864	113864	113864	113864
Impuesto	0	36829,5	33823,0	30816,5	27809,6	39852,4	39852,4	39852,4	39852,4	39852,4	39852,4
BDI	0	68397,6	62814,1	57230,6	51646,4	74011,6	74011,6	74011,6	74011,6	74011,6	74011,6
C.F.	-579900	126388	120804	115221	109636	132002	132002	132002	132002	132002	132002

Tabla 5.21: Cash Flow según la hipótesis #3, durante los 10 años de vida del proyecto.

Nos interesa añadir el cash flow actualizado de cada año, para ello dividiremos el Cash Flow del año i entre $(1+k/100)^i$, obteniendo el C.F.A. Tenemos por tanto:

C.F.A	-579900	124519,754	117259,9	110187	103297,7	122532	120721	118937	117179	115448	113741

Tabla 5.22: C.F.A. según la hipótesis #3, durante los 10 años de vida del proyecto.

Siendo estos últimos datos los empleados para calcular el PBA.

En este caso, la inversión se recupera al cabo de cinco años y un mes, siguiendo el mismo procedimiento que antes. **P.B.A= 5 años y 1 mes.**

Valor Actual Neto (VAN): Suponiendo la misma tasa de actualización (k=1,5 %), y empleando el cash flow actualizado de cada año, tenemos que

$VAN= -D_o +\sum_{(i=1,\ldots n)} (C.F.A)_i /((k/100)+1)^i)$, obteniendo un resultado de 583.923 euros que es mayor que cero, por lo tanto, el proyecto es rentable según su VAN.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Si aplicamos la fórmula obtenemos que r =16,98%. Como k =1,5 %<<<16,98 % el proyecto es rentable según su TIR.

5.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

El primer caso hipotético se supone uno de los más desfavorables, debido a que consideramos que en la situación actual (sin sustitución), las máquinas viejas serían capaces de absorber toda la producción y no sería necesario el farm- out de parte de las referencias. El ahorro obtenido en este caso es menor, debido a que la diferencia más grande se obtiene cuando es necesario que el proveedor rectifique las piezas en lugar de hacerlas nosotros.

El segundo caso hipotético mejora considerablemente los parámetros a considerar en la inversión debido a que, tal y como hemos visto, a medida que se externaliza la producción los ahorros obtenidos son mayores. El caso más favorable se obtiene suponiendo que un 25 % de la producción sería necesaria externalizarla en caso de que mantuviésemos las máquinas actuales, frente al 0% de farmout en caso de que instalásemos la nueva rectificadora, con lo que los ahorros son muy grandes.

Por último, la tercera hipótesis plantea un decremento de la producción debido a la crisis. En este caso, los ahorros obtenidos serían los menores de todos.

No obstante, en cualquiera de las situaciones hipotéticas que hemos venido barajando, la inversión es recuperable en un plazo de tiempo relativamente corto y nunca superior a la mitad de la vida útil de la rectificadora. Por lo tanto valoramos la inversión como rentable en términos económicos.

VI

CONCLUSIONES

6.1 RESUMEN Y CONCLUSIONES

A lo largo del documento hemos establecido una situación de partida de la nave de rectificado en John Deere Ibérica S.A, y hemos sido capaces de detectar aquellos aspectos en donde se podría actuar para mejorar con el objetivo de cumplir con los compromisos con los clientes en cuanto a calidad, plazos de entrega, o mantenimiento de la estabilidad en los precios de venta de los productos, así como aspectos internos de la compañía también mejorables como flujo de material, disponibilidad y colocación de las máquinas y los productos semielaborados o terminados, o como facilitar el trabajo al operario mejorando la ergonomía del puesto de trabajo.

Se han identificado los problemas fundamentales que generaban ineficiencias del proceso de rectificado de ejes y se han tratado de buscar soluciones. Se pretendía analizar la viabilidad de la sustitución de las máquinas antiguas, cuyas características y antigüedad no favorecían la estandarización, y generaban reprocesos y paradas de máquinas bastante a menudo, por una nueva máquina capaz de rectificar la mayoría de las referencias que se hacían en las tres máquinas anteriores, más estandarizada y moderna, y que nos redujese tiempos de ciclo y garantizase mejores condiciones de trabajo.

Asimismo se pretendía mejorar el problema de calidad de las piezas entregadas tanto al cliente final como a las células o puestos de trabajo aguas arriba del rectificado. Para ello se ha considerado imprescindible adquirir una lavadora de ejes de forma que se reducirán las partes por millón de piezas defectuosas y se eliminarán las virutas que pueden afectar al rodaje de los ejes entre sí, generar ruidos o provocar daños en los bancos de rodadura.

Una vez identificados los problemas, y determinados los requerimientos imprescindibles de las máquinas a instalar para cumplir con los objetivos propuestos, se han pedido ofertas a los proveedores, elaborándose un análisis de decisión multicriterio según el método de las sumas ponderadas o scoring.

ANÁLISIS DE DECISIÓN RECTIFICADORAS

	CRITERIOS DE DECISIÓN	FABRICANTE	ALTERNATIVAS											
		MODELO	DANOBAT PG-600-B8			DANOBAT CG-1000-BH3			SCHAUDT FLEX GRIND M 1000			TACCHELLA PROFLEX 2 Mod C1.60		
	MUSTS	OBJETIVO		OK / NG			OK / NG			OK / NG			OK / NG	
	Cumplimiento especificaciones calidad piezas	S/Planos	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Plazo de entrega (meses)	< 12	9,5	OK		9	OK		10	OK		8	OK	
	Cumplimiento tiempo de ciclo	S/Específic.	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Cumplimiento normas JDISA		SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Control numérico	Siemens	Sinumerik 840 D	OK		Sinumerik 840 D	OK		Sinumerik 840 D	OK		Sinumerik 840 D	OK	
	Refrigeración armario eléctrico	SI	Acondicionador	OK		Intercambiador de calor	OK		Acondicionador	OK		Acondicionador	OK	
	Tele-servicio	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Aspirador de vahos	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Certificación CE	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	Proceso en un solo amarre	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK		SI	OK	
	WANTS	PONDERACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	PUNTOS
CARACTERISTICAS MÁQUINA	Material bancada	6	Fundición	4	24	Fundición	4	24	Acero soldado	3	18	Fundición	4	24
	Longitud entre puntos (mm)	5	600	3	15	600	3	15	1000	4	20	1200	5	25
	Potencia cabezal muela (Kw)	3	11 + 11	4	12	11	2	6	20 + 20	5	15	15	3	9
	Ø Máximo muela (mm)	7	610	4	28	610	3	21	610	4	28	610	4	28
	Detección contacto muela-pieza	7	SI (¿marca?)	3	21	SI (¿marca?)	3	21	SI (Marposs)	3	21	SI (¿marca?)	3	21
	Longitud. Máx. Rectificable (mm)	5	600	3	15	>>600	4	20	1000	5	25	800	4	20
	Máxima carga entre puntos (Kg)	4	80	2	8	80	2	8	500	5	20	100	3	12
	Medición "in process" / posicionador axial	8	SI / SI (Marposs)	4	32	SI / SI (Marposs)	4	32	SI / SI (Diatronic)	4	32	SI / SI (Marposs)	4	32
	Sistema de diamantado	5	Loseta	3	15	Loseta	3	15	Loseta	3	15	Loseta	3	15
	Accionamiento eje "X"	4	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12
	Accionamiento eje "Z"	4	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12	Husillo a bolas	3	12
	Cono del punto / contrapunto (Morse)	5	5 / 4	4	20	5 / 4	4	20	6 / 5	5	25	5 / 4	4	20
	Velocidad de corte constante	6	SI	5	30	SI	5	30	SI	5	30	SI	5	30
	Nº ejes numéricos	4	3	4	16	3	4	16	3	4	16	3	4	16
	Equilibrado dinámico muela	7	SI (¿marca?)	5	35	SI (¿marca?)	5	35	SI (Marposs)	5	35	SI (¿marca?)	5	35
	Incremento mínimo programable ángulo cabezal muela (º)	2	0	4	8	1	2	4	0	4	8	0	4	8
	Accionamiento giro cabezal porta muelas	3	Servomotor	3	9	Servomotor	3	9	Servomotor	3	9	Servomotor	3	9
	Disposición cabezal portamuelas	10	2 muelas / 2 mandrinos	5	50	2 muelas / 1 mandrino	2	20	2 muelas / 2 mandrinos	5	50	2 muelas / 1 mandrino	2	20
	Grados cabezal portamuela	7	+20º/-30º	3	21	+20º/-30º	3	21	-45º/+45º	5	35	+30º/-30º	3	21
VOLUMEN DE SUMINISTRO	Capacidad tanque taladrina	5	1000	4	20	1000	3	15	2050	5	25	1000	4	20
	Sistema de arrastre	7	Estriado	5	35	Estriado	5	35	Estriado	5	35	Estriado	5	35
	Máquina base + pedal accionamiento contrapunto		418.870		0	242.870		0	574.120		0	392.800		0
	Medidor in process + posicionador axial		28.620		0	28.620		0	77.960		0	46.500		0
	Equilibrador + detección contacto muela-pieza		15.930		0	15.930		0	Incluido en M. Base		0	Incluido en M. Base		0
	Tanque de taladrina		10.290		0	10.290		0	54.340		0	10.500		0
	Sistema de amarre y arrastre de piezas		18.070		0	18.070		0	17.250		0	10.400		0
	Aspirador de vahos		3.540		0	3.540		0	5.170		0	5.500		0
	Preparación carga automática		10.440		0	10.440		0	12.500		0	10.000		0
	Muelas, porta muelas y diamantes		5.765		0	4.625		0	13.610		0	8.800		0
	Acondicionador armario eléctrico + balls + otros		2.750		0	2.750		0	Incluido en M. Base		0	Incluido en M. Base		0
	Normas JDISA		6.200		0	5.600		0	63.180		0	2.000		0
	Instalación, puesta en marcha y aceptaciones		16.220		0	16.220		0	82.240		0	13.000		0
	Formación		5.260		0	5.260		0	18.650		0	5.000		0
	Embalaje para transporte		1.110		0	960		0	3.400		0	Incluido		0
	tele-servicio		1.470		0	1.470		0	640		0	5.000		0
	Carga automática (pórtico + conveyor)		161.000		0	No cotizado		0	No cotizado		0	120.000		0
	Transporte y seguro		No incluido		0	No incluido		0	No incluido		0	No incluido		0
PROVEEDOR	Asistencia técnica desde... (País)	6	España	5	30	España	5	30	Alemania	3	18	Italia	4	24
	Conocimiento de las máquinas por personal JDISA	4	Alto	5	20	Alto	5	20	Baja	3	12	Medio	4	16
	Compatibilidad repuestos con rectificadoras existentes	5	Media	3	15	Media	3	15	Baja	1	5	Media	3	15
	Garantía	8	1 año (M.O.+Mat)	4	32	1 año (M.O.+Mat)	4	32	1 año	4	32	1 año (M.O.+Mat)	4	32
	PUNTUACIÓN TOTAL				535			488			553			511
	PRECIO FINAL TRAS DESCUENTOS (€)	-	-		438.000	-		424.000	-		648.000	-		422.500
	RELACIÓN EUROS / PUNTO				818,7			868,9			1.171,8			826,8

Tabla 6.1: Análisis de decisión multicriterio para la nueva rectificadora de ejes.

Decision Analysis Worksheet

Date 23.07.11.

SELECCIÓN LAVADORA EJES

2. CRITERIA		3. COMPARE ALTERNATIVES								
	Fabricante.	BAUFOR			DÜRR			AMIAC		
	Nº oferta.	10.06.27/A			061/L/2010 A1			1475-10		
MUSTS	objetivo		OK / NG			OK / NG			OK / NG	
Cumplimiento especificaciones lavado (clase 6.4)	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
Plazo de entrega (semanas)	<24	16	OK		16	OK		22	OK	
Cumplimiento Tiempo de ciclo	≤ 45 s	45 s	OK		45 s	OK		135 segundos/ 3 piezas	OK	
Cumplimiento Normas JDISA	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
Certificación CE	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
Inversión asumible (< 200.000 euros)	SI	147.106 €	OK		155.800 €	OK		153.771 €	OK	
Posibilidad de trabajar por lotes o aleatorio	SI	SI	OK		SI	OK		SI	OK	
Dimensiones máximas caben en célula	SI	SI	NG		SI	OK		SI	OK	
WANTS	Ponderación	Descripción	Valoración	Puntos	Descripción	Valoración	Puntos	Descripción	Valoración	Puntos
CARACTERÍSTICAS MÁQUINA: Dimensiones (Largo x Ancho) (mm)		8940 x 2365		0	6400 x 3100		0	7000 x1500		0
Potencia aire secado (kW)		15		0	15		0	15		0
Autómata	5	SIEMENS S7-200		0	SIEMENS S7 315 L2DP		0	SIEMENS S7-300		0
				0			0			0
Otras caracteristicas	5	Sin giro de pieza	0	0	Sin giro de pieza	0	0	Con giro de pieza	5	25
Sistema de atemperado	7	Aire a Tº ambiente	3	21	Aire refrigerado	5	35	Aire a Tº ambiente	3	21
Sistema de secado	7	Aire a Tº ambiente	3	21	Aire caliente comprimido	5	35	Aire caliente por resist.	5	35
Facilidad de preparación	8	Sin preparación	5	40	Cambio de palets	2	16	Regulación	3	24
Temperatura máxima de lavado	6	45	4	24	45	4	24	45	4	24
Fiabilidad sistema de transporte	8		5	40		3	24		2	16
				0			0			0
PROVEEDOR: Asistencia técnica desde... (País)	8	España (Barcelona)	4	32	Alemania	2	16	España (Madrid)	5	40
Experienci en fabricación de lavadoras	5	Alta	5	25	Alta	5	25	Media	3	15
Compatibilidad repuestos con lavadoras existentes	7	Baja	2	14	Baja	2	14	Baja	2	14
Conocimiento del proveedor por JDISA	5	Bajo	2	10	Bajo	2	10	Medio	4	20
Garantía	6	1 año (M.O.+ Mat)	4	24	1 año (M.O.+ Mat)	4	24	1 año (M.O.+ Mat)	4	24
PUNTUACIÓN TOTAL		-	-	251	-	-	223	-	-	258
PRECIO FINAL TRAS DESCUENTOS (Euros)		-	-	147.106 €	-		155.800 €	-	-	153.771 €
RELACIÓN EUROS / PUNTO		-	-	586,1	-	-	698,7	-	-	596,0

Tabla 6.2: Análisis de decisión multicriterio para la nueva lavadora de ejes.

El análisis de decisión multicriterio nos ha permitido determinar cuál era la opción más interesante, de entre todas las opciones disponibles, para cada una de las máquinas requeridas

Tras decidir cuál era la rectificadora que mejor se ajustaba a nuestras necesidades y con mejor relación euros/punto, se ha establecido un análisis de viabilidad de la sustitución de las rectificadoras antiguas por la nueva, comparando la situación actual con la situación prevista, en términos de capacidad de carga, número de operarios necesarios, horas estándar por referencia a rectificar, operaciones y paradas por célula…

Los resultados se muestran a continuación, y dejan a la vista que la instalación de la nueva rectificadora solventa la práctica totalidad de los problemas existentes con las máquinas actuales.

	Situación inicial	Situación final	Resultado del cambio
Número de máquinas	3	1	✓
Nº operaciones por máquina	1	2	✓
Horas estándar	Elevadas	Reducción considerable.	✓
Paradas por rotura	Bastante frecuentes y con tiempo de reparación elevado.	En principio nulas.	✓
Cobertura productiva	0,75 (Fortunas y Schaudt)	0,85	✓
Número de operarios	2(Fortunas)+2(Schaudt)	2	✓

Tabla 6.3: Comparativa células 231 y Schaudt (situación inicial) y Danobat PG 600 B8 (situación final)

Como se puede apreciar en la tabla 6.3, la situación prevista en el futuro mejora bastante la situación inicial, en lo referente a tiempos de rectificado (asociado a las horas estándar) eliminación de reprocesos de ejes (asociado a la cobertura productiva), o reducción de la frecuencia de avería de las máquinas con la consiguiente parada de producción, intervención de mantenimiento y necesidad de externalización de la producción.

Una vez seleccionadas las máquinas y tras disponer de las dimensiones de las mismas, es necesario buscar la ubicación en la nave que se adapte mejor a las condiciones de trabajo. En la situación actual, la incapacidad de las máquinas antiguas de realizar más de una operación sobre algunos de los ejes hace bastante habitual las dobles manipulaciones. Además, la distancia existente entre la célula 231 y la célula Schaudt hace necesaria la intervención de una carretilla para atravesar un par de pasillos y llevar las piezas semielaboradas entre células.

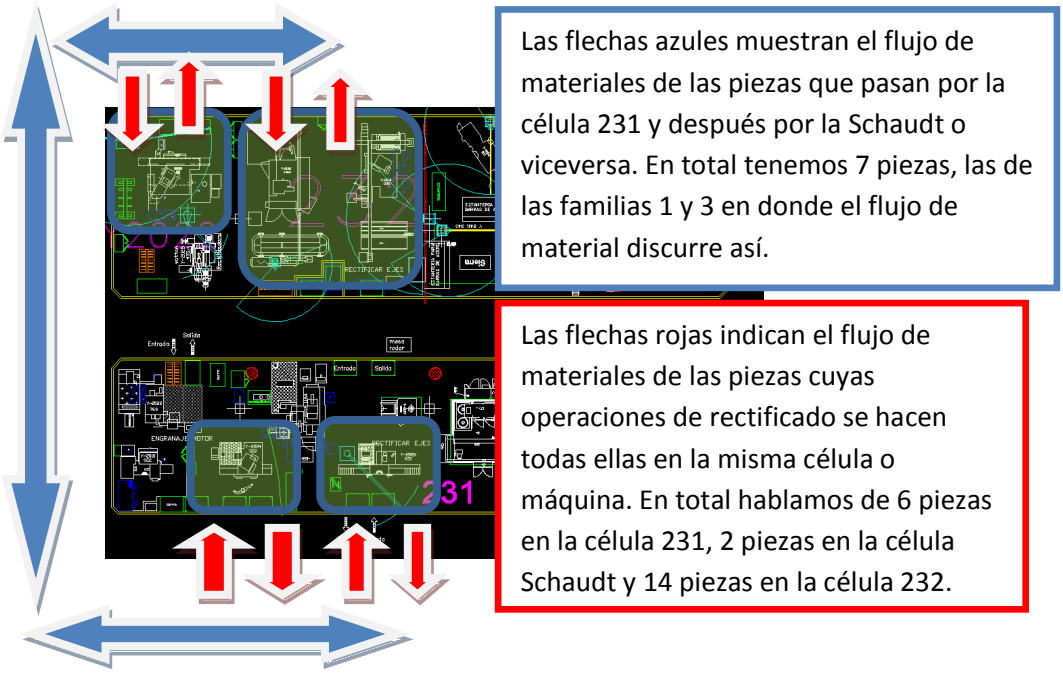


Fig 6.1: Layout y flujo de materiales de la nave 6 en la situación de partida.

