UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALPARAÍSO – CHILE

RECUPERACIÓN Y ADAPTACIÓN DE MÁQUINA MULTIHUSILLOS AUTOMÁTICA A LÍNEA DE ARMADO DE CAJA DE VELOCIDADES

EDUARDO ANTONIO OJEDA TORREJÓN

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA: Ing. RAFAEL MENA YANSEN
PROFESOR CORREFERENTE: Ing. RENÉ VALDENEGRO O.

JUNIO DE 2018

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme vida y fuerzas, y a todas las personas que me ayudaron de alguna u otra manera en mi etapa universitaria. Principalmente a mi madre y hermanos. Igualmente, a mis tías, en especial a Irene. Agradezco a todos mis amigos y a todos mis compañeros con los que compartí momentos de estudios… simplemente gracias.

Dedicatoria

Para mi madre por su apoyo incondicional y para mis seres amados que desde el cielo me acompañan.

Resumen

En este trabajo se realizará la recuperación y adaptación de una máquina multihusillos automática destinada a la línea de armado de caja de velocidades, la cual debe entregar protección, estabilidad y seguridad tanto para la caja como para la línea de armado en general. Así también su utilización debe ser de un manejo sencillo y automático. Su implementación debe aportar a una reducción de costos. Para poder cumplir con estas características, primero se realizará un diagnóstico de la condición actual de la máquina multihusillos para así poder proponer las mantenciones y mejoras. Realizado esto se propone una pauta de evaluación del correcto funcionamiento de la máquina, a fin de proponer un esquema de instalación de ésta en la línea de armado.

En el diagnostico se evalúan todos los componentes defectuosos, que se encuentran en malas condiciones o que simplemente no están, para así poder realizar la respectiva mantención. En el caso que no se encuentre el componente, éste se debe comprar o diseñar.

El esquema de instalación a la línea de armado debe ser de la manera más sencilla posible, en donde se respeten los espacios, y no dificulte el proceso.

Finalmente se toman las conclusiones del trabajo, y se evalúan las metas cumplidas.

Abstrac

In this work the recovery and adaptation of an automatic multi-spindle machine destined to the line of armed of gearbox will be made, which must deliver protection, stability and security for both the box and the assembly line in general. Also, its use must be simple and automatic. Its implementation must contribute to a reduction of costs. In order to comply with these characteristics, first a diagnosis of the current condition of the multi-spindle machine will be made in order to propose maintenance and improvements. Once this has been done, a guideline for evaluating the correct operation of the machine is proposed, in order to propose a scheme for installing it in the assembly line.

In the diagnosis all the defective components are evaluated, that are in bad conditions or that simply are not, in order to be able to realize the respective maintenance. In the case that the component is not found, it must be purchased or designed.

The installation scheme to the assembly line should be as simple as possible, where spaces are respected, and do not hinder the process.

Finally the conclusions of the work are taken, and the goals fulfilled are evaluated.

Índice

Agradecimientos 2
Dedicatoria 3
Resumen 4
Abstrac 5
Objetivos generales y específicos 11
I) CAPITULO 1. RENAULT CORMECANICÁ 12
1.1 Renault Cormecánica 12
1.2 Caja de velocidades 13
1.2.1 Definición caja de velocidades. [1] 13
1.2.2 Composición de una caja de velocidades 15
1.3 Línea de armado [3] 23
1.3.1 Preparación Carter de embrague 24
1.3.2 Preparación cárter de mecanismo 24
1.3.3 Control de golpes piñonería 24
1.3.4 Anillo central 25
1.4 Proceso de atornillado de cárteres de embrague y de mecanismo. 25
1.4.1 Pre atornillado de pernos, Mesa de elevación DIV 77. 26
1.4.2 Máquina atornilladora multihusillos DIV 52 27
II) CAPITULO 2. MÁQUINA MULTIHUSILLOS AUTOMÁTICA 28
2.1 Descripción máquina multihusillos automática DIV 252. 28
2.1.1 Bols vibrantes 28
2.1.2 Garras neumáticas 29
2.1.3 Mesa atornilladora 30
2.2 Diagnóstico situación actual de la máquina multihusillos automática y propuesta de mantenciones y/o diseños de componentes. 31
2.2.1 Instalar tensor de la cadena. 32
2.2.2 Realizar mantención a los rodillos. 32
2.2.3 Instalar pistones para cargadores. 33
2.2.4 Realizar mantención a llaves. 33
2.2.5 Probar moto reductor. 34
2.2.6 Diseño y fabricación de soporte para moto reductor. 34
2.2.7 Programar PLC. 35
2.2.8 Diseño y fabricación de conjunto de eje y chaveta para moto reductor [4]. 35