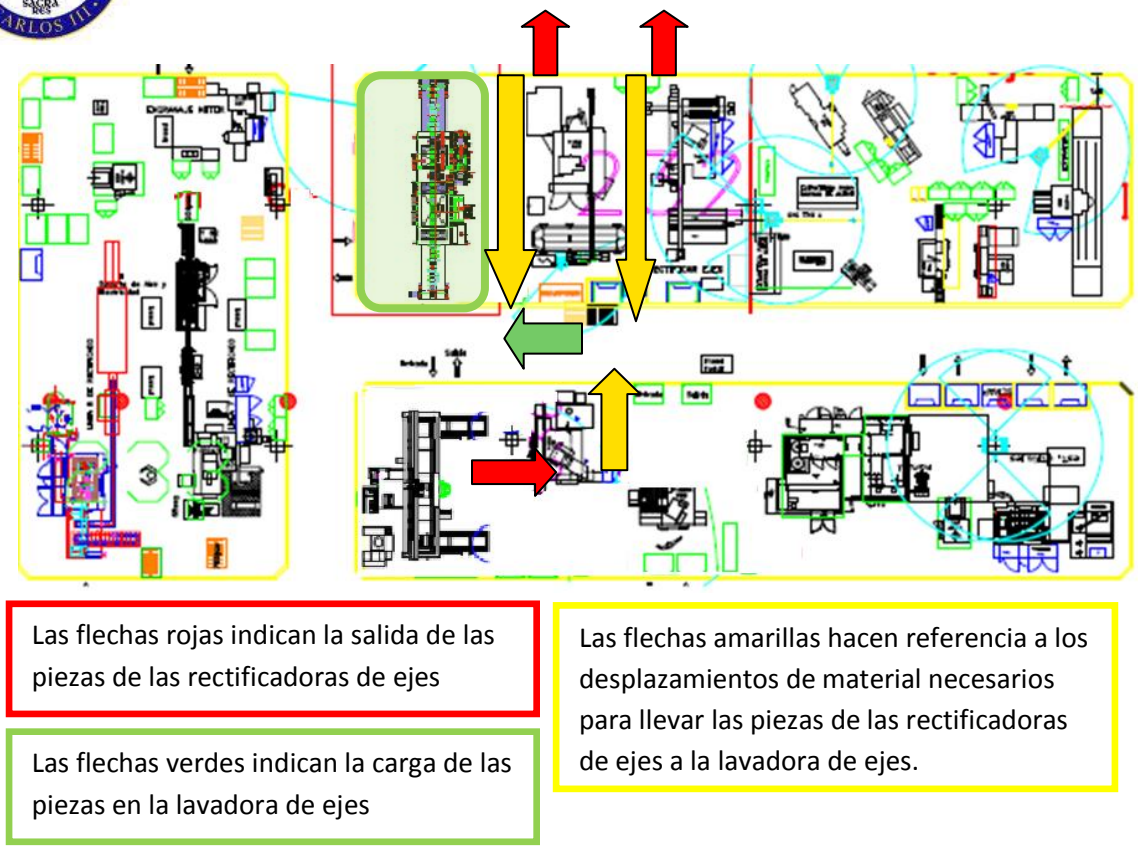


Fig 6.2: Layout y flujo de materiales de la nave 6 en la situación final.

Como se puede observar, la disposición de las máquinas es mucho más coherente en la situación final. Se eliminan las dobles manipulaciones de material y se consigue el propósito de que la lavadora esté ubicada cerca de las células de rectificado de ejes.

La instalación de la nueva rectificadora de ejes nos permite rectificar el 100% de la producción en fábrica, sin necesidad de recurrir a proveedores externos. El ahorro de tiempo de rectificado conseguido por las características de la nueva rectificadora debido a la presencia de conveyors de entrada y salida, al doble cabezal para las muelas y a la mejora de los parámetros de rectificado permite introducir referencias que anteriormente se hacían fuera de fábrica.

Esta importante ventaja, nos permite asimismo establecer un análisis de la rentabilidad de la inversión a realizar con la adquisición de la nueva rectificadora en términos económicos. Para ello comparamos la situación de partida de la nave, con la situación prevista en el futuro.

La situación futura está muy clara, implica la realización del volumen total de producción en las células 232 y en la nueva máquina, incluyendo las referencias que antes no se hacían en John Deere Ibérica S.A.

Pero al compararla con la situación actual nos surgen dudas: ¿Serían capaces las rectificadoras actuales de asumir el 100 % de la producción, o su antigüedad y obsolescencia haría que se estropeasen con mayor o menor frecuencia, siendo necesaria en tal caso la externalización de parte del volumen?

Como no sabemos lo que ocurrirá en el futuro, hemos planteado un análisis económico de las rentabilidades obtenidas en cada uno de los casos, cuyos resultados se muestran a continuación:

% farm out	P.B.	P.B.A.	V.A.N(k=1,5%)	T.I.R
0	4 años y 5 meses	4años y 7 meses	637.433	18,65%
5	3 años y 11 meses	4 años y 2 meses	767.858	21,36%
10	3 años y 5 meses	3 años y 9 meses	898.548	24,58%
15	3 años y 4 meses	3 años y 6 meses	1.029.232	27,42%
20	3 años y 1 mes	3 años y 2 meses	1.159.923	30,25%
25	2 años y 11 meses	Casi 3 años	1.290.613	32,94%

Tabla 6.4: Resumen de los valores de P.B, P.B.A, V.A.N y T.I.R para las distintas hipótesis de % de farm out.

Como se puede apreciar en la tabla 6.4, en cualquiera de las situaciones hipotéticas planteadas para la situación actual, suponiendo que es necesario externalizar un determinado % en función de las averías producidas en las máquinas, la inversión es rentable en términos económicos.

La nueva situación nos ha permitido un panorama más esclarecedor en el corto, medio y largo plazo, ya que la instalación de ambas máquinas no solo permite eliminar las ineficiencias, sino que trae consigo unos ahorros importantes, la posibilidad de introducir en fábrica alguna referencia que actualmente se rectifica fuera, y un flujo de material mucho más acorde con la situación de la fábrica.

En definitiva, podemos garantizar la viabilidad del proyecto en el medio y largo plazo y, a la espera de que los resultados satisfagan las previsiones efectuadas, podemos considerar una decisión apropiada la sustitución de las máquinas

antiguas por una nueva, ya que introducimos el concepto innovación y estandarización en el rectificado de ejes, cualidades de las que carecíamos, y que son imprescindibles para competir en el mercado actual.

Por último, a nivel personal, no puedo sino agradecer a mi tutor en la empresa y a mis compañeros con los que he venido efectuando el trabajo, por la posibilidad de trabajar en un proyecto, que me ha resultado enriquecedor y me ha permitido conocer el funcionamiento de una compañía a la hora de afrontar nuevos retos que se le presentan.

ANEXO I: ESTUDIO DE TIEMPOS

1. PROPÓSITO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

El trabajo en estándar de tiempos es uno de los más interesantes e importantes entre los trabajos industriales. Si se fija un estudio de tiempos y se utiliza con una clara compresión de lo que se ha de cumplir se podrán obtener de él muchos beneficios. Sus propósitos fundamentales son:

- Buscar la forma más fácil y económica de realizar un trabajo, considerando todos los factores de evaluación de métodos, herramientas, equipos…
- Proveer un estándar de tiempo a una cantidad específica de trabajo, que sea justa para el empleado y la compañía.
- Establecer el uso del estándar para asegurar la calidad de las piezas, la seguridad, la cantidad de partes requeridas…
- Estandarizar el tiempo de realización del trabajo, a fin de establecer planes de trabajo, determinar la efectividad de las máquinas y determinar la combinación más económica de hombres y máquinas para cada puesto de trabajo.
- Estandarizar costos para preparar presupuestos y estimar precio de venta del producto.

2. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

1. Desarrollo de métodos eficientes.

Los factores que influyen en el tiempo de una operación son básicamente dos:

- Método: Es propiedad exclusiva de la empresa.
- Hombre: Es propiedad exclusiva del hombre.

La reducción del tiempo invertido por mejora del método es propiedad de la empresa, sin embargo, la reducción del tiempo invertido por una mayor eficiencia es siempre propiedad exclusiva del hombre. De aquí surge el principio del sistema de incentivos.

Debemos por tanto tener la seguridad de que un aumento del rendimiento se debe exclusivamente a una mayor eficiencia del operador y no a una mejora del método, ya que este ha debido ser estandarizado antes de realizar un estudio de tiempos. Por lo tanto, el primer paso antes de realizar un estudio de tiempos es asegurar que el método elegido para tomar en cuenta el estándar de tiempos (secuencia de operaciones a realizar), es el adecuado.

Para el desarrollo de buenos métodos es necesario:

- **Analizar** el trabajo a desarrollarse. Responder a las cuestiones: ¿Cuál es el problema? ¿Cuáles son los resultados deseados? Recopilar hechos relacionados con el problema.
- **Pensar** distintas opciones de cómo hacerlo. ¿Existe alguna forma mejor?
- **Seleccionar** el mejor método. Considerar realidades del método en cuanto a calidad, cantidad, seguridad y coste.
- Instalarlo, evaluarlo, y en caso de que sea el mejor, **adoptarlo como estándar**.

Por último, a la hora de evaluar el método de trabajo debemos tener en cuenta una serie de factores, de entre los que cabe destacar:

- **Puesto de trabajo:** Limpio, ordenado, iluminado correctamente, mesas en su ubicación óptima…
- **Dispositivos:** Montaje y desmontaje sencillo, facilidad de cambio de utillajes…
- **Mantenimiento:** Condiciones de los dispositivos adecuadas, en buen estado…
- **Herramientas y útiles:** Herramientas adecuadas en tamaño y número, cercanas al operario…

2. Características y factores a tener en cuenta para el estudio del estándar.

Una vez que se ha determinado el mejor método de trabajo, es necesario analizar los tiempos de cada una de las operaciones para conseguir determinar un estándar de tiempo realista y aceptado tanto por el trabajador como por la empresa. Para determinar el estándar de tiempo vamos a definir previamente los siguientes conceptos:

- **Eficiencia:** Es una evaluación de la velocidad a la que trabajan los operarios. La relación entre el tiempo normal y el tiempo real es lo que se define como eficiencia.

$$\boldsymbol{Eficiencia = \frac{tiempo\ normal(min)}{tiempo\ real(min)}}$$

La experiencia en el estudio de tiempos es la que permite determinar correctamente este factor. Una eficiencia del 115%(1.15) significa que, para el analista de tiempos, el operario ha realizado la tarea un 15% más rápido de lo que lo hará en su trabajo diario. La eficiencia esperada es del 130 -145 % como máximo.

- **Tiempo normal por operación (T.N):** Para cada una de las tareas que se van a realizar, se calcula el tiempo observado. Generalmente se hacen cinco (o n) mediciones distintas y se anotan los tiempos de cada una de ellas, determinándose el tiempo observado a partir de la media de las n mediciones.

  Una vez que se ha determinado el tiempo "observado", es necesario multiplicarlo por el factor de eficiencia.

$$\boldsymbol{Tiempo\ normal}\ (\mathbf{min}) = \boldsymbol{tiempo\ observado}(\mathbf{min}) * \boldsymbol{eficiencia}$$

- **P&F (Factores personal y fatiga):** A la hora de calcular el estándar es necesario tener en cuenta un factor que abarque los retrasos debido a factores personales y de fatiga. Durante las ocho horas de la jornada laboral, el ope-

rario realiza una serie de paradas para llamadas personales, pausa para café, ir al servicio, fumar, cambiarse…Se considera que es en este tiempo donde también se recupera de la fatiga que le supone las operaciones en su trabajo, por lo tanto estos factores van unidos.

El factor mínimo que se aplica a estos elementos es del 10% (P&F≥1,1), lo que proporciona como mínimo 44 minutos de una jornada laboral de ocho horas para estas operaciones (Ver fig. 8). El factor P&F, como hemos dicho, también abarca los esfuerzos de las operaciones, por lo tanto, su valor será mayor o menor en función de la pieza a mover (su peso), la operación a realizar sobre la pieza, la distancia a recorrer por el operario, si la pieza se mueve manualmente o con polipastos…

Su objetivo, por tanto, es aumentar el tiempo normal permitido para desarrollar una determinada tarea de forma que se pueda proveer al operario del tiempo necesario para descanso y recuperación.

- **Minutos estándar por tarea:** Es el tiempo normal por cada tarea multiplicado por el factor P&F.

$$\boldsymbol{Minutos\ estandar\ por\ tarea = tiempo\ normal}(\mathbf{min}) * \boldsymbol{P}\&F$$

- **Diagrama hombre-máquina:** El tiempo en realizar una operación grande, por ejemplo, un mecanizado o rectificado, se determina observando la duración de cada una de las tareas que constituyen una operación. Este tiempo se puede catalogar en tres categorías:

    1. **Tiempo D:** Comprende la duración de aquellas operaciones que el operario **tiene que** realizar con la máquina parada, por ejemplo abrir o cerrar puertas de la máquina, cambiar utillaje, afilar herramientas…
    2. **Tiempo R:** Comprende todas aquellas operaciones en las que el operario **puede** actuar con la máquina funcionando. Entre ellas esta lim-

pieza, medición…(lógicamente se hacen sobre una pieza que no está en la máquina)

3. **Tiempo M:** Es el tiempo total que la máquina está haciendo una operación sobre una pieza, en nuestro caso, rectificándola.

Por lo tanto, lo primero que se tiene que hacer para calcular el estándar es clasificar correctamente la categoría donde se ubica cada tiempo. Como premisa podemos determinar que todos los tiempos deberían considerarse como R al menos que sea físicamente imposible para el operador desarrollarlo mientras la máquina está funcionando**. Los elementos D deben analizarse para ver si es posible transformarlo en R mediante la alteración del método o la secuencia.**

Ejemplo de determinación de tiempos:

ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	MINUTOS STD.
1	ABRIR CONTRAPUNTO (PEDAL). PZA DE PUNTOS A MESA	0,061				0,061
2	PZA DESDE MESA COLOCAR ENTRE PUNTOS	0,080				0,080
3	CERRAR CONTRAPUNTO (PEDAL)	0,006				0,006
4	DESPLAZAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE » 3 M/M	0,044				0,044
5	INICIAR CICLO RECTIFICADO CON PALANCA-ACOPLAR AVANCE	0,034				0,034
6	APROXIMAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE » 3 MTS	0,044				0,044
7	RECTIFICAR RPM=132 AV=1,50			0,920		
8	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA)		0,013			0,013
9	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-24002/002		0,082		1/2	0,164
10	PZA DE MESA COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,033			0,065
11	PZA DE BANDEJA P.S.P. A MESA, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA)		0,181			0,181
	LIMPIAR CENTROS DE PZA					
12	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066			0,066
	****** ELEMENTOS ACICLICOS ******					
13	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,1)	0,126			1/20	2,522
14	CORREGIR MEDIDA	0,063			1/10	0,633
15	COMPROBAR (1) PATRONES PARA MARAMETER		0,015		1/15	0,231
16	TOL. CAMBIO DE CARGA.	0,021			1/300	6,166
17	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,001		1/75	0,066

Tabla 7.1: Desglose de operaciones en elementos D, R y M

Como podemos observar, se trata de considerar como tiempos R todos aquellos que sean físicamente posibles realizarlos con la máquina funcionando. Por lo tanto, en este caso, si agrupamos los tiempos por tipos y los sumamos, obtenemos unos valores de:

- **Tiempo D total = 0,479 min std/pieza.**
- **Tiempo R total = 0,391 min std/pieza.**
- **Tiempo M total = 0,920 min /pieza.**

El objetivo ahora es elaborar un diagrama hombre-máquina. Para entender este diagrama es necesario comprender el principio de funcionamiento de la oportunidad incentiva. Para ello expondremos un diagrama hombre máquina sencillo e intentaremos explicarlo.

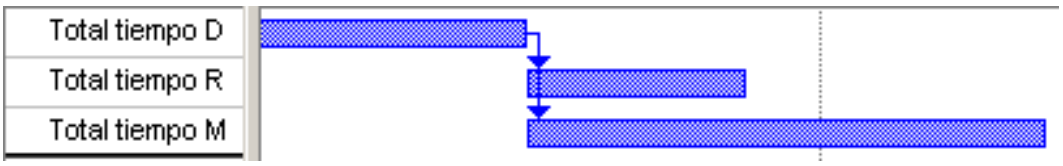


Fig. 7.1: Diagrama hombre-máquina.

Lo primero que tenemos que considerar es que los tres tipos de tiempos no están en las mismas unidades. Los tiempos D y R estándar se determinaban multiplicando los minutos observados por el factor P&F y por la eficiencia observada. En cambio el tiempo máquina esta en minutos/pieza. Tenemos que considerar que la máquina tiene un factor P&F equivalente al del operario y que por defecto es del 8%. Por tanto, para pasar de min/pieza a minutos estándar /pieza tenemos que multiplicar el tiempo máquina *1,08.

Por otra parte tenemos que tener en cuenta que el estándar de tiempos obliga a sacar una cantidad mínima de piezas para cada jornada de trabajo. Vamos a intentar explicar el funcionamiento de la oportunidad incentiva a partir de la eficiencia y las horas devengadas. He aquí el siguiente ejemplo:

Supongamos una operación que tiene un tiempo estándar de 3,55 horas estándar /100 piezas. Esto significa que el operario, en ocho horas de trabajo (un turno) tiene que sacar, al menos $\frac{8horas/turno}{0{,}0355horas/pieza} = 226\ piezas/turno$.Lo que ocurre es que el estándar permite premiar la productividad, por lo tanto, si suponemos que el operario es capaz de sacar , por ejemplo, 290 piezas/turno, estará trabajando a una eficiencia del (290/226)*100, esto es, un 128%.

Por lo tanto, el operario estará trabajando 8 horas reales, y estará cobrando (devengando) 290(piezas)*0,0355(horas/pieza)= **10,295 horas.** Esto permite estimar la eficiencia media de las tareas a realizar. Se estima que la eficiencia media es del 130 % para los tiempos D y R en toda la fábrica.

- **Retraso inherente (I.D):** Es la cantidad de tiempo, en minutos estándar que el operario debe esperar a su máquina o proceso después de haber completado el trabajo que puede realizar durante el ciclo máquina.
- **Tolerancia al retraso inherente (I.D.A):** Es el retraso inherente multiplicado por 1.10.Provee el 10% de premio sobre los tiempos de espera.

En nuestro ejemplo, considerando una eficiencia del 130%, podríamos calcular el I.D.A aplicando la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{I.D.A = \left(tiempo\ M * 1{,}08 - \frac{tiempo\ R}{1{,}30}\right) * 1{,}10}$$

Concluyendo, la diferencia entre el tiempo estándar máquina y los tiempos R realizados a una velocidad del 130% es el tiempo de espera o retraso inherente. Si se provee el 10% de la oportunidad incentiva a los tiempos de espera, entonces obtenemos el I.D.A.

La fórmula de retrasos provee automáticamente una oportunidad incentiva sobre ellos, siempre que sean realizados durante el tiempo máquina. Los “elementos R” no tienen por qué realizarse a una velocidad del 130%, este valor es estimado y aplicado a todos los elementos R de la fábrica.

Por lo tanto, el gráfico real hombre-máquina quedaría de la siguiente forma:

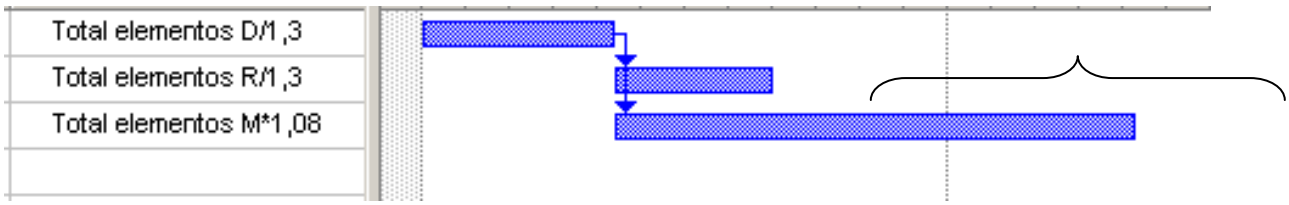


Fig. 7.2: Diagrama hombre-máquina para el cálculo del I.D.A.

En nuestro caso, lo marcado con el corchete sería el I.D. Si lo multiplicásemos por 1,1 obtendríamos el I.D.A. con valor de:

$$\boldsymbol{I.D.A = \left(0,920 * 1,08 - \frac{0,391}{1,3}\right) * 1,1 = 0,762\ minutos\ estandar/pieza}$$

Una vez calculado el I.D.A, podemos definir los minutos estándar de la operación como la suma de los elementos R, los elementos D y el I.D.A.

Por lo tanto;

Minutos estándar =0,479 (D)+0,391 (R)+0,762(I.D.A)= 2,073 minutos estándar/pieza.

¿Cómo funciona el principio de los retrasos inherentes? Vamos a verlo con un ejemplo: Supongamos una operación en donde los tiempos R, M y D son respectivamente 2, 5 y 2 minutos estándar. Por lo tanto, el tiempo de espera sería 5-2= 3 minutos estándar.

El principio de los retrasos inherentes provee una oportunidad incentiva para todos los elementos del trabajo del operario, no estando este limitado durante el "tiempo M".

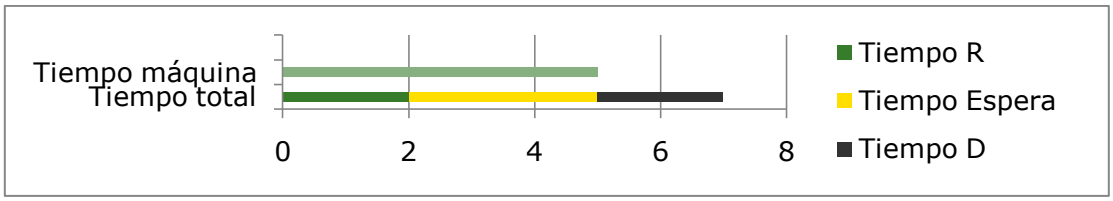


Fig. 7.3: Desglose de tiempos.

Si aumentamos el tiempo de máquina un 8%, podemos proporcionar tiempos adicionales para factores personales y de fatiga.

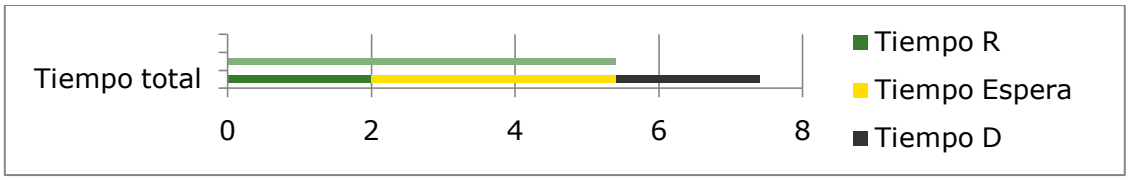


Fig. 7.4: Incremento del tiempo máquina un 8% para pasar a minutos estándar máquina.

Volvemos a aumentar el tiempo de espera como si el operario estuviera trabajando al 130% durante el tiempo de máquina.

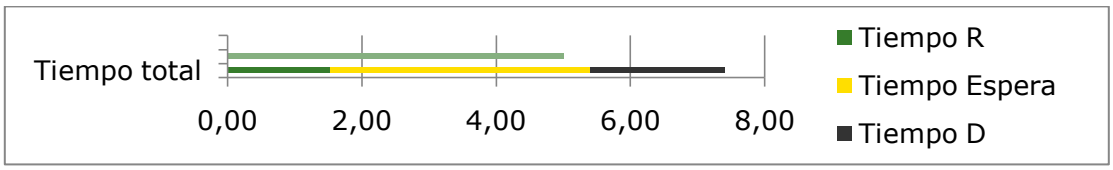


Fig. 7.5: Aumento del tiempo de espera al considerar eficiencia del 130%.

Como los estándares se establecen para velocidad 100, ocurre como si el tiempo de espera hubiese experimentado dos expansiones. Además, el principio otorga un 10 % adicional de oportunidad de incentiva. Esta será más grande cuanto mayor sea el valor del "tiempo R".

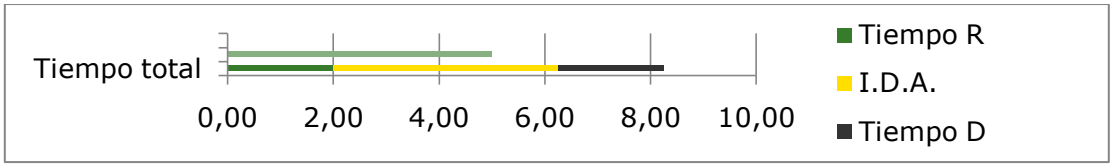


Fig. 7.6: Determinación del I:D:A a partir del retraso inherente y la oportunidad incentiva.

Por lo tanto, ya tendríamos calculado el tiempo estándar para una operación completa, siendo este la suma de los tiempos R, D e I.D.A. Pero, este valor no es el estándar incentivo, ya que además tenemos que tener en cuenta otros factores:

- **Job Delay Factor (J.D.F):** Es un factor que se aplica al total de minutos estándar y sirve para determinar el estándar incentivo. Tiene un valor por defecto de 1,04, y comprende todo tipo de interrupción que no esté direc-

tamente relacionada con la cantidad de piezas producidas. Algunos retrasos cubiertos por el J.D.F son, por ejemplo:

1. Contactos con el supervisor, ponerse guantes de seguridad y gafas, fichar, preparar la zona de trabajo…
2. Caídas de herramientas al suelo, coger y dejar herramientas al final de cada turno, retirar virutas…
3. Apagar luces, limpiar la zona de trabajo…

Esto implica que, de una jornada de trabajo (8horas) tenemos la siguiente división:

Fig. 7.7: Gráfico de división del tiempo de un operario en sus horas de trabajo

$$\mathbf{8}\ \boldsymbol{horas} = \mathbf{480}\ \boldsymbol{minutos} = \boldsymbol{X} + \mathbf{0,1} * \boldsymbol{X} + \mathbf{0,04} * (\boldsymbol{X} + \mathbf{0,1} * \boldsymbol{X});$$

Resolviendo obtenemos que, como máximo, en 8 horas de jornada laboral, podemos obtener 419 “minutos productivos”, 42 “minutos de P&F” y 19 minutos de “retrasos propios del trabajo”. Se supone que hemos tomado como valores de P&F y J.D.F los mínimos permitidos.

- **Estándar incentivo:** Cantidad de horas que un hombre normal (eficiencia=1) necesita para producir 100 piezas, incluyendo los retrasos por fatiga, factores personales y propios del trabajo estudiado.
  Obtenemos por tanto el estándar incentivo a partir de la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{horas\ estandar}/_{\boldsymbol{100\ piezas}} = \boldsymbol{minutos\ estandar}/_{\boldsymbol{pieza}} * \boldsymbol{J.D.F} * \frac{\boldsymbol{100\ piezas}}{\boldsymbol{60\ \frac{minutos}{hora}}}$$

En nuestro caso, siguiendo el ejemplo anterior, las horas estándar por 100 piezas serían:

Horas estándar/100 piezas = 2,073*1,04*1,667=3,59

3. Resumen del cálculo de tiempos, conclusiones:

a. Los ingenieros de tiempo observan y evalúan la velocidad de trabajo del operario para cada tarea.
b. Multiplicando el tiempo observado en cada tarea por el factor de evaluación obtendríamos el tiempo normal.
c. Si multiplicamos el tiempo normal de cada tarea por los factores P&F, obtendríamos los minutos estándar por ciclo de trabajo.
d. Obtenemos el tiempo estándar por tarea desglosando y agrupando los tiempos estándar de cada tarea y agrupándolos en R, D y M, y posteriormente calculamos el I.D.A.(en minutos std por pieza)
e. Sumamos los tiempos R, D y el IDA de todas las tareas y obtenemos el tiempo estándar (en minutos por pieza) de la operación.
f. Multiplicando el estándar de la operación por el factor J.D.F y por el factor de conversión 1,667 obtenemos las horas estándar por cada 100 piezas de la operación.
g. Sumando las horas estándar por cada 100 piezas de cada una de las n operaciones podemos obtener el tiempo total que se invierte en un conjunto de operaciones comunes, por ejemplo tiempo total de mecanizado o de rectificado

ANEXO II: COMPARATIVA DE LAS HORAS ESTÁNDAR ACTUALES Y PREVISTAS

1. INTRODUCCIÓN

Lo que vamos a tratar de hacer a lo largo de este anexo es determinar las operaciones que se hacen actualmente en las rectificadoras que van a salir de la fábrica y definir un estándar aproximado para las mismas referencias en la nueva rectificadora de ejes. Explicaremos para cada una de ellas el porqué de la ausencia de determinadas operaciones, obteniendo como resultado del análisis un nuevo estándar de tiempo que será bastante aproximado al esperado.

Con objeto de hacer el estudio lo más fiable posible, vamos a tener en cuenta solo aquellas piezas que pasarán a hacerse en la nueva máquina, considerando que el estándar para las piezas que pasan a hacerse en máquinas ya existentes es similar. Por tanto, haremos el estudio por separado para las distintas familias a rectificar.

2. COMPARATIVA DEL ESTÁNDAR ACTUAL Y EL PREVISTO

Familia #1: Compuesta por las referencias H133161, Z13322, Z13324, Z12780 y CE19091,se hacen actualmente en las rectificadoras Schaudt y Fortuna con unos valores en cada una de ellas de 5,1 y 3,48 horas estándar/ 100 piezas respectivamente.

Las distintas operaciones que se hacen sobre las referencias y que dan lugar a sus estándares se detallan a continuación:

FAMILIA:	**I**
REFERENCIAS:	**H133161, CE19091, Z12780, Z13322,Z13324**
MÁQUINAS:	**SCHAUDT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**Y-2036**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***ÁRBOL***

SCHAUDT Y-2036

ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
1	ABRIR CONTRAPUNTO (PEDAL), PZA DE PUNTOS A MESA	0,083							0,083
2	PZA DESDE MESA COLOCAR ENTRE PUNTOS	0,157					115	1,14	0,157
3	CERRAR CONTRAPUNTO (PEDAL)	0,043							0,043
4	DESPLAZAR MESA MEDIANTE VOLANTE CON PALANCAS PARA ALEJAR LA MUELA DE LA POSICION DE TRABAJO	0,026							0,026
5	INICIAR CICLO AUTOMATICO (DOS BOTONES SIMULTANEAMENTE)	0,082							0,082
6	RECTIFICAR A Ø 41,313±0,013 MM, Ø 50,243±0,013 MM, Ø 59,995±0,013 MM			1,550					1,550
7	APROXIMAR BANCADA SENTIDO VERTICAL CON VOLANTE Y PALANCAS, LIMPIANDO		0,305				100	1,12	0,305
8	TOL. VERIFICAR PZA CON 2 MARAMETERS ELECTRONICOS F-49-35-124002/005 CAMBIANDO MANETA EN COLUMNA (2 PUNTOS CADA UNO)		0,190		1/2		100	1,11	0,380
9	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/005		0,067		1/2				0,133
10	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA) PZA DE MESA,COLOCAR EN BANDEJA P.P.		0,078						0,013
11	PIEZA DE BANDEJA P.S.P.A MESA,COLOCAR PERRO DE ARRASTRE TIPO LEVA,LIMPIAR CENTROS DE PIEZA		0,191						
12	DAR GRASA A CENTROS DE PIEZA CON PALETA		0,066						
	ELEMENTOS ACICLICOS								
13	DIAMANTAR MUELA DE CORTE (1 PASADA, DIAL 2,5)			0,363	1/8				2,900
14	COMPROBAR 3 PATRONES (2) PARA MARAMETER ELECTRONICO Y (1) NORMAL		0,038		1/15		100	1,11	0,577
15	COMPROBAR OVALO Y CONICIDAD		0,046		1/8		100	1,10	0,365
16	COMPROBAR CONICIDAD	0,014			1/8		100	1,11	0,115
17	TOL.CAMBIO DE CARGA	0,077			1/90				6,952
18	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS	0,007			1/30		100	1,11	0,222
	TOTAL	0,490	0,981	1,913		IDA			1,442

PIEZAS / CICLO	1	CICLO	2,442
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,490	HORAS	4,234
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0,981		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	1,442	HORAS	5,049
TOTAL MINUTOS STANDARD	**2,913**		

Fig. 8.1: Horas estándar para referencias de la familia 1 en la rectificadora Schaudt y-20-36.

FAMILIA:	**I**
REFERENCIAS:	**H133161, CE19091, Z12780, Z12780, Z13322,Z13324**
MÁQUINAS:	**FORTUNA**
REFERENCIA MÁQUINA:	**Y-2026 , Y2034**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***ÁRBOL***

FORTUNA Y-2026 / Y-2034

ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS
1	ABRIR CONTRAPUNTO (PEDAL), PZA DE PUNTOS A MESA	0,061							0,061
2	PZA DESDE MESA COLOCAR ENTRE PUNTOS	0,080							0,080
3	CERRAR CONTRAPUNTO (PEDAL)	0,006							0,006
4	DESPLAZAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE » 3 MTS	0,044							0,044
5	INICIAR CICLO RECTIFICADO CON PALANCA	0,020							0,020
6	APROXIMAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE » 3 MTS	0,044							0,044
7	**RECTIFICAR** RPM=145 AV=1,50			1,050					1,050
8	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA)		0,013						0,013
9	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124001/031		0,082		1/2		110	1,11	0,164
10	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124001/005		0,082		1/2		110	1,11	0,164
11	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/030		0,082		1/2		110	1,11	0,164
12	PZA DE MESA COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,033		1/2				0,065
13	PZA DE BANDEJA P.S.P. A MESA, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA) LIMPIAR CENTROS DE PZA		0,181						0,181
14	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066						0,066
	ELEMENTOS ACICLICOS								
15	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,0)	0,278			1/15				4,175
16	CORREGIR MEDIDA	0,063			1/10		115	1,10	0,633
17	COMPROBAR 3 PATRONES PARA MARAMETER		0,015		1/15		105	1,11	0,231
18	TOL.CAMBIO DE CARGA	0,077			1/80				6,166
19	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,002		1/28				0,066
	TOTAL	0,674	0,556	1,050		IDA			0,777

PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	1,652
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,674	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	2,864
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0,556		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0,777	HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	3,478
TOTAL MINUTOS STANDARD	**2,007**		

Fig. 8.2: Horas estándar para referencias de la familia 1 en las rectificadoras Fortuna Y-20-26/Y-20-34

A continuación mostramos el estándar previsto para esta misma referencia en la nueva rectificadora:

FAMILIA:	**I**
REFERENCIAS:	**H133161, CE19091, Z12780, Z13322,Z13324**

MÁQUINAS:	**NUEVA DANOBAT**	**DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:**	
REFERENCIA MÁQUINA:	**??**	***ÁRBOL***	

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS
Nuevo estandar.	1	INICIAR CICLO AUTOMÁTICO		0,082						0,082
	1	PIEZA DE CONVEYOR DE SALIDA A BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 1)		0,330						0,330
	3	**RECTIFICAR**			**1,620**					1,850
	4	TOL. VERIFICAR PZA CON 2 MARAMETERS ELECTRONICOS F-49-35-124002/005		0,190		1/2		100	1,11	0,380
	5	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/005		0,067		1/2				0,133
	6	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124001/031		0,082		1/2		110	1,11	0,164
	7	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124001/005		0,082		1/2		110	1,11	0,164
	8	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/030		0,082		1/2		110	1,11	0,164
	9	PIEZA DE BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 2), COLOCAR EN BANDEJA DE P.P		0,400						0,400
	10	PIEZA DE BANDEJA P.S.P A CONVEYOR DE ENTRADA		0,330						0,330
		ELEMENTOS ACICLICOS								
	11	DIAMANTAR MUELA DE CORTE (1 PASADA, DIAL 2,5)			**0**	1/5				
	12	COMPROBAR 3 PATRONES (2) PARA MARAMETER ELECTRONICO Y (1) NORMAL		0,072		1/8		100	1,11	0,577
	13	COMPROBAR OVALO Y CONICIDAD		0,046		1/8		100	1,10	0,365
	14	COMPROBAR CONICIDAD		0,014		1/8		100	1,11	0,112
	15	TOL.CAMBIO DE CARGA		0,077		1/90				6,952
	16	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,0)			**0,000**	1/15				4,175
	17	CORREGIR MEDIDA		0,063		1/10		115	1,10	0,633
	18	COMPROBAR 3 PATRONES PARA MARAMETER		0,029		1/8		105	1,11	0,231
	19	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,002		1/30				0,066
		TOTAL	0,000	1,866	1,620		IDA			0,346

PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	1,750
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,000	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	3,033
MINUTOS "R" STD. TRAB.	1,866		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0,346	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**	**3,833**
TOTAL MINUTOS STANDARD	2,212		

Fig. 8.3: Horas estándar para referencias de la familia 1 en la nueva rectificadora de ejes.

Tal y como podemos observar en el nuevo estándar, ahorramos tiempo con respecto al anterior por varios motivos:

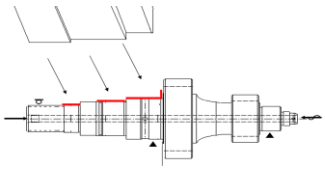
1. Antes teníamos carga y descarga manual en dos máquinas, era "tiempo D" ya que al hacerlo directamente sobre la máquina esta no podía estar funcionando. Además era necesaria la colocación de la pieza entre puntos, la aproximación de la bancada, pre posicionar la pieza en la mesa auxiliar...

Todas estas operaciones se sustituyen en la nueva máquina por una carga y una descarga en/desde sus respectivos conveyors en los que se almacenan ejes, siendo por lo tanto ambas operaciones "tiempo R", (capaces de

hacerse mientras se rectifica otra pieza), con lo que tan solo se requiere la ubicación de la pieza en el conveyor de entrada y la retirada de ésta del de salida, apretando el botón para iniciar el ciclo automático.

2. El rectificado en la máquina antigua estaba sujeto a unas condiciones en lo que se refiere a avance, profundidad de pasada y velocidad de giro de la muela muy inferiores a las que se pueden obtener con la nueva rectificadora de ejes. El tiempo total de rectificado de las máquinas para estas referencias sería de 1,05 horas estándar/100 piezas en los rectificados de los diámetros exteriores que se efectúan en la Fortuna y 1,550 horas estándar/100 piezas para el de los diámetros exteriores efectuados en Schaudt.

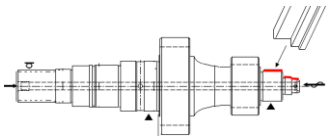
La nueva rectificadora de ejes es capaz de realizar todos estos rectificados (en dos operaciones) en un tiempo bastante inferior a la suma de los tiempos en ambas máquinas. A continuación se expone el tiempo empleado en el rectificado y las características del mismo, mostrándose imágenes del funcionamiento del proceso.



Con una muela especial de espesor 50 mm y diámetro máximo 650 mm podemos rectificar simultáneamente los diámetros de 34.958, 20.523 y 15,862 mm, así como el refrentado correspondiente al diámetro mayor.

Fig. 8.4: Rectificado y refrentado de una referencia de la familia 1,

con la zona de ataque de la muela, en la 1ª operación.



Con una muela especial de espesor 115 mm y diámetro máximo 650 mm podemos rectificar simultáneamente los diámetros de 59.995, 50.253 y 41,313 mm, así como el refrentado correspondiente al diámetro mayor

Fig. 8.5: Rectificado y refrentado de una referencia de la familia 1,

con la zona de ataque de la muela, en la 2ª operación.

Operación	**Tiempo (seg.)**
Carga y descarga automática	16
Abrir-cerrar puntos, amarre de la pieza	3
Posicionado axial	7
Rectificado Ø 59,995 - Ø50,243 - Ø41,313 ±0,013 mm	40
Giro cabezal de la muela	5
Rectificado Ø 34,958 - Ø20,523 - Ø15,862 mm	26

El ciclo de mecanizado, que implica desde el momento en que el operario sitúa la pieza en conveyor de entrada hasta que sale por el de salida es de 97 segundos= 1+ (37/60)= 1,62 minutos estándar.

Tabla 8.1: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para una referencia de la familia 1.

3. El doble cabezal de la con giro automático de la muela permite además ahorrar tiempo en la operación diamantado. Esta operación se hace actualmente una vez cada 5 piezas, y se puede mantener este mismo valor, o incluso reducirlo si fuese conveniente al poder diamantarse una de las dos muelas mientras la otra está rectificando, con lo que el tiempo máquina pasa de 0,363 ("minutos estándar "M"/100 piezas" en Schaudt) y 0,278("minutos estándar "D"/100 piezas" en Fortuna) a 0.

Además hay que tener en cuenta que en la nueva máquina casi todas las operaciones se pueden hacer mientras la máquina está en marcha, con lo que tenemos mucho tiempo R y poco tiempo D, lo cual es muy positivo para nosotros. La reducción de tiempos obtenida con estas mejoras es muy positiva, ya que pasamos de 8,9 (horas estándar /100 piezas) sumando las dos máquinas antiguas a 3,83 (horas estándar/100 piezas) en la máquina nueva, ahorrándonos más de la mitad del tiempo.

Familia #2: compuesta por las referencias CE20948 y CE20949. Las horas estándar actuales para cada una de estas referencias que se hacen en la Schaudt y la Fortuna y su desglose en operaciones se muestra a continuación:

FAMILIA:	**II**
REFERENCIAS:	**CE20948,CE20949**
MÁQUINA:	**SHAUDT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**Y-2034**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***EJE DE MANDO***

FORTUNA Y-2026 / Y-2034

ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	MIN.STD./CICLO "R"	MIN.STD./CICLO "M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
1	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-24002/030	0,055			1/3		110	1,11	0,164
2	ALCANZAR POLIPASTO, ENGANCHAR PZA ENTRE PUNTOS, PISAR PEDAL, ELEVAR PZA, QUITAR PERRO ARRASTRELLEVAR A BANDEJA PZAS PROCESADAS, DESENGANCHAR PZA.	0,784					120	1,18	0,784
3	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P., ENGANCHAR PZA , ELEVAR, COLOCAR PERRO ARRASTRE, DAR GRASA A CENTROS CON PALETA, LLEVAR A ENTRE PUNTOS, CENTRAR PZA, PISAR PEDAL PARA CERRAR PUNTOS, DEJAR POLIPASTO SUJETANDO GANCHO SOBRE BANDEJA.	1,192					120	1,18	1,192
4	DESPLAZAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE » 10 M/M	0,072							0,072
5	**REFRENTAR** RPM=132	0,322					115	1,12	0,322
6	NICIAR CICLO RECTIFICADO CON PALANCA-ACOPLAR AVANCE	0,034							0,034
7	**RECTIFICAR** Ø 41,3065 ± 0,0065 RPM=132 AV=1,50			**0,950**					0,950
	ELEMENTOS ACICLICOS								
8	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,1)	0,194			1/16				3,100
9	CORREGIR MEDIDA	0,063			1/10		115	1,10	0,633
10	COMPROBAR (1) PATRONES PARA MARAMETER		0,015		1/15		105	1,11	0,231
11	TOL. GIRAR BANDEJA PZAS 180º	0,072			1/15				1,087
12	TOLERANCIA CAMBIO DE CARGA P.P.	0,103			1/60				6,166
	TOTAL	2,891	0,015	0,950		IDA			1,116

PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	3,250
MINUTOS "D" STD. TRAB.	2,891	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	5,633
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0,015		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	1,116	HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	6,972
TOTAL MINUTOS STANDARD	**4,022**		

Fig. 8.6: Horas estándar para referencias de la familia 2 en las rectificadoras Fortuna Y-20-26/Y-20-34

SCHAUDT Y-2036

ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	MIN.STD./CICLO "R"	MIN.STD./CICLO "M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
1	RETIRAR PROTECCION	0,029					110	1,11	0,029
2	ALCANZAR POLIPASTO, ENGANCHAR PZA ENTRE PUNTOS, PISAR PEDAL, ELEVAR PZA, LLEVAR A BANDEJA PZAS PROCESADAS, DESENGANCHAR PZA.	0,776					120	1,15	0,776
3	CERRAR CONTRAPUNTO (PEDAL)	0,033			1/5		110	1,11	0,164
4	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P., ENGANCHAR PZA , LLEVAR A ENTRE PUNTOS, CENTRA PZA, PISAR PEDAL PARA CERRAR PUNTOS, DESENGANCHAR POLIPASTO Y RETIRAR DEJANDO SUJETO EN BANDEJA.	0,715					120	1,15	0,715
5	COLOCAR PROTECCION	0,042					110	1,11	0,042
6	RETIRAR CON VOLANTE = 1 M/M	0,033					100	1,10	0,033
7	INICIAR CICLO AUTOMATICO (DOS BOTONES SIMULTANEAMENTE)	0,082							0,082
8	RECTIFICAR Ø 62,977±0,0023 MM			**1,200**					1,200
9	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA) PZA DE MESA, COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,068						0,068
10	RECOLOCAR PZA PROCESADA EN BANDEJA		0,093				110	1,18	0,093
11	PZA DE BANDEJA P.S.P. DESPLAZAR, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA) LIMPIAR CENTROS DE PZA		0,167				120	1,16	0,081 0,086
12	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066						0,066
	ELEMENTOS ACICLICOS								
13	DIAMANTAR MUELA			**0,110**	1/15				1,650
14	CORREGIR MEDIDA	0,011			1/20		100	1,11	0,222
15	COMPROBAR PATRONES (2) PARA MARAMETER	0,021			2/15		105	1,11	0,154
16	TOL.CAMBIO DE CARGA.	0,101			1/69				6,952
17	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,010		1/23		100	1,11	0,222
	TOTAL	1,842	0,4037	1,310		IDA			1,215

PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	2,832
MINUTOS "D" STD. TRAB.	1,842	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	4,909
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0,404		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	1,215	HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	5,998
TOTAL MINUTOS STANDARD	**3,461**		

Fig. 8.7: Horas estándar para referencias de la familia 2 en la rectificadora Schaudt Y-20-36.

En la nueva rectificadora estos tiempos varían considerablemente, tal y como podemos observar en el siguiente cuadro en donde se muestra el estándar previsto para estas piezas en la nueva máquina:

FAMILIA:	**II**
REFERENCIAS:	**CE20948,CE20949**

MÁQUINA:	**DANOBAT**	**DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:**	
REFERENCIA MÁQUINA:	**??**	***EJE DE MANDO***	

Nueva rectificadora, ver

ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS					EFIC.	P&F	MINUTOS
1	RETIRAR PROTECCION		0,029			2	3	2	2	3	110	1,11	0,029
2	INICIAR CICLO AUTOMATICO (DOS BOTONES SIMULTANEAMENTE)		0,082			EX-506=,082							0,082
3	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN CONVEYOR DE SALIDA, ENGANCHAR PZA ENTRE PUNTOS,CENTRAR PIEZA, PISAR PEDAL, ELEVAR PZA, LLEVAR A BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 1), DESENGANCHAR PZA.		1,200										1,200
4	**RECTIFICAR (+REFRENTAR)**			**1,920**		MIN.ACT.=1,92							1,920
5	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-24002/030		0,055		1/3	13	14	14	14	12	110	1,11	0,164
6	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANCO DE VERIFICACIÓN(POS2), ENGANCHAR PZA , LLEVAR A ENTRE PUNTOS, CENTRAR PIEZA, PISAR PEDAL PARA CERRAR PUNTOS, DESENGANCHAR POLIPASTO Y RETIRAR DEJANDO SUJETO EN BANDEJA DE SALIDA.		1,200										1,200
6	COLOCAR PROTECCION		0,042			3	4	3	4	3	110	1,11	0,042
7	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P , ENGANCHAR PIEZA ENTRE PUNTOS, CENTRAR PIEZA, PISAR PEDAL, ELEVAR PIEZA, LLEVAR A CONVEYOR DE ENTRADA Y DESENGANCHAR PIEZA		1,200										1,200
	ELEMENTOS ACICLICOS												
7	DIAMANTAR MUELA			**0,000**	1/3	TM = 1,650 MIN.ACT.							0,000
8	CORREGIR MEDIDA		0,022		1/10	20					100	1,11	0,222
9	DIAMANTAR MUELA			**0,000**	1/3	P.DATA=1,55*2							0,000
10	CORREGIR MEDIDA		0,063		1/10	50					115	1,10	0,633
11	COMPROBAR (1) PATRONES PARA MARAMETER		0,046		1/5	21	18	18	21	21	105	1,11	0,231
12	COMPROBAR PATRONES (2) PARA MARAMETER		0,031		1/5	14	14	12	12	14	105	1,11	0,154
13	TOL.CAMBIO DE CARGA.		0,101		1/69	P.DATA=6,952							6,952
14	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,010		1/23	20					100	1,11	0,222
	TOTAL	0,000	4,0806	1,920		IDA							(1,172)

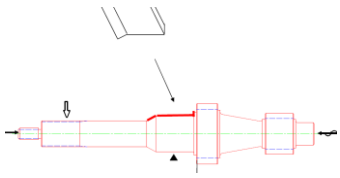
PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	2,074
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,000	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	3,594
MINUTOS "R" STD. TRAB.	4,081		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0,000	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**	**7,073**
TOTAL MINUTOS STANDARD	**4,081**		

Fig. 8.8: Horas estándar para referencias de la familia 2 en la nueva rectificadora.

En este caso, el tiempo total de rectificado pasa de 2,150 horas estándar /100 piezas a 1,920 horas estándar/100 piezas. Obtenemos bastante más ahorro debido a que nos ahorramos una carga (y descarga), a que el diamantado no consume tiempo estándar, y a que la mayoría de las operaciones consumen “minutos R”, predominando en la situación actual las operaciones que consumían “minutos D”.

En este caso, las operaciones R son casi todas, con lo que a la hora de calcular el I.D.A este valor sale negativo. En este caso, las horas estándar se obtienen teniendo en cuenta únicamente los tiempos D y R.

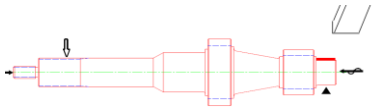
A continuación se expone el tiempo empleado en el rectificado así como sus características más relevantes, mostrándose imágenes del funcionamiento del proceso.



Con una muela especial de espesor 55 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar el diámetros de 65mm, así como el refrentado correspondiente al diámetro mayor.

Fig. 8.9: Rectificado y refrentado de una referencia de la familia 2,

con la zona de ataque de la muela, en la 1ª operación.



Con una muela especial de espesor 40 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar el diámetro de 41.275 mm.

Fig. 8.10: Rectificado de una referencia de la familia 2,

con la zona de ataque de la muela, en la 2ª operación.

Operación	**Tiempo(segundos)**
Carga y descarga automática	16
Abrir-cerrar puntos, amarre de la pieza	3
Posicionado axial	7
Rectificado diámetro 65 mm	42
Giro cabezal de la muela	5
Rectificado diámetro 41,275 mm	31

El ciclo de mecanizado, que implica desde el momento en que el operario sitúa la pieza en conveyor de entrada hasta que sale por el de salida es de 104 segundos= 1+ (44/60)= 1,73 minutos estándar.

Tabla 8.2: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para una referencia de la familia 2.

Familia #3: compuesta por la referencia CE17888, recordamos que anteriormente se rectificaba en dos operaciones distintas en las células 231 y 232. Sus horas estándar respectivas en cada máquina se muestran a continuación.

FAMILIA:												**III**
REFERENCIA:												**CE17888**
MÁQUINA:												**FORTUNA**
REFERENCIA MÁQUINA:												**Y-2026 / Y-2034**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:												***EJE DENTADO***
ELEM.		**DESCRIPCION DE ELEMENTOS**	**MIN.STD./CICLO "D"**	**"R"**	**"M"**	**OCC./ CICLO**	**TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS**					**EFIC.**	**P&F**	**MINUTOS STD.**
FORTUNA Y-2026, Y-2034	1	ABRIR CONTRAPUNTO (PEDAL), PZA DE PUNTOS A MESA	0,061											0,061
	2	PZA DESDE MESA COLOCAR ENTRE PUNTOS, CERRAR CONTRAPUNTO	0,091											0,091
	3	INICIAR CICLO CON PALANCA	0,020											0,020
	4	**RECTIFICAR** A Ø 47,50±0,01 MM			**1,000**									1,000
	5	RETIRAR Y APROXIMAR BANCADA LATERALMENTE CON VOLANTE TOCANDO FRENET A LIMPIAR		0,182								110	1,12	0,182
	6	LIMPIAR PZA, VERIFICAR CON MANGUERA AIRE		0,047		1/3						110	1,12	0,140
	7	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/000		0,053		1/3						100	1,11	0,160
	8	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA) PZA DE MESA ,COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,078										0,078
	9	PZA DE BANDEJA P.S.P. A MESA, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA), LIMPIAR CENTROS DE PZA		0,171										0,171
	10	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066										0,066
		ELEMENTOS ACICLICOS												
	11	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1.1)	0,192			1/15								2,878
	12	COMPROBAR PATRON PARA MARAMETER		0,011		1/15						100	1,11	0,167
	13	TOL.CAMBIO DE CARGA.	0,039			1/180								6,952
	14	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,004		1/60						100	1,11	0,222
	15	TOL.CORREGIR MEDIDAS	0,040			1/15						110	1,10	0,605
		TOTAL	0,443	0,6118	1,000		IDA							0,670
		PIEZAS / CICLO				1	CICLO TEÓRICO							1,421
		MINUTOS "D" STD. TRAB.				0.443	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS							2,462
		MINUTOS "R" STD. TRAB.				0.612								
		TOLERANCIA RETRASO INHERENTE				0.670	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**							3.036
		TOTAL MINUTOS STANDARD				**1.725**								

Fig. 8.11: Horas estándar para referencias de la familia 2 en las rectificadoras Fortuna Y-20-26/Y-20-34

FAMILIA:												**III**
REFERENCIA:												**CE17888**
MÁQUINA:												**TACHELLA**
REFERENCIA MÁQUINA:												**Y-20-40**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:												***EJE DENTADO***
ELEM.		**DESCRIPCION DE ELEMENTOS**	**MIN.STD./CICLO "D"**	**"R"**	**"M"**	**OCC./ CICLO**	**TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS**					**EFIC.**	**P&F**	**MINUTOS STD.**
TACHELLA Y-20-40	1	RECTIFICAR S/PROCESO			**1,840**									1,840
	2	DIAMANTAR MUELA			**0,067**	1/10								0,670
	3	POSICIONARSE EN ZONA DE VERIFICACIÓN, COGER PIEZA PROCESADA DE CINTA TRANSPORTADORA,LIMPIAR CON MANGUERA DE AIRE.		0,036		1/5								0,180
	4	TOL.VERIFICAR CON MARAMETER ELECTRÓNICO F-49-35-24002(1)		0,042		1/5								0,210
	5	TOL VERIFICAR CON MARÁMETER ELECTRÓNICO F-49-35-24002(2)		0,042		1/5						110	1,12	0,210
	6	COGER PIEZA PROCESADA DESDE CINTA TRANSPORTADORA,COLOCARLAS EN POSICIÓN VERTICAL Y ESCURRIR TALADRINA		0,031		1/2						110	1,12	0,062
	7	COGER PIEZA PROCESADA,COLOCAR EN BANCO Y COMPROBAR ZONAS TALLADAS CON CALIBRES DE RELACIÓN PARA DETECTAR GOLPES		0,281								100	1,11	0,281
	8	PIEZA DE BANCO,COLOCAR PROTECTOR,VERIFICAR CALIBRE DE ALINEACIÓN F-49-31-16466, QUIYAR PROTECTOR		0,363										0,363
	9	COLOCAR MALLA PROTECTORA		0,210										0,210
	10	PZA COMPROBADA DE BANCO, COLOCAR EN BANDEJA PIEZAS PROCESADAS		0,096										0,096
	11	POSICIONARSE EN VACIO EN ZONA DE DESCARGA DE MÁQUINA		0,034										
	12	POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P, COGER PIEZAS Y COLOCAR EN GALOPANTE		0,112										
		ELEMENTOS ACICLICOS												
	13	CORREGIR MEDIDAS		0,047		2/15								0,353
	14	TOL.COMPROBAR PATRONES CON MARAMETER ELECTRÓNICO		0,018		1/15								
	15	INTERRUPCIONES DURANTE LA JORNADA	0,020			1/15								0,300
	16	LIMPIEZA DE MÁQUINA AL FINAL DE JORNADA	0,028			1/15						100	1,11	0,420
	17	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,020		1/60								1,200
	18	CORTAR A MEDIDA CON CUCHILLO 10 TROZOS DE MALLA PROTECTORA		0,245		1/10						100	1,11	2,450
	15	TOL.CAMBIO DE CARGA	0,034			1/180						110	1,10	6,120
		TOTAL	0,082	1,577	1,907		IDA							0,931
		PIEZAS / CICLO				1	CICLO TEÓRICO							2,123
		MINUTOS "D" STD. TRAB.				0.082	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS							3,679
		MINUTOS "R" STD. TRAB.				1.577								
		TOLERANCIA RETRASO INHERENTE				0.931	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**							4.536
		TOTAL MINUTOS STANDARD				**2.590**								

Fig. 8.12: Horas estándar para referencias de la familia 2 en la rectificadora Tachella Y-20-40.

Mientras que el estándar previsto para dicha pieza en la nueva máquina se muestra a continuación:

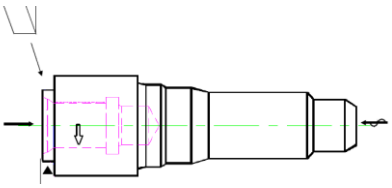
FAMILIA:	**III**
REFERENCIA:	**CE17888**

MÁQUINA:	**DANOBAT**	**DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:**	
REFERENCIA MÁQUINA:	**???**	***EJE DENTADO***	

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS					EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
		INICIAR CICLO AUTOMÁTICO		0,020										
		PIEZA DE CONVEYOR DE SALIDA A BANCO DE VERIFICACIÓN (POS1)		0,330										
		RECTIFICAR			2,120									
	7	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/000		0,053		1/3								0,160
	2	DIAMANTAR MUELA			**0,000**	1/10								
	4	TOL.VERIFICAR CON MARAMETER ELECTRÓNICO F-49-35-24002(1)		0,042		1/5								
	5	TOL VERIFICAR CON MARÁMETER ELECTRÓNICO F-49-35-24002(2)		0,042		1/5								
	8	PIEZA DE BANCO DE VERIFICACIÓN(POS2),COLOCAR MALLA PROTECTORA,COLOCAR EN BANDEJA P.P.		0,420										
	12	POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P, COGER PIEZA Y COLOCAR EN CONVEYOR DE ENTRADA		0,330										
		ELEMENTOS ACICLICOS												
DANOBAT	13	CORREGIR MEDIDAS		0,047		2/15								
	14	TOL.COMPROBAR PATRONES CON MARAMETER ELECTRÓNICO		0,018		1/15								
	15	INTERRUPCIONES DURANTE LA JORNADA	0,020			1/15								
	16	LIMPIEZA DE MÁQUINA AL FINAL DE JORNADA	0,028			1/15								
	17	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,020		1/60								
	18	CORTAR A MEDIDA CON CUCHILLO 10 TROZOS DE MALLA PROTECTORA		0,235		1/10								
	15	TOL.CAMBIO DE CARGA	0,034			1/180								
		TOTAL	0,082	1,5573	2,120		IDA							1,201

PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	2,353
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,082	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	4,078
MINUTOS "R" STD. TRAB.	1,557		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	1,201	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**	**4,969**
TOTAL MINUTOS STANDARD	**2,840**		

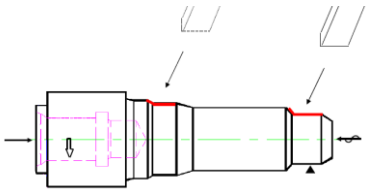
Fig. 8.13: Horas estándar previstas para la referencia de la familia 3 en la nueva rectificadora de ejes.



Con una muela especial de espesor 25 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar el diámetro de 47,5mm.

Fig. 8.14: Rectificado de la referencia de la familia 3,

con la zona de ataque de la muela, en la 1ª operación.



Con una muela especial de espesor 40 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar los diámetros de 50.8 mm y 34.968 mm.

Fig. 8.15: Rectificado de la referencia de la familia 3,

con la zona de ataque de la muela, en la 2ª operación.

Operación	Tiempo(segundos)
Carga y descarga automática	16
Abrir-cerrar puntos, amarre de la pieza	3
Posicionado axial	7
Rectificado diámetro 47,5mm	33
Giro cabezal de la muela	5
Rectificado diámetro 50,8 mm	35
Rectificado diámetro 34,968 mm	28

El ciclo de mecanizado, que implica desde el momento en que el operario sitúa la pieza en conveyor de entrada hasta que sale por el de salida es de 127 segundos=2 + (7/60)= 2,12minutos estándar.

Tabla 8.3: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para la referencia de la familia 3.

En este caso, el tiempo total de rectificado pasa de 2,840 horas estándar /100 piezas a 2,12 horas estándar/100 piezas. Obtenemos bastante más ahorro debido a que nos ahorramos una carga (y descarga), a que el diamantado no consume tiempo estándar, y a que la mayoría de las operaciones consumen “minutos R”, predominando en el caso anterior las operaciones que consumían “minutos D”.

Familia #4: compuesta por las referencias CE19330 y CE20126, recordamos que actualmente se rectifica fuera de fábrica con lo que el estándar es el más incierto al ser totalmente intuitivo. Nos apoyamos en estándares similares y en tiempos de rectificado dados por el proveedor. A continuación se muestra la tabla con el tiempo estándar previsto.

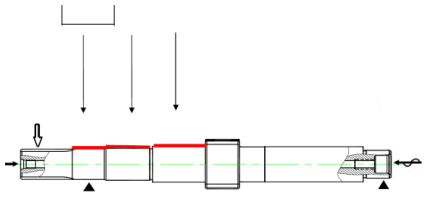
FAMILIA:	**IV**
REFERENCIAS:	**CE19330,CE20126**

MÁQUINAS:	**DANOBAT**	**DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:**	
REFERENCIA MÁQUINA:	**??**	***EJE***	

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN. STD. /CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADO EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
Nuevo estándar.	1	INICIAR CICLO AUTOMÁTICO		0,082						0,082
	1	PIEZA DE CONVEYOR DE SALIDA A BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 1)		0,330						0,330
	3	**RECTIFICAR**			**2,030**					1,750
	5	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/009		0,067		1/2				0,133
	6	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124001/033		0,082		1/2				0,164
	6	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124001/035		0,095		1/2				0,190
	7	PIEZA DE BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 2), COLOCAR EN BANDEJA DE P.P		0,400						0,400
	8	PIEZA DE BANDEJA P.P A CONVEYOR DE ENTRADA		0,330						0,330
		ELEMENTOS ACICLICOS								
	11	DIAMANTAR MUELA DE CORTE (1 PASADA, DIAL 2,5)			**0**	1/5				
	12	COMPROBAR 2 PATRONES (2) PARA MARAMETER ELECTRONICO Y (1) NORMAL		0,072		1/8				0,577
	13	COMPROBAR OVALO Y CONICIDAD		0,046		1/8				0,365
	14	COMPROBAR CONICIDAD		0,014		1/8				0,115
	15	TOL CAMBIO DE CARGA		0,077		1/90				6,952
	16	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,0)			**0,000**	1/15				4,175
	17	CORREGIR MEDIDA		0,063		1/10				0,633
	18	COMPROBAR 3 PATRONES PARA MARAMETER		0,029		1/8				0,231
	19	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,002		1/30				0,066
		TOTAL	0,000	1,607	2,030		IDA			1,052

PIEZAS / CICLO	1	CICLO TEÓRICO	2,192
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,000	HORAS MÁQUINA /100 PIEZAS	3,800
MINUTOS "R" STD. TRAB.	1,607		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	1,052	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**	**4,609**
TOTAL MINUTOS STANDARD	**2,659**		

Fig. 8.16: Horas estándar previstas para las referencias de la familia 4 en la nueva rectificadora de ejes.



Con una muela de espesor 55 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar los diámetros de 38,1 mm, 40,6 y 45,6 mm.

Fig. 8.17: Rectificado de una referencia de la familia 4, con la zona de ataque de la muela.

Operación	Tiempo(segundos)
Carga y descarga automática	16
Abrir-cerrar puntos, amarre de la pieza	3
Posicionado axial	7
Rectificado diámetro 38,1mm	30
Rectificado diámetro 40,6 mm	31
Rectificado diámetro 45,6 mm	35

El ciclo de mecanizado, que implica desde el momento en que el operario sitúa la pieza en conveyor de entrada hasta que sale por el de salida es de 122 segundos=2 + (2/60)= 2,03 minutos estándar.

Tabla 8.4: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para las referencias de la familia 4.

Por lo tanto, siempre según nuestras previsiones, podemos determinar que con la nueva máquina, estas referencias se pueden hacer in-house empleando un tiempo aproximado de 4,609 horas estándar/100 piezas. En este caso implica una carga de operario con respecto al caso anterior, al pasar a hacerse en fábrica, pero se ve absolutamente compensada por los ahorros que nos trae la internalización frente a su adquisición a proveedores externos (esto se mostrará en el anexo III y el capítulo V).

Familia #5: compuesta por la referencia CE18212, recordamos que anteriormente se rectificaba en la rectificadora Schaudt Y-20-36 y que pasará a hacerse en la nueva máquina. El estándar de tiempos se muestra a continuación, así como el estándar previsto en la nueva máquina.

FAMILIA:	**V**
REFERENCIA:	**CE18212**
MÁQUINA:	**SCHAUDT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**Y-2036**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***EJE DE SALIDA***

ELEM.		DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS					EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
SCHAUDT Y-2026, Y-2034	1	RETIRAR PROTECCION	0,029									110	1,11	0,029
	2	ALCANZAR POLIPASTO, ENGANCHAR PZA ENTRE PUNTOS, PISAR PEDAL, ELEVAR PZA, LLEVAR A BANDEJA PZAS PROCESADAS, DESENGANCHAR PZA.	0,638									120	1,15	0,638
	3	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P., ENGANCHAR PZA., LLEVAR A ENTRE PUNTOS, CENTRA PZA, PISAR PEDAL PARA CERRAR PUNTOS, DESENGANCHAR POLIPASTO Y RETIRAR DEJANDO SUJETO EN BANDEJA.	0,682									120	1,15	0,682
	4	COLOCAR PROTECCION	0,042									110	1,11	0,042
	5	RETIRAR CON VOLANTE = 1 M/M	0,033									100	1,10	0,033
	6	INICIAR CICLO AUTOMATICO (DOS BOTONES SIMULTANEAMENTE)	0,082											0,082
	7	RECTIFICAR (A) Ø 64,94±0,06 MM - (B) Ø 76,7065±0,065 MM Y (C) Ø 74,97±0,01 MM			**3,500**									3,500
	8	APROXIMAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE CON PALANCAS LIMPIANDO FRENTE CON 32 RMS		0,311								115	1,10	0,311
	9	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA) PZA DE MESA, COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,068										0,068
	10	LIMPIAR PZA P/ VERIFICAR CON MANGUERA AIRE		0,070		1/2						110	1,11	0,139
	11	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER (2) ELECTRONICO F-49-35-124003/021		0,082		1/2						110	1,11	0,164
	12	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124003/007		0,082		1/2						110	1,11	0,164
	13	TOL.VERIFICAR CON CALIBRE DISTANCIA F-49-27-16422, MANEJANDO PZA CON POLIPASTO	0,074			1/15						115	1,15	1,111
	14	PZA DE BANDEJA P.S.P. DESPLAZAR, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA)		0,167										0,081
		LIMPIAR CENTROS DE PZA										120	1,16	0,086
	15	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066										0,066
		ELEMENTOS ACICLICOS												
	16	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1.1)			**0,542**	1/12								6,500
	17	CORREGIR MEDIDA	0,011			1/20						100	1,11	0,222
	18	COMPROBAR PATRONES (2) PARA MARAMETER	0,021			2/15						105	1,11	0,154
	19	TOL.CAMBIO DE CARGA.	0,122			1/57								6,952
	20	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,012		1/19						100	1,11	0,222
		TOTAL	1,734	0,8572	4,042							IDA		4,076

PIEZAS / CICLO	1,000	CICLO TEÓRICO	5,699
MINUTOS "D" STD. TRAB.	1.734	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	9,877
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0,857		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	4.076	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**	**11.602**
TOTAL MINUTOS STANDARD	**6.667**		

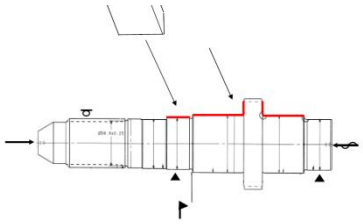
Fig. 8.18: Horas estándar para las referencias de la familia 5 en la rectificadora Schaudt Y-20-36.

FAMILIA:	**V**
REFERENCIA:	**CE18212**
MÁQUINA:	**DANOBAT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**??**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***EJE DE SALIDA***

ELEM.		DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS					EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
SCHAUDT Y-2026, Y-2034	1	RETIRAR PROTECCION		0,029										
	3	INICIAR CICLO AUTOMATICO (DOS BOTONES SIMULTANEAMENTE)		0,082										
	2	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN CONVEYOR DE SALIDA, ENGANCHAR PZA ENTRE PUNTOS,CENTRAR PIEZA, PISAR PEDAL, ELEVAR PZA, LLEVAR A BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 1), DESENGANCHAR PZA.		0,800										
	4	RECTIFICAR (+REFRENTAR)			**2,930**									
	7	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER (2) ELECTRONICO F-49-35-124003/021		0,082		1/2								0,164
	8	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124003/007		0,082		1/2								0,164
	9	TOL.VERIFICAR CON CALIBRE DISTANCIA F-49-27-16422, MANEJANDO PZA CON POLIPASTO		0,074		1/15								1,111
	9	TOL.VERIFICAR CON CALIBRE DISTANCIA F-49-27-16422, MANEJANDO PZA CON POLIPASTO		0,074		1/15								1,111
	5	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 2), ENGANCHAR PZA , LLEVAR A ENTRE PUNTOS, CENTRAR PIEZA, PISAR PEDAL PARA CERRAR PUNTOS, DESENGANCHAR POLIPASTO Y RETIRAR DEJANDO SUJETO EN BANDEJA DE SALIDA.		0,800										
	6	COLOCAR PROTECCION		0,042										
	7	CON POLIPASTO POSICIONARSE EN BANDEJA P.S.P , ENGANCHAR PIEZA ENTRE PUNTOS, CENTRAR PIEZA, PISAR PEDAL, ELEVAR PIEZA, LLEVAR A CONVEYOR DE ENTRADA Y DESENGANCHAR PIEZA		0,800										
		ELEMENTOS ACICLICOS												
	10	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1.1)			**0,000**	1/12								
	11	CORREGIR MEDIDA		0,011		1/20								0,222
	12	COMPROBAR PATRONES (2) PARA MARAMETER		0,051		1/3								0,154
	13	TOL.CAMBIO DE CARGA.		0,122		1/57								6,952
	14	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,012		1/19								0,222
		TOTAL	0,000	2,9501	2,930							IDA		0,985

PIEZAS / CICLO	1,000	CICLO TEÓRICO	3,164
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,000	HORAS MÁQUINA /100 PIEZAS	5,485
MINUTOS "R" STD. TRAB.	2,950		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0,985	**HORAS STANDARD / 100 PIEZAS**	**6,866**
TOTAL MINUTOS STANDARD	**3,935**		

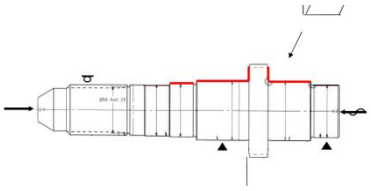
Fig. 8.19: Horas estándar para las referencias de la familia 5 previstas en la nueva máquina.



Con una muela de espesor 80 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar los diámetros de 65 y 75 mm, así como el refrentado

Fig. 8.20: Rectificado y refrentado de una referencia de la familia 5,

con la zona de ataque de la muela en la 1ª operación.



Con una muela de espesor 70 mm y diámetro máximo 610 mm podemos rectificar los diámetros de 75 mm y el refrentado

Fig. 8.21: Rectificado y refrentado de una referencia de la familia 5,

con la zona de ataque de la muela en la 2ª operación.

Operación	**Tiempo(segundos)**
Carga y descarga automática	16
Abrir-cerrar puntos, amarre de la pieza	3
Posicionado axial	7
Rectificado diámetro 65 mm	30
Rectificado diámetro 75mm y refrentado	60
Giro cabezal de la muela	5
Rectificado diámetro 75 mm y refrentado	55

El ciclo de mecanizado, que implica desde el momento en que el operario sitúa la pieza en conveyor de entrada hasta que sale por el de salida es de 176 segundos=2 + (56/60)= 2,93 minutos estándar.

Tabla 8.5: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para la referencia de la familia 5.

De las piezas **H165508 y H145081** disponemos de estándar, pero no tenemos los tiempos dados por el proveedor para sus rectificados, por lo tanto el tiempo total de rectificado de estas referencias en la nueva máquina es estimado. Lo haremos teniendo en cuenta las reducciones de tiempo anteriores.

Familia	1	2	3	5
Tiempo rectificado maquina antigua(minutos std/pieza)	2,6	2,15	2,84	3,5
Tiempo rectificado maquina nueva(minutos std/pieza)	1,625	1,24	2,12	2,93
Tiempo antigua/tiempo nueva	1,60	1,73	1,34	1,19

Tabla 8.6: Cálculo del factor de conversión para el rectificado de las referencias cuyo estándar no lo da el proveedor.

Por tanto, suponemos que este va a ser nuestro factor de conversión para cada una de las piezas que faltan por calcular. Partiendo de los estándares antiguos y aplicando un factor de conversión igual a la media de los valores obtenidos (1,19+1,34+1,73+1,6)/4 obtenemos un factor de conversión igual a 1,47, que será el que emplearemos para calcular el tiempo de rectificado nuevo en función del antiguo para cada una de las referencias restantes:

Familia #6 Compuesta por la referencia H165508, recordamos que actualmente se rectifica en las rectificadoras Fortuna Y-20-26 e Y-20-34 y que pasará a hacerse en la nueva rectificadora. El estándar actual de tiempos y el previsto con la nueva máquina se muestran a continuación.

FAMILIA:	**VI**
REFERENCIA:	**H165508**
MÁQUINA:	**FORTUNA**
REFERENCIA MÁQUINA:	**Y-2026 / Y-2034**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***ÁRBOL DE FRENO***

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
FORTUNA Y-2026, Y-2034	1	ABRIR CONTRAPUNTO (PEDAL), PZA DE PUNTOS A MESA	0,061							0,061
	2	PZA DESDE MESA COLOCAR ENTRE PUNTOS	0,080							0,080
	3	CERRAR CONTRAPUNTO (PEDAL)	0,006							0,006
	4	DESPLAZAR BANCADA SENTIDO LATERAL CON VOLANTE » 5 M/M	0,052							0,052
	5	INICIAR CICLO RECTIFICADO CON PALANCA-ACOPLAR AVANCE	0,034							0,034
	7	**RECTIFICAR** (A) Ø 44,92 ±0,008 MM Y (B) Ø 45,017 ±0,008 MM RPM=100 AV=1,5			**0,950**					0,950
	8	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA)		0,013						0,013
	9	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-24002/002		0,164				110	1,11	0,164
	10	PZA DE MESA COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,033		1/2				0,065
	11	PZA DE BANDEJA P.S.P. A MESA, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA), LIMPIAR CENTROS DE PZA		0,191						0,191
	12	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066						0,066
		ELEMENTOS ACICLICOS								
	13	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,1)	0,168			1/15				2,522
	14	CORREGIR MEDIDA	0,063			1/10		115	1,10	0,633
	15	COMPROBAR (1) PATRONES PARA MARAMETER		0,077		1/3		105	1,11	0,231
	16	TOL.CAMBIO DE CARGA.	0,028			1/220				6,166
	17	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,002		1/34				0,066
		TOTAL	0,492	0,5454	0,950		IDA			0,667

PIEZAS / CICLO	1
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0.492
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0.545
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0.667
TOTAL MINUTOS STANDARD	**1,705**

CICLO TEÓRICO	1,405
HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	2,435
HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	**3,001**

Fig. 8.22: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para la referencia H165508 en la célula 231.

FAMILIA:	**VI**
REFERENCIA:	**H165508**
MÁQUINA:	**DANOBAT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**??**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***ÁRBOL DE FRENO***

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	"R"	"M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
FORTUNA Y-2026, Y-2034	1	INICIAR CICLO AUTOMÁTICO	0,082							0,082
	1	PIEZA DE CONVEYOR DE SALIDA A BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 1)	0,330							0,330
	7	**RECTIFICAR**			**0,625**					0,950
	9	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-24002/002		0,164				110	1,11	0,164
	9	PIEZA DE BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 2), COLOCAR EN BANDEJA DE P.P		0,400						0,400
	10	PIEZA DE BANDEJA P.P A CONVEYOR DE ENTRADA		0,330						0,330
	13	DIAMANTAR MUELA (2 PASADAS - DIAL 1,1)			**0,000**	1/3				2,522
	14	CORREGIR MEDIDA		0,063		1/10		115	1,10	0,633
	15	COMPROBAR (1) PATRONES PARA MARAMETER		0,077		1/3		105	1,11	0,231
	16	TOL.CAMBIO DE CARGA.		0,028		1/220				6,166
	17	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,002		1/34				0,066
		TOTAL	0,412	1,0643	0,625		IDA			(0,158)

PIEZAS / CICLO	1
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0.412
MINUTOS "R" STD. TRAB.	1.064
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0.000
TOTAL MINUTOS STANDARD	**1,476**

CICLO TEÓRICO	0,992
HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	1,719
HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	**2,605**

Fig. 8.23: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para la referencia H165508 previstas en la nueva máquina.

Familia #7 Compuesta por la referencia H145081, recordamos que actualmente se rectifica en la rectificadora Fortuna Y-20-36 y que pasará a hacerse en la nueva rectificadora. El estándar actual de tiempos se muestra a continuación, así como el previsto en la nueva máquina.

FAMILIA:	-
REFERENCIA:	**H145081**
MÁQUINA:	**SCHAUDT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**Y-2036**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***ÁRBOL***

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	MIN.STD./CICLO "R"	MIN.STD./CICLO "M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
Y-2036	1	ABRIR CONTRAPUNTO (PEDAL), PZA DE PUNTOS A MESA	0,083							0,083
	2	PZA DESDE MESA COLOCAR ENTRE PUNTOS	0,075							0,075
	3	CERRAR CONTRAPUNTO (PEDAL)	0,043							0,043
	4	INICIAR CICLO AUTOMATICO (DOS BOTONES SIMULTANEAMENTE)	0,082							0,082
	5	**RECTIFICAR** A Ø 31,7373±0,0127 MM			**1,220**					1,220
	6	LIMPIAR PZA P/ VERIFICAR CON MANGUERA AIRE		0,028		1/5		110	1,11	0,139
	7	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/005		0,036		1/5		120	1,11	0,178
	8	QUITAR PERRO DE ARRASTRE (TIPO LEVA) PZA DE MESA, COLOCAR EN BANDEJA PZAS PROCESADAS		0,068						0,068
	9	PZA DE BANDEJA P.S.P. A MESA, COLOCAR PERRO ARRASTRE (TIPO LEVA) LIMPIAR CENTROS DE PZA		0,181						0,181
	10	DAR GRASA A CENTROS DE PZA CON PALETA		0,066						0,066
		ELEMENTOS ACICLICOS								
	11	DIAMANTAR MUELA			**0,110**	1/15				1,650
	12	COMPROBAR PATRON PARA MARAMETER	0,010			1/15		105	1,11	0,154
	13	TOL.CAMBIO DE CARGA.	0,022			1/312				6,952
	14	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,004		1/52		100	1,11	0,222
		TOTAL	0,316	0,383	1,330		IDA			1,256

PIEZAS / CICLO	1,000	CICLO TEÓRICO	1,679
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,316	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	2,910
MINUTOS "R" STD. TRAB.	0,383		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	1,256	HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	3,388
TOTAL MINUTOS STANDARD	**1,954**		

Fig. 8.24: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para la referencia H145081 en la rectificadora Schaudt Y-20-36.

REFERENCIA:	**H145081**
MÁQUINA:	**DANOBAT**
REFERENCIA MÁQUINA:	**??**
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:	***ÁRBOL***

	ELEM.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS	MIN.STD./CICLO "D"	MIN.STD./CICLO "R"	MIN.STD./CICLO "M"	OCC./ CICLO	TIEMPO OBSERVADOS EN MINUTOS	EFIC.	P&F	MINUTOS STD.
Y-2036	1	INICIAR CICLO AUTOMÁTICO		0,082						0,082
	1	PIEZA DE CONVEYOR DE SALIDA A BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 1)		0,330						0,330
	5	**RECTIFICAR** A Ø 31,7373±0,0127 MM			**0,906**					0,906
	7	TOL. VERIFICAR PZA CON MARAMETER ELECTRONICO F-49-35-124002/005		0,036		1/5		120	1,11	0,178
	9	PIEZA DE BANCO DE VERIFICACIÓN(POS 2), COLOCAR EN BANDEJA DE P.P		0,400						0,400
	10	PIEZA DE BANDEJA P.S.P A CONVEYOR DE ENTRADA		0,330						0,330
		ELEMENTOS ACICLICOS								
	11	DIAMANTAR MUELA			**0,000**	1/3				0,000
	12	COMPROBAR PATRON PARA MARAMETER		0,010		1/15		105	1,11	0,154
	13	TOL.CAMBIO DE CARGA.		0,022		1/312				6,952
	14	QUITAR Y COLOCAR CARTONES ENTRE CAPAS DE PZAS		0,004		1/52		100	1,11	0,222
		TOTAL	0,000	1,214	0,906		IDA			0,049

PIEZAS / CICLO	1,000	CICLO TEÓRICO	0,978
MINUTOS "D" STD. TRAB.	0,000	HORAS MÁQUINA / 100 PIEZAS	1,696
MINUTOS "R" STD. TRAB.	1,214		
TOLERANCIA RETRASO INHERENTE	0,049	HORAS STANDARD / 100 PIEZAS	2,189
TOTAL MINUTOS STANDARD	**1,263**		

Fig. 8.25: Resumen de operaciones y tiempos de rectificado para la referencia H145081 previstas en la nueva máquina.

Por lo tanto, hemos sido capaces de demostrar la variación en los tiempos estándar para cada una de las referencias de la nueva máquina. Estos valores se emplearán para los cálculos de las cargas de máquinas y los cálculos de la viabilidad económica del proyecto.

A continuación mostraremos una tabla resumen con los valores más relevantes obtenidos con la sustitución de la maquinaria en lo que se refiere a horas estándar.

Familia	1	2	3	4	5	H165508	H145081
Nº de referencias distintas	5	2	1	2	1	1	1
Hrs std/100 piezas en Schaudt Y-20-36	5,1	6	0	Farm out	11,06	0	3,4
Hrs std/100 piezas en Fortuna (célula 231)	3,48	7	3,04	Farm out	0	3	0
Hrs std/100 piezas en Danobat y Tachella (célula 232)	0,00	0,00	4,54	Farm out	0,00	0	0
Hrs std totales máquinas antiguas	8,58	13,00	7,58	0,00	11,06	3,00	3,40
Hrs std/100 piezas en nueva máquina	3,83	7,07	4,97	4,61	6,87	2,61	2,19
% ahorro	-55,36	-45,62	-34,43		-37,88	-13,00	-35,59

Tabla 8.7: Resumen de horas estándar/100 piezas para cada familia en situación inicial y con la nueva máquina, y ahorros.

Como se puede apreciar en esta tabla, los ahorros en horas estándar obtenidos con la adquisición de la nueva máquina son bastante considerables, y van del 55 % en las cinco referencias de la familia 1, que recordamos que en dicha familia las operaciones eran mayoritariamente de tipo D, y con la nueva máquina conseguimos pasar a casi todas tipo R, con lo que ahorramos horas estándar, y asimismo, por la eliminación de la doble manipulación al prescindir de una máquina y por tanto una carga y descarga adicional.

En el extremo opuesto tenemos la referencia H165508 cuyo ahorro es del 13%, el menor de todos, al ser una pieza con un estándar de por sí bastante bajo, cuyo tiempo máquina era pequeño y en la que el rectificado se realizaba en una única máquina y en una única operación, con lo que el margen con el que contábamos no era muy grande.

ANEXO III: CÁLCULO DE COSTES Y AHORROS

1 INTRODUCCIÓN

En John Deere Ibérica se emplea el sistema de Gestión SAP, en el que se recaba información acerca de los múltiples aspectos que resultan importantes para una pieza (ejes, engranaje…) y para el producto final (cajas de transmisión). Estas son, entre otras el cálculo y planificación de las necesidades de material (tanto a proveedores como a productos básicos para montaje del producto final), los plazos de entrega, la gestión del stock de los productos, los costes de cada operación, el coste final de la pieza, las máquinas donde se hacen, las operaciones a las que se someten, los costes de externalización…

A nosotros, en el proyecto, nos interesa el coste de la operación de rectificado de exteriores, que es la que actualmente se realiza en JDISA. Por lo tanto, recurriendo al SAP podemos determinar los costes de los operarios que trabajan en cada célula, así como los costes directos e indirectos asociados a cada operación de rectificado de exteriores que se hace en las distintas células involucradas en el proceso.

Posteriormente pasaremos a efectuar una distinción de los productos en función de las máquinas donde se rectifican actualmente analizando sus costes asociados y los tiempos estándares empleados, de forma que podamos obtener el coste relevante de cada pieza, y el coste relevante anual.

Vamos por tanto a mostrar los costes actuales en SAP de cada uno de los departamentos (su valor), y a determinar posteriormente como calculamos el coste relevante, que es el que vamos a emplear para comparar la situación actual con la prevista y determinar por tanto, el ahorro obtenido, y la viabilidad o no del proyecto en términos económicos.

2 COSTES ACTUALES Y AHORROS OBTENIDOS EN LAS REFERENCIAS QUE SE HACEN EN LAS CÉLULAS SCHAUDT/231 Y 232 Y QUE PASARÁN A LA NUEVA RECTIFICADORA

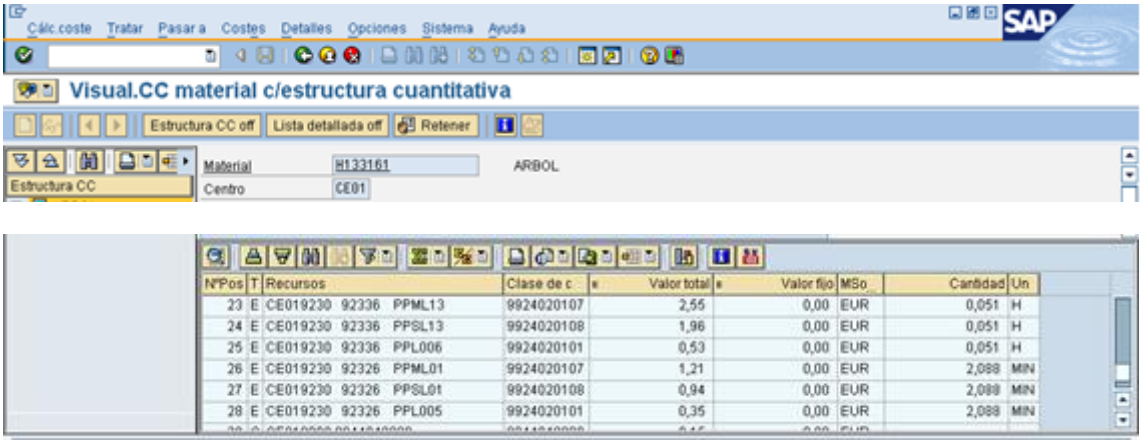
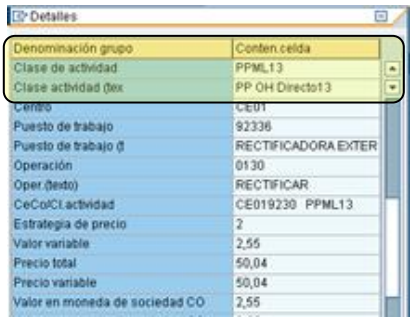


Fig. 9.1: Ejemplo de tabla de costes en SAP.

En este ejemplo podemos observar que para la referencia H133161, que se rectifica en los departamentos 92336 (Scahudt) y 92326 (célula 231), sus costes son:

Schaudt



La actividad **PPML13** hace referencia al ovehead directo del rectificado en el departamento **92336**.El coste asociado son 50,04 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,051 horas/pieza), obtenemos el coste directo por referencia. **(DOH = 2,55 euros/pieza)**

Fig. 9.2: Costes directos asociados al rectificado de la ref. H133161 en el dpto. 92336 (célula Schaudt) en SAP.

Detalles

Denominación grupo	Conten.celda
Clase de actividad	PPSL13
Clase actividad (tex	PP OH Periódico13
Centro	CE01
Puesto de trabajo	92336
Puesto de trabajo (t	RECTIFICADORA EXTER
Operación	0130
Oper.(texto)	RECTIFICAR
CeCo/Cl.actividad	CE019230 PPSL13
Estrategia de precio	2
Valor variable	1,96
Precio total	38,50
Precio variable	38,50
Valor en moneda de sociedad CO	1,96

La actividad **PPSL13** hace referencia al overhead periódico del rectificado en el departamento **92336**.El coste asociado son 38,50 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,051 horas/pieza), obtenemos el coste indirecto por referencia. **(POH = 1,96 euros/pieza)**

Fig. 9.3: Costes indirectos asociados al rectificado de la ref.H133161 en el dpto. 92336, célula Schaudt en SAP.

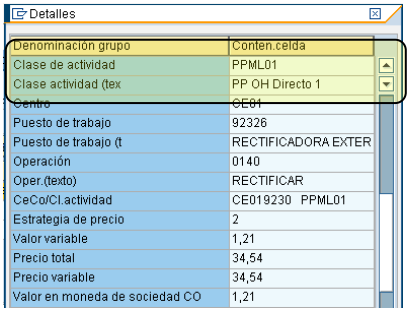
Detalles

Denominación grupo	Conten.celda
Clase de actividad	PPL006
Clase actividad (tex	PP Mano Obra 6
Centro	CE01
Puesto de trabajo	92336
Puesto de trabajo (t	RECTIFICADORA EXTER
Operación	0130
Oper.(texto)	RECTIFICAR
CeCo/Cl.actividad	CE019230 PPL006
Estrategia de precio	2
Valor variable	0,53
Precio total	10,32
Precio variable	10,32
Valor en moneda de sociedad CO	0,53

La actividad **PPL006** hace referencia al coste de mano de obra del rectificado en el departamento **92336**.El coste asociado son 10,32 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,051 horas/pieza), obtenemos el coste de mano de obra por referencia **(PPL =0,53 euros/pieza)**

Fig. 9.4: Costes de mano de obra asociados al rectificado de la ref.H133161 en el dpto. 92336, célula Schaudt en SAP.

Célula 231.



Denominación grupo	Conten.celda
Clase de actividad	PPML01
Clase actividad (tex	PP OH Directo 1
Centro	CE01
Puesto de trabajo	92326
Puesto de trabajo (t	RECTIFICADORA EXTER
Operación	0140
Oper.(texto)	RECTIFICAR
CeCo/Cl.actividad	CE019230 PPML01
Estrategia de precio	2
Valor variable	1,21
Precio total	34,54
Precio variable	34,54
Valor en moneda de sociedad CO	1,21

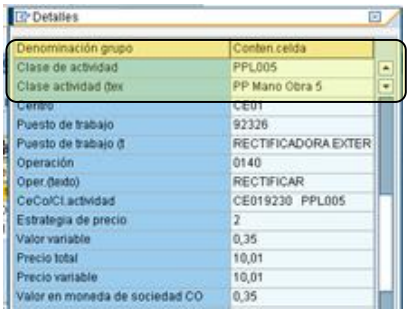
La actividad **PPML01** hace referencia al overhead directo del rectificado en el departamento **92326**.El coste asociado son 34,54 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,0348 horas/pieza), obtenemos el coste directo por referencia **(DOH = 1,21euros/pieza)**

Fig. 9.5: Costes directos asociados al rectificado de la ref.H133161 en el dpto. 92326, célula 231 en SAP.

Denominación grupo	Conten.celda
Clase de actividad	PPSL01
Clase actividad (tex	PP OH Periódico 1
Centro	CE01
Puesto de trabajo	92326
Puesto de trabajo (t	RECTIFICADORA EXTER
Operación	0140
Oper.(texto)	RECTIFICAR
CeCo/Cl.actividad	CE019230 PPSL01
Estrategia de precio	2
Valor variable	0,94
Precio total	26,90
Precio variable	26,90
Valor en moneda de sociedad CO	0,94

La actividad **PPSL01** hace referencia al overhead periódico del rectificado en el departamento **92326**.El coste asociado son 26,9 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,0348 horas/pieza), obtenemos el coste indirecto por referencia **(POH = 0,94 euros/pieza)**

Fig. 9.6: Costes indirectos asociados al rectificado de la ref. H133161 en el dpto. 92326, célula 231 en SAP.



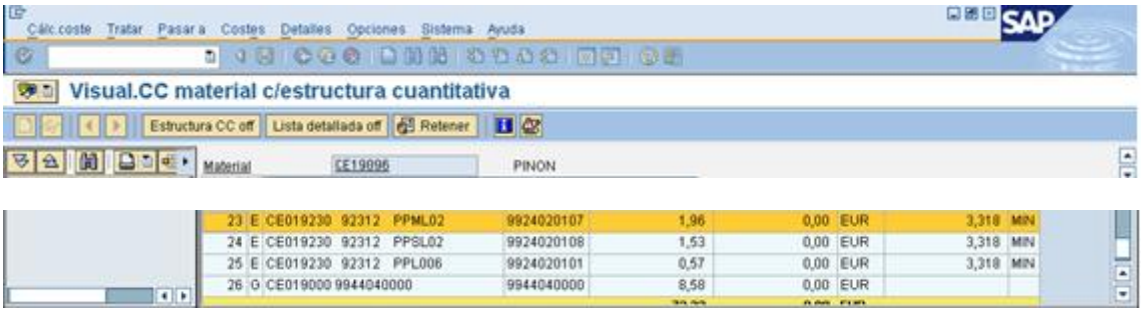
Denominación grupo	Conten.celda
Clase de actividad	PPL005
Clase actividad (tex	PP Mano Obra 5
Centro	CE01
Puesto de trabajo	92326
Puesto de trabajo (t	RECTIFICADORA EXTER
Operación	0140
Oper.(texto)	RECTIFICAR
CeCo/Cl.actividad	CE019230 PPL005
Estrategia de precio	2
Valor variable	0,35
Precio total	10,01
Precio variable	10,01
Valor en moneda de sociedad CO	0,35

La actividad **PPL005** hace referencia al coste de mano de obra del rectificado en el departamento **92326**.El coste asociado son 10,01euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,0348 horas/pieza), obtenemos el coste de operario por referencia **(PPL =0,35 euros/pieza)**

Fig. 9.7: Costes de mano de obra asociados al rectificado de la ref. H133161 en el dpto. 92326, célula 231 en SAP.

Con estos datos estamos justificando los costes actuales del rectificado de ejes. Estos costes estan asociados a los distintos departamentos, por tanto el coste directo, periódico o de mano de obra de una referencia dependerá de las células donde se rectifiquen (de sus costes asociados) y de las horas estándar de las mismas, tal y como se explicó en el capítulo III.

A continuación procederemos a realizar lo mismo para la referencia CE19096 que se rectifica en el departamento 92312(célula 232), en una operación con estándar = 5,53 horas std/100 piezas y cuyos costes asociados son:



23	E	CE019230	92312	PPML02	9924020107	1,96	0,00	EUR	3,318	MIN
24	E	CE019230	92312	PPSL02	9924020108	1,53	0,00	EUR	3,318	MIN
25	E	CE019230	92312	PPL006	9924020101	0,57	0,00	EUR	3,318	MIN
26	G	CE019000	9944040000		9944040000	8,58	0,00	EUR		

Fig. 9.8: Ejemplo de tabla de costes en SAP.

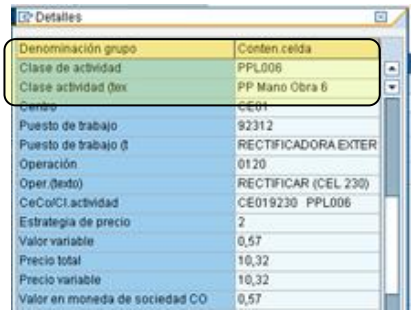
Célula 232.

La actividad **PPML02** hace referencia al overhead directo del rectificado en el departamento **92312**.El coste asociado son 35,62 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,053 horas/pieza), obtenemos el coste directo por referencia **(DOH = 1,96 euros/pieza)**

Fig. 9.9: Costes directos asociados al rectificado de la ref.CE190961 en el dpto. 92312, célula 232 en SAP.

La actividad **PPSL02** hace referencia al overhead periódico del rectificado en el departamento **92312**.El coste asociado son 27,75 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,053 horas/pieza), obtenemos el coste indirecto por referencia. **(POH = 1,53 euros/pieza)**

Fig. 9.10: Costes indirectos asociados al rectificado de la ref.CE190961 en el dpto. 92312, célula 232 en SAP.



La actividad **PPL006** hace referencia al coste de mano de obra del rectificado en el departamento **92312**.El coste asociado son 10,32 euros/hora. Si multiplicamos ese coste horario por las horas estándar (0,053 horas/pieza), obtenemos el coste de operario por referencia **(PPL = 0,57 euros/pieza)**

Fig. 9.11: Costes asociados a la mano de obra del rectificado de la ref.CE190961 en el dpto. 92312, célula 232 en SAP.

Con lo que ya tenemos los costes directos, indirectos y de operario asociados a cada una de las células (o departamentos). Podemos por tanto elaborar una tabla en la que calculemos los costes de cada referencia, el Total Inventory Cost (T.I.C) y el coste relevante de las mismas.

	Schaudt	Célula 231	Célula 232
Costes operarios	**10,32(€/h)**	**10,01(€/h)**	**10,32(€/h)**
Costes directos	**50,04(€/h)**	**34,54(€/h)**	**35,62(€/h)**
Costes indirectos	**38,5(€/h)**	**26,9(€/h)**	**27,75(€/h)**

Tabla 9.1: Costes asociados a cada una de las células implicadas actualmente en el rectificado de ejes.

Las referencias que se hacen en la Schaudt y en la cél.231 y que pasan a hacerse en la nueva Danobat se muestran en las tablas 2 y 3.

		OP.SCHAUDT(92336)							OP.FORTUNA(92326)							Actual	
		Hrs.std	C.operario.	PPL	C.Directo	DOH	C.Indirecto	POH	Hrs.std	C.operario	PPL	C.Directo.	DOH	C.Indirecto	POH	TIC	Relev.
Se hacen en nueva rect ejes	H133161	0,0510	10,32(€/h)	0,53	50,04(€/h)	2,55	38,50(€/h)	1,96	0,0348	10,01(€/h)	0,35	34,54(€/h)	1,20	26,90(€/h)	0,94	7,53	5,35
	CE19091	0,0510	10,32(€/h)	0,53	50,04(€/h)	2,55	38,50(€/h)	1,96	0,0348	10,01(€/h)	0,35	34,54(€/h)	1,20	26,90(€/h)	0,94	7,53	5,35
	Z13322	0,0510	10,32(€/h)	0,53	50,04(€/h)	2,55	38,50(€/h)	1,96	0,0348	10,01(€/h)	0,35	34,54(€/h)	1,20	26,90(€/h)	0,94	7,53	5,35
	Z13324	0,0510	10,32(€/h)	0,53	50,04(€/h)	2,55	38,50(€/h)	1,96	0,0348	10,01(€/h)	0,35	34,54(€/h)	1,20	26,90(€/h)	0,94	7,53	5,35
	Z12780	0,0510	10,32(€/h)	0,53	50,04(€/h)	2,55	38,50(€/h)	1,96	0,0348	10,01(€/h)	0,35	34,54(€/h)	1,20	26,90(€/h)	0,94	7,53	5,35
	CE20948	0,06	10,32(€/h)	0,62	50,04(€/h)	3,00	38,50(€/h)	2,31	0,07	10,01(€/h)	0,70	34,54(€/h)	2,42	26,90(€/h)	1,88	10,93	7,79
	CE20949	0,06	10,32(€/h)	0,62	50,04(€/h)	3,00	38,50(€/h)	2,31	0,07	10,01(€/h)	0,70	34,54(€/h)	2,42	26,90(€/h)	1,88	10,93	7,79
	CE18212	0,116	10,32(€/h)	1,19	50,04(€/h)	5,80	38,50(€/h)	4,66	0	10,01(€/h)	0,00	34,54(€/h)	0,00	26,90(€/h)	0,00	11,45	8,12
	H165508	0	10,32(€/h)	0,00	50,04(€/h)	0,00	38,50(€/h)	0,00	0,03	10,01(€/h)	0,30	34,54(€/h)	1,04	26,90(€/h)	0,81	2,14	1,54
	H145081	0,034	10,32(€/h)	0,35	50,04(€/h)	1,70	38,50(€/h)	1,31	0	10,01(€/h)	0,00	34,54(€/h)	0,00	26,90(€/h)	0,00	3,36	2,38

Tabla 9.2: Costes actuales y relevantes de las referencias rectificadas actualmente en las células Schaudt y 231

La referencia CE17888 se hace actualmente en las células 231 y 232 y que pasará a hacerse en la nueva Danobat.

	OP.FORTUNA(92326)							OP.TACHELLA(92340/92312)							Actual	
	Hrs.std	C.operario	PPL	C.Directo.	DOH	C.Indirecto	POH	Hrs.std	C.operario.	PPL	C.Directo	DOH	C.Indirecto	POH	TIC	Relev.
CE17888	0,0304	10,01(€/h)	0,30	34,54(€/h)	1,05	26,90(€/h)	0,82	0,0454	10,32(€/h)	0,47	35,62(€/h)	1,62	27,75(€/h)	1,26	5,52	3,96

Tabla 9.3: Costes actuales y relevantes de la referencia CE17888 rectificada actualmente en las células232 y 231

Los datos P.P.L, D.O.H. y P.O.H. están expresados en euros/pieza, así como los valores obtenidos para T.I.C. (suma de todos los P.O.H.+D.O.H.+P.P.L.) para cada referencia, y relevante (P.P.L. + D.O.H. +25% P.O.H.) para cada referencia.

Asimismo, los costes asociados para estas mismas referencias realizándose en la nueva rectificadora de ejes se muestran a continuación. No seremos capaces de valorar realmente cual es el coste directo y el indirecto asociado a la nueva máquina hasta que esta no este funcionando, así que consideramos que podemos calcular dichos costes como una media entre los asociados a la célula Schaudt y los asociados a la célula 231.

(Probablemente sean menores, ya que estamos sustituyendo tres máquinas que consumían más potencia por una única máquina. No obstante, en ausencia de datos más reales, consideramos que es lo más apropiado).

Así pues, los costes asociados a la nueva rectificadora para cada una de las referencias que se hacían antiguamente en Schaudt y en las rectificadoras Fortuna se muestran en la siguiente tabla.

Las reducciones de horas estándar asociadas a cada una de ellas se han explicado en el anexo II.

El resultado se muestra a continuación.

	Nuevo proceso					
	Hrs standar/100piezas	Coste Operario Nuevo proceso(€/h)	Costes Directos. Asociados (€/h)	Costes. Indirectos asociados(€/h)	TIC (€/pieza)	Coste Relevante (€/pieza)
H133161	3,83	10,32	42,29	32,70	3,27	2,33
CE19091	3,83	10,32	42,29	32,70	3,27	2,33
Z13322	3,83	10,32	42,29	32,70	3,27	2,33
Z13324	3,83	10,32	42,29	32,70	3,27	2,33
Z12780	3,83	10,32	42,29	32,70	3,27	2,33
CE20948	7,07	10,32	42,29	32,70	6,03	4,30
CE20949	7,07	10,32	42,29	32,70	6,03	4,30
CE17888	4,97	10,32	42,29	32,70	4,24	3,02
CE18212	6,87	10,32	42,29	32,70	5,86	4,18
H165508	2,61	10,32	42,29	32,70	2,23	1,59
H145081	2,19	10,32	42,29	32,70	1,87	1,33

Tabla 9.4: T.I.C y costes relevantes previstos de las referencias rectificadas en la nueva máquina.

Esta situación hace referencia a la hipótesis # 1 en la que se considera que las máquinas antiguas son capaces de asumir la totalidad de la carga prevista para el año fiscal 2011.Los resultados en términos de viabilidad económica se recogen en el capítulo V.

Referencia	Volumen Anual (piezas/año)	Coste Relevante actual (€/pieza)	Coste Relevante anual actual(€/año)	Coste Relevante nuevo proceso (€/pieza)	Coste Relevante anual Nuevo proceso(€/año)	Ahorro anual(€/año)
H133161	6120	5,35	32764,06	2,33	14247,76	18516,30
CE19091	1832	5,35	9807,80	2,33	4265,02	5542,79
Z13322	558	5,35	2987,31	2,33	1299,06	1688,25
Z13324	214	5,35	1145,67	2,33	498,21	647,47
Z12780	114	5,35	610,31	2,33	265,40	344,91
CE20948	7468	7,79	58163,40	4,30	32093,73	26069,67
CE20949	1820	7,79	14174,80	4,30	7821,45	6353,35
CE17888	10171	3,96	40271,04	3,02	30726,74	9544,30
CE18212	9288	8,12	75418,56	4,18	38786,03	36632,53
H165508	16308	1,54	25085,78	1,59	25872,45	-786,67
H145081	10171	2,38	24201,79	1,33	13539,55	10662,24
Totales						115215,14

Tabla 9.5: Tablas de ahorros anuales conseguidas con la nueva máquina si consideramos que el 100 % de la producción actual se hace en fábrica, sin necesidad de soporte de proveedores externos.

3 COSTES Y AHORROS OBTENIDOS CON LAS REFERENCIAS QUE SE HACEN ACTUALMENTE EN FARM-OUT Y QUE PASARÁN A LA NUEVA RECTIFICADORA

Las referencias que se hacen actualmente en proveedores externos y que pasarán a hacerse en la nueva rectificadora se muestran en las tablas 5 y 6. Sus costes de farm out, y los costes asociados al nuevo proceso son los indicados en las tablas 9.6 y 9.7 respectivamente:

	Referencia	P.V.P farm out(euros/pieza)
Farm out	CE19330	12,5
	CE20126	12,5

Tabla 9.6: Precio de las referencias que se hacen actualmente en proveedores externos

Nuevo proceso					
Horas.std/100 piezas	Coste operario Nuevo proceso(euros/hora)	Costes directos asociados nuevo proceso(euros/hora)	Costes indirectos asociados nuevo proceso(euros/hora)	TIC (euros/pieza)	Coste relevante nuevo proceso(euros/pieza)
4,61	10,32	42,29	32,70	3,93	2,8
4,61	10,32	42,29	32,70	3,93	2,8

Tabla 9.7: T.I.C y coste relevante de las dos referencias según el nuevo proceso

y los costes asociados previstos en la nueva rectificadora

Con lo que los costes y los ahorros obtenidos con la introducción de estas piezas en el proceso de fabricación interno de la compañía dan unos resultados de:

Referencia	P.V.P farm out(euros/pieza)	Coste anual farm out (euros/año)	Coste relevante. nuevo proceso(euros/pieza)	Coste relevante anual nuevo proceso(euros año)	Volumen anual(piezas año)	Ahorro anual (euros/año)
CE19330	12,5	36687,5	2,8	8224,42	2935	28463,48
CE20126	12,5	36687,5	2,8	8224,42	2935	28463,48
Total						56926,15

Tabla 9.8: Ahorros anuales obtenidos con la eliminación del farm out.

4 COSTES ACTUALES DE LAS PIEZAS QUE SE HACEN ACTUALMENTE EN SCHAUDT/CEL 231 Y QUE PASARÁN A LA CÉLULA 232

Por último nos queda mostrar aquellas referencias que se hacían en la Schaudt y en la célula 231 y que pasan a hacerse en la célula 232. En este caso hemos supuesto, sin ser del todo cierto, que las horas estándar se

mantienen (no es así ya que la Tachella dispone de carga automática). No obstante, el proceso no variará mucho ya que las horas estándares actuales de esas referencias son bastante bajas, con lo que su reducción no es del todo prioritaria. Lo que afectara entonces al proceso serán los costes asociados que cambian de una célula a otra. Por tanto, la situación inicial es la que se muestra en la siguiente tabla:

	OP.FORTUNA(92326)							Actual (€ /pieza)	
Referencia	Hrs.std/100 piezas	Coste operario (€/hora)	PPL (€/pieza)	Coste Directo (€/hora)	DOH (€/pieza)	Coste Indirecto (€/hora)	POH (€/ pieza)	TIC	Coste Relevante
CE19837	2,9	10,01	0,29	34,54	1,00	26,90	0,78	2,07	1,49
CE19849	2,9	10,01	0,29	34,54	1,00	26,90	0,78	2,07	1,49
CE20174	2,9	10,01	0,29	34,54	1,00	26,90	0,78	2,07	1,49
CE20217	2,9	10,01	0,29	34,54	1,00	26,90	0,78	2,07	1,49
CE19514	2,9	10,01	0,29	34,54	1,00	26,90	0,78	2,07	1,49

Tabla 9.9: Costes actuales de las referencias de la célula 231 que pasaran a hacerse en la 232.

Y sus costes asociados al pasar a hacerse en la célula 232 son:

	OP.Tachela(92340)							Actual (euros/pieza)	
	Hrs.std/100 piezas	Coste operario (euros/hora)	PPL (euros/pieza)	Coste Directo (euros/hora)	DOH (euros/pieza)	Coste Indirecto (euros/hora)	POH (euros/ pieza)	TIC	Coste Relevante
CE19837	2,9	10,32	0,299	35,62	1,033	27,75	0,805	2,14	1,53
CE19849	2,9	10,32	0,299	35,62	1,033	27,75	0,805	2,14	1,53
CE20174	2,9	10,32	0,299	35,62	1,033	27,75	0,805	2,14	1,53
CE20217	2,9	10,32	0,299	35,62	1,033	27,75	0,805	2,14	1,53
CE19514	2,9	10,32	0,299	35,62	1,033	27,75	0,805	2,14	1,53

Tabla 9.10: Costes previstos en la célula 232 de las referencias que se rectificaban en la célula 231.

Por tanto, en términos de ahorros, obtenemos los siguientes resultados por pasar de hacerlo en una máquina a otra.

Referencia	Volumen anual(piezas/año)	Coste relevante actual (euros/pieza)	Coste relevante anual actual (euros/año)	Coste relevante por cambio de máquina (euros/pieza)	Coste relevante anual por cambio máquina (euros/año)	Ahorro anual (euros/año)
CE19837	1.740	1,49	2592,6	1,53	2662,2	-69,6
CE19849	434	1,49	646,66	1,53	664,02	-17,36
CE20174	560	1,49	834,4	1,53	856,8	-22,4
CE20217	920	1,49	1370,8	1,53	1407,6	-36,8
CE19514	3.520	1,49	5244,8	1,53	5385,6	-140,8
Totales						-286,96

Tabla 9.11: Ahorros anuales obtenidos por cambiar de célula debido a la ausencia de capacidad.

Sumando todas las cantidades totales de ahorros tenemos un ahorro anual estimado de:

115.215(por nuevo proceso)+ **56.926**(por supresión de farm-out)+ **(-287)** por cambio de máquina, obteniendo unos ahorros estimados a lo largo del primer año de **171.854 euros.**

Estos ahorros corresponden a la situación hipotética de que **toda la producción del año fiscal 2011** es asumida internamente por las máquinas antiguas.

5 AHORROS OBTENIDOS CON LA SITUACIÓN HIPOTÉTICA #2, DÓNDE LAS MÁQUINAS ANTIGUAS SÓLO SON CAPACES DE ASUMIR UN % DEL TOTAL DE LA PRODUCCIÓN

Vamos a recopilar en una tabla los costes relevantes asociados a cada una de las piezas tanto en la situación actual como con la introducción de la nueva máquina, siendo este nuestro punto de partida para valorar las distintas hipótesis, ya que estas dependerán únicamente de la demanda.

		Situación Actual	Nuevo proceso
	Referencia	Coste Relevante (Euros/pieza)	Coste Relevante (euros/pieza)
En nueva rectificadora de ejes	H133161	5,35	2,33
	CE19091	5,35	2,33
	Z13322	5,35	2,33
	Z13324	5,35	2,33
	Z12780	5,35	2,33
	CE20948	7,79	4,30
	CE20949	7,79	4,30
	CE17888	3,96	3,02
	CE18212	8,12	4,18
	H165508	1,54	1,59
	H145081	2,38	1,33
	Referencia	P.V.P en proveedor(euros/pieza)	Coste Relevante (euros/pieza)
Farm Out	CE19330	12,50	2,8
	CE20126	12,50	2,8
	Referencia	Coste Relevante (Euros/pieza)	Coste Relevante (euros/pieza)
Cambio de Maquina	CE19837	1,49	1,53
	CE19849	1,49	1,53
	CE20174	1,49	1,53
	CE20217	1,49	1,53
	CE19514	1,49	1,53

Tabla 9.12: Resumen de costes relevantes actuales vs costes relevantes del nuevo proceso.

Asimismo, procedemos a mostrar los precios de las operaciones de rectificado ofertadas por los proveedores externos para cada una de las distintas referencias, en euros/pieza. Se muestran en la siguiente tabla.

		Externalizando
	Referencia	PVP farm out
En nueva rectificadora de ejes	H133161	12,18
	CE19091	12,18
	Z13322	12,18
	Z13324	12,18
	Z12780	12,18
	CE20948	12,4
	CE20949	12,4
	CE17888	10,85
	CE18212	12,18
	H165508	8,3
	H145081	9,56
	Referencia	
Farm Out	CE19330	12,50
	CE20126	12,50
	Referencia	
Cambio de Maquina	CE19837	7,31
	CE19849	7,31
	CE20174	7,31
	CE20217	7,31
	CE19514	7,31

Tabla 9.13: Resumen de costes relevantes de la operación de rectificado ofertado por proveedores externos.

A partir de estos datos podemos plantear varias hipótesis distintas en función del % de producción que consideramos que se va a externalizar en la situación actual debido a las paradas de máquinas y a la falta de capacidad generada por este motivo. Consideramos una situación de partida con un 5% externalizado e incrementaremos este valor de 5% en 5 % hasta llegar al 25 % de producción actual externalizada. Los valores más realistas en lo referente a externalización estarán entre el 5% y el 15 % de la producción actual.

En la situación futura que se plantea, las máquinas asumen perfectamente el total de la producción, con lo que los costes del proceso de rectificado serán siempre los mismos mientras que la producción total (su volumen no varíe).Por tanto, los costes en el nuevo proceso para el volumen de producción actual se muestran en la siguiente tabla:

			Nuevo proceso	
			Todo in house	Todo in house
		Volumen	Nuevo proceso	Nuevo proceso
	Referencia	Piezas/año	Coste Relevante (euros/pieza)	Relevante anual (euros/año)
En nueva rectificadora de ejes	H133161	6120	2,33	14247,76
	CE19091	1832	2,33	4265,02
	Z13322	558	2,33	1299,06
	Z13324	214	2,33	498,21
	Z12780	114	2,33	265,40
	CE20948	7468	4,30	32093,73
	CE20949	1820	4,30	7821,45
	CE17888	10171	3,02	30726,74
	CE18212	9288	4,18	38786,03
	H165508	16308	1,59	25872,45
	H145081	10171	1,33	13539,55
	Referencia	Piezas/año	Coste Relevante	
Farm Out	CE19330	2935	2,80	8224,42
	CE20126	2935	2,80	8224,42
	Referencia	Piezas/año	Coste Relevante	
Cambio de Maquina	CE19837	1.740	1,53	2668,20
	CE19849	434	1,53	665,52
	CE20174	560	1,53	858,73
	CE20217	920	1,53	1410,77
	CE19514	3.520	1,53	5397,74
Costes totales				196865,19

Tabla 9.14: Resumen de costes totales en la situación futura prevista, con la nueva rectificadora de ejes.

Planteamos por tanto la hipótesis número 2 con una situación de partida en la que el 5 % de la producción actual no es asumible por las máquinas actuales y se ha de externalizar. Los costes totales los obtenemos por tanto multiplicando el 95% del volumen actual por el coste relevante y el 5% del volumen actual restante por el coste de proveedor externo. Obtenemos en este caso unos **costes totales de 390.475 euros.**

		Situacion actual				
				Hipotesis #2		
		Actual	Externalizando	95% in house	5%farm out	Volumen
	Referencia	Coste Relevante (€/pieza)	PVP farm out (€/pieza)	Relevante anual (€/año)	Relevante anual (€/año)	Piezas/año
En nueva rectificadora de ejes	H133161	5,35	12,18	31125,86	3727,08	6120
	CE19091	5,35	12,18	9317,41	1115,69	1832
	Z13322	5,35	12,18	2837,95	339,82	558
	Z13324	5,35	12,18	1088,39	130,33	214
	Z12780	5,35	12,18	579,80	69,43	114
	CE20948	7,79	12,4	55255,23	4630,16	7468
	CE20949	7,79	12,4	13466,06	1128,40	1820
	CE17888	3,96	10,85	38257,49	5517,77	10171
	CE18212	8,12	12,18	71647,63	5656,39	9288
	H165508	1,54	8,3	23831,49	6767,82	16308
	H145081	2,38	9,56	22991,70	4861,74	10171
	Referencia	P.V.P en proveedor (€/pieza)	P.V.P en proveedor (€/pieza)	Esta referencia es 100% farm out		Piezas/año
Farm Out	CE19330	12,50	12,50	36687,50		2935
	CE20126	12,50	12,50	36687,50		2935
	Referencia	Coste Relevante (€/pieza)	PVP farm out (€/pieza)	Relevante anual (€/año)	Relevante anual (€/año)	Piezas/año
Cambio de Maquina	CE19837	1,49	7,31	2457,97	635,97	1.740
	CE19849	1,49	7,31	613,08	158,627	434
	CE20174	1,49	7,31	791,07	204,68	560
	CE20217	1,49	7,31	1299,62	336,26	920
	CE19514	1,49	7,31	4972,44	1286,56	3.520
Costes totales (€)				390474,90		

Tabla 9.15: Resumen de costes totales en la situación actual obtenidos a partir de la hipótesis planteada.

Los ahorros obtenidos por tanto, si consideramos que un 5% de la producción actual se externalizaría en caso de seguir con las máquinas antiguas, se pueden expresar comparando los costes totales de esta situación hipotética y los costes obtenidos en la nueva situación, prevista para el futuro.

		Situacion actual				Nuevo proceso	Ahorros anuales
			Hipotesis #2			Todo in house	
		Externalizando	95% in house	5%farm out	Volumen	Nuevo proceso	
	Referencia	PVP farm out (€/pieza)	Relevante anual (€/pieza)	Relevante anual (€/pieza)	Piezas/año	Relevante anual (€/año)	Relevante anual (€/año)
En nueva rectificadora de ejes	H133161	12,18	31125,86	3727,08	6120	14247,76	20605,18
	CE19091	12,18	9317,41	1115,69	1832	4265,02	6168,09
	Z13322	12,18	2837,95	339,82	558	1299,06	1878,71
	Z13324	12,18	1088,39	130,33	214	498,21	720,51
	Z12780	12,18	579,80	69,43	114	265,40	383,82
	CE20948	12,4	55255,23	4630,16	7468	32093,73	27791,66
	CE20949	12,4	13466,06	1128,40	1820	7821,45	6773,01
	CE17888	10,85	38257,49	5517,77	10171	30726,74	13048,52
	CE18212	12,18	71647,63	5656,39	9288	38786,03	38517,99
	H165508	8,3	23831,49	6767,82	16308	25872,45	4726,86
	H145081	9,56	22991,70	4861,74	10171	13539,55	14313,89
	Referencia	P.V.P en proveedor	Esta referencia es 100% farm out		Piezas/año		
Farm Out	CE19330	12,50	36687,50		2935	8224,42	28463,08
	CE20126	12,50	36687,50		2935	8224,42	28463,08
	Referencia	PVP farm out	Relevante anual	Relevante anual	Piezas/año		
Cambio de Maquina	CE19837	7,31	2457,97	635,97	1.740	2668,20	425,74
	CE19849	7,31	613,08	158,627	434	665,52	106,19
	CE20174	7,31	791,07	204,68	560	858,73	137,02
	CE20217	7,31	1299,62	336,26	920	1410,77	225,10
	CE19514	7,31	4972,44	1286,56	3.520	5397,74	861,27
Costes totales (€/año)			390474,90			196865,19	193609,71

Tabla 9.16: Resumen de ahorros anuales obtenidos según la hipótesis planteada.

Como se puede apreciar, la necesidad de externalizar un determinado volumen de producción incrementaría el coste de rectificar en la situación actual, ya que el precio que ofrece el proveedor es bastante superior al coste relevante de hacerlo in house. Por lo tanto, **cuanto mayor sea el volumen de producción que consideremos necesario sacar de la fábrica el ahorro obtenido será mayor.** A continuación mostraremos únicamente las tablas de ahorros obtenidas en función del % externalizado.

		Ahorros anuales en función del % de producción que se externalizaría, hipotéticamente, en la situación actual				
		5%farm out	10%farm out	15%farm out	20%farm out	25% farm out
	Referencia	Relevante anual				
En nueva rectificadora de ejes	H133161	20605,18	22694,06	24782,93	26871,81	28960,69
	CE19091	6168,09	6793,38	7418,68	8043,98	8669,28
	Z13322	1878,71	2069,16	2259,62	2450,08	2640,53
	Z13324	720,51	793,55	866,59	939,64	1012,68
	Z12780	383,82	422,73	461,64	500,55	539,46
	CE20948	27791,66	29513,65	31235,64	32957,63	34679,62
	CE20949	6773,01	7192,67	7612,33	8031,99	8451,65
	CE17888	13048,52	16552,73	20056,95	23561,17	27065,38
	CE18212	38517,99	40403,45	42288,92	44174,38	46059,85
	H165508	4726,86	10240,39	15753,92	21267,45	26780,98
	H145081	14313,89	17965,54	21617,19	25268,84	28920,49
	Referencia	Relevante anual				
Farm Out	CE19330	28463,08	28463,08	28463,08	28463,08	28463,08
	CE20126	28463,08	28463,08	28463,08	28463,08	28463,08
	Referencia	Relevante anual				
Cambio de Maquina	CE19837	425,74	932,34	1438,95	1945,55	2452,15
	CE19849	106,19	232,55	358,91	485,27	611,63
	CE20174	137,02	300,06	463,11	626,15	789,20
	CE20217	225,10	492,96	760,82	1028,68	1296,54
	CE19514	861,27	1886,12	2910,97	3935,83	4960,68
Ahorros totales (€/año)		193609,71	215411,52	237213,33	259015,15	280816,96

Tabla 9.17: Resumen de ahorros anuales obtenidos según el % de producción que se externaliza.

Por lo tanto, con la hipótesis #2 planteada y efectuados los cálculos pertinentes determinamos unos ahorros totales distintos en función del volumen de producción que se considera necesaria externalizar. Estos valores de ahorros nos servirán para calcular los índices de rentabilidad del proyecto en la hipótesis #2 del capítulo V.

6 AHORROS OBTENIDOS CON LA SITUACIÓN HIPOTÉTICA #3, DÓNDE LA DEMANDA DISMINUYE UN 5% ANUAL DURANTE LOS 4 PRIMEROS AÑOS, ESTABILIZÁNDOSE DESPUÉS

		Situacion actual				
			Hipotesis #3			
		Actual	reduccion de 5% anual de demanda durante 4 años por crisis			
	Referencia	Coste Relevante (euros/pieza)	Coste Relevante años 1,2,3 y 4			
En nueva rectificadora de ejes	H133161	5,35	31125,86	29487,66	27849,45	26211,25
	CE19091	5,35	9317,41	8827,02	8336,63	7846,24
	Z13322	5,35	2837,95	2688,58	2539,21	2389,85
	Z13324	5,35	1088,39	1031,10	973,82	916,54
	Z12780	5,35	579,80	549,28	518,76	488,25
	CE20948	7,79	55255,23	52347,06	49438,89	46530,72
	CE20949	7,79	13466,06	12757,32	12048,58	11339,84
	CE17888	3,96	38257,49	36243,94	34230,39	32216,83
	CE18212	8,12	71647,63	67876,70	64105,78	60334,85
	H165508	1,54	23831,49	22577,20	21322,91	20068,62
	H145081	2,38	22991,70	21781,61	20571,52	19361,43
	Referencia	P.V.P proveedor	Coste Relevante años 1,2,3 y 4			
Farm Out	CE19330	12,50	34853,13	33018,75	31184,38	29350,00
	CE20126	12,50	34853,13	33018,75	31184,38	29350,00
	Referencia	Coste Relevante (euros/pieza)	Coste Relevante años 1,2,3 y 4			
Cambio de Maquina	CE19837	1,49	2457,97	2328,60	2199,24	2069,87
	CE19849	1,49	613,08	580,81	548,55	516,28
	CE20174	1,49	791,07	749,44	707,80	666,16
	CE20217	1,49	1299,62	1231,22	1162,81	1094,41
	CE19514	1,49	4972,44	4710,74	4449,03	4187,32
Costes totales			350239,44	331805,78	313372,13	294938,47

Tabla 9.18: Costes relevantes anuales durante los 4 primeros años según la hipótesis #3 en la situación actual.

Como se puede apreciar, los costes totales disminuyen ya que la demanda también disminuye. Ocurrirá lo mismo con los costes totales de producción en la nueva máquina, que disminuirán año a año durante los cuatro primeros. Consideramos que después de ese periodo, la demanda volverá a los valores previstos para el año fiscal 2011.

			Nuevo proceso				
			Todo in house				
		Volumen	Nuevo proceso	reduccion del 5% anual de la demanda durante 4 años por la crisis			
	Referencia	Piezas/año	Coste Relevante (euros/pieza)	Coste Relevante años 1,2,3 y 4			
En nueva rectificadora de ejes	H133161	6120	2,33	13535,37	12822,98	12110,60	11398,21
	CE19091	1832	2,33	4051,77	3838,51	3625,26	3412,01
	Z13322	558	2,33	1234,11	1169,15	1104,20	1039,25
	Z13324	214	2,33	473,30	448,39	423,48	398,56
	Z12780	114	2,33	252,13	238,86	225,59	212,32
	CE20948	7468	4,30	30489,04	28884,35	27279,67	25674,98
	CE20949	1820	4,30	7430,38	7039,30	6648,23	6257,16
	CE17888	10171	3,02	29190,40	27654,06	26117,73	24581,39
	CE18212	9288	4,18	36846,73	34907,43	32968,13	31028,83
	H165508	16308	1,59	24578,83	23285,21	21991,59	20697,96
	H145081	10171	1,33	12862,57	12185,59	11508,62	10831,64
	Referencia	Piezas/año	Coste Relevante (euros/pieza)	Coste Relevante años 1,2,3 y 4			
Farm Out	CE19330	2935	2,80	7813,20	7401,98	6990,76	6579,54
	CE20126	2935	2,80	7813,20	7401,98	6990,76	6579,54
	Referencia	Piezas/año	Coste Relevante (euros/pieza)	Coste Relevante años 1,2,3 y 4			
Cambio de Maquina	CE19837	1.740	1,53	2534,79	2401,38	2267,97	2134,56
	CE19849	434	1,53	632,24	598,96	565,69	532,41
	CE20174	560	1,53	815,79	772,86	729,92	686,98
	CE20217	920	1,53	1340,23	1269,69	1199,16	1128,62
	CE19514	3.520	1,53	5127,85	4857,96	4588,07	4318,19
Costes totales				187021,93	177178,67	167335,41	157492,15

Tabla 9.19: Costes relevantes anuales durante los 4 primeros años según la hipótesis #3 con la nueva máquina.

En este caso ocurre lo mismo, con la salvedad de que el coste relevante de las piezas es bastante inferior al existente en la situación actual. El volumen productivo indicado en la tabla es el actual, con lo que **los costes por referencia durante los años 1, 2, 3 y 4 son el resultado de multiplicar el coste relevante de cada referencia por el volumen de producción y por un factor, que va desde el 0,95 el primer año, decreciendo un 0,05 en las años sucesivos hasta llegar al 0,8 en el año 4.**

			Ahorros anuales			
			Todo in house			
		Volumen	reduccion del 5% anual de la demanda durante 4 años por la crisis			
	Referencia	Piezas/año	Ahorro relevante años 1,2,3 y 4			
En nueva rectificadora de ejes	H133161	6120	17590,49	16664,67	15738,86	14813,04
	CE19091	1832	5265,65	4988,51	4711,37	4434,23
	Z13322	558	1603,84	1519,43	1435,01	1350,60
	Z13324	214	615,09	582,72	550,35	517,97
	Z12780	114	327,67	310,42	293,17	275,93
	CE20948	7468	24766,19	23462,70	22159,22	20855,74
	CE20949	1820	6035,68	5718,01	5400,35	5082,68
	CE17888	10171	9067,09	8589,87	8112,66	7635,44
	CE18212	9288	34800,90	32969,27	31137,65	29306,02
	H165508	16308	-747,34	-708,01	-668,67	-629,34
	H145081	10171	10129,13	9596,02	9062,91	8529,80
	Referencia	Piezas/año	Ahorro relevante años 1,2,3 y 4			
Farm Out	CE19330	2935	27039,92	25616,77	24193,62	22770,46
	CE20126	2935	27039,92	25616,77	24193,62	22770,46
	Referencia	Piezas/año	Ahorro relevante años 1,2,3 y 4			
Cambio de Maquina	CE19837	1.740	-76,82	-72,78	-68,73	-64,69
	CE19849	434	-19,16	-18,15	-17,14	-16,14
	CE20174	560	-24,72	-23,42	-22,12	-20,82
	CE20217	920	-40,62	-38,48	-36,34	-34,20
	CE19514	3.520	-155,40	-147,22	-139,05	-130,87
Costes totales			163217,50	154627,11	146036,71	137446,32

Tabla 9.20: Ahorros relevantes anuales durante los 4 primeros años según la hipótesis #3 conseguidos con la nueva máquina.

Por lo tanto, podemos completar el análisis de la viabilidad económica aplicado a la hipótesis #3. En los años 1, 2 3 y 4 desde que se instala la máquina se consiguen los ahorros que se muestran en la tabla 8. 19**, siendo los ahorros a partir del año 5 los que se obtienen sumando los resultados totales de las tablas 8.5, 8.8 y 8.11.**

Decidimos considerar únicamente estas hipótesis, aunque barajamos alguna otra opción como incrementos de demanda futuras. Estas opciones implicarían aparte de un análisis de la viabilidad económica, que en este caso concreto sería muy positiva ya que los ahorros obtenidos serían mayores, un análisis de las cargas de la nueva máquina para un posible incremento.

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía empleada para la elaboración del proyecto "Plan general de rectificado de ejes" se describe a continuación.

Lasheras, Jose María. "Tecnología Mecánica y Metrotécnica". Editorial Donostiarra S.A. 1987.

Bralla, James G. "Handbook of product Design for manufacturing: a practical guide to low-cost production". Editorial Mc Graw Hill. 1986.

Kalpakjian, Serope. "Manufacturing Processes for Engineering Materials". Editorial Addisson-Wesley Pub. 1992.

Francis, Richard L. "Facility layout and location: An analytical approach". Editorial Prentice Hall. 1992.

Vallhonrat, Josep María. "Localización, distribución en planta y manutención". Editorial Macombo S.A. 1991.

Pérez- Carballo, Ángel y Juan; Vela Sastre, Eugenio. "Principios de gestión financiera de la empresa" Editorial Alianza. 1997.

Raiffa,Howard. "Decision Analysis: introductory lectures on choices under uncertainty " Editorial Random House. 1968.

Ríos, Sixto. "Decision theory and decision analysis: trends and challenges" Editorial Kluwer Academic. 1994.

Apuntes de clase de la asignatura "Dirección Financiera". Año 2008.

Apuntes de clase de la asignatura "Tecnología de Fabricación". Año 2008.

"Ingeniería industrial, introducción al estudio de métodos y tiempos" Cuaderno perteneciente a John Deere Ibérica S.A. Año 1980.

Página web oficial de John Deere : http://www.deere.es

Asimismo se emplearon documentos de la compañía en lo que se refiere a la distribución en planta, normativas de ergonomía para facilitar el trabajo al operario, normativa de seguridad para instalación de nuevas máquinas o documentos para el cálculo de horas estándar y distribución de actividades en tiempos D, R y M.

En algún capítulo del documento, se emplean definiciones dadas por personal del área financiera de John Deere Ibérica S.A.