2.2.9 Diseño y fabricación de soportes para eje del moto reductor. 41
2.2.10 Cintas transportadoras 41
2.3 Propuesta pauta de evaluación para un correcto funcionamiento de la máquina. 43
III) CAPITULO 3. ESQUEMA DE INSTALACION. 44
Actual esquema de línea de armado 44
Nuevo esquema propuesto de línea de armado..... 45
Comparación máquina multihusillos antigua con nueva máquina multihusillos automática. 46
4. CONCLUSIONES 47
3. REFERENCIAS..... 49
5. ANEXOS 50
Esquema línea de armado 50
Plano de eje y chaveta. 51
Soporte moto reductor 52
Conjunto abastecedor de pernos 53
Tabla para chavetas 54
Tiempo ciclo de apernado..... 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 Grupo moto reductor..... 13
Figura 1. 2 Relación de transmisión entre dos piñones 14
Figura 1. 3 Composición Caja de Velocidades 15
Figura 1. 4 Línea primaria o Árbol Primario..... 16
Figura 1. 5 Línea Secundaria o Árbol Secundario 17
Figura 1. 6 Diferencial..... 18
Figura 1. 7 Conjunto de Sincronización 19
Figura 1. 8 Línea de Marcha Atrás..... 20
Figura 1. 9 Horquillas y Mando Interno 21
Figura 1. 10 Cárteres 22
Figura 1. 11 Línea de Armado..... 23
Figura 1. 12 Maquinas Proceso de Atornillado 25
Figura 1. 13 Pre-Atornillado Manual de 14 Pernos..... 26

Figura 1. 14 Atornillado Automático de 16 Pernos Fuente Renault Cormecánica 27

Figura 2. 1 Bol vibratorio 28
Figura 2. 2 Garras neumaticas 29
Figura 2. 3 Mesa atornilladora 30
Figura 2. 4 Tensor de la cadena 32
Figura 2. 5 Rodillos en mal estado 32
Figura 2. 6 Cargador de pernos 33
Figura 2. 7 Conjunto atornillador 33
Figura 2. 8 Moto reductor 34
Figura 2. 9 Diagrama de cuerpo libre del eje 39
Figura 2. 10 Diagrama de momento flector 39
Figura 2. 11 Diagrama par de torsión 40
Figura 2. 12 Cojinete de eje de transmisión 41
Figura 2. 13 Cintas transportadoras 41
Figura 2. 14 Diseño tolva más soporte de cinta transportadora 42

Figura 3. 1 Actual línea de armado 44
Figura 3. 2 Propuesta de línea de armado 45

Figura 4. 1 Fabricación de eje y chaveta 47
Figura 4. 2 Fabricación de conjunto abastecedor de pernos 47
Figura 4. 3 Rodillos post mantención 48

Figura 5. 1 Esquema línea de armado caja de velocidades 50
Figura 5. 2 Eje y chaveta 51
Figura 5. 3 Soporte moto reductor 52
Figura 5. 4 Conjunto abastecedor de pernos 53

LISTA DE TABLAS

Tabla 2. 1 Diagnostico Maquina Multihusillos 31
Tabla 2. 2 Datos del motor 34
Tabla 2. 3 Datos del reductor 34

Tabla 3. 1 Tabla comparativa maquinas multihusillos. 46

Tabla 5. 1 Tabla diseño de chavetas 54
Tabla 5. 2 Tiempos de ciclo de apernado 55

Introducción

Las cajas de velocidades son un mecanismo importante en un automóvil, tienen gran relevancia en el rendimiento del vehículo. Su fabricación debe ser precisa para evitar que puedan sufrir daños estructurales imposibilitando su buen funcionamiento. Cormecánica en la actualidad arma 35 modelos de cajas de velocidad en las que destacan: JB1 – JB – JH3L90 – JHQ y JRQ. Las características de sus modelos varían principalmente en su piñonería. En la actualidad para unir los cárteres de mecanismo y los cárteres de embrague de la caja de velocidades se utiliza una máquina multihusillos, la cual atornilla 16 pernos a la vez.

En este trabajo de título se desarrollará la mantención y adaptación de una máquina multihusillos la línea de armado, cambiando la máquina actual por una más moderna y automática la cual se espera que traerá diversos beneficios al proceso. Para esto se seguirán varias etapas, como recolección de información, en donde se estudian y seleccionan las alternativas más convenientes para cumplir con los objetivos propuestos. Se realizaran propuestas de mantenciones a componentes y diseño de piezas cuando sea necesario. Además se propondrá un esquema de instalación de la máquina multihusillos automática a la línea de armado.

Se espera adaptar el mecanismo para que pueda cumplir con los objetivos y requisitos previstos, y que asiente bases para un futuro desarrollo físico de este, pudiendo tener mejoras a futuro.

Objetivos generales y específicos

Renault Cormecánica empresa dedicada a la fabricación de caja de velocidades requiere de altos niveles de eficiencia en sus líneas de armado, por lo cual se incorporan permanentemente nuevas máquinas al proceso. Sin embargo estas máquinas requieren de adaptaciones para su óptimo funcionamiento.

Cormecánica incorporo una máquina multihusillos cuya función es atornillar de manera automática las cajas de velocidades (donde se unen los Carter de embrague y mecanismo) en su línea de armado a la cual se debe realizar ciertas mejoras. Dentro de este contexto la recuperación y puesta en marcha de dicha máquina cobra gran relevancia ya que su utilización entrega mayor eficiencia, mayor confiabilidad, reducción de costos, y mayor espacio disponible al proceso. Por lo tanto, el objetivo principal es de **recuperar y adaptar una máquina multihusillos automática a la línea de armado de cajas de velocidades**.

Para cumplir con el propósito antes señalado, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico de la situación actual.
- Proponer mantenciones y mejoras.
- Proponer pauta de evaluación para correcto funcionamiento.
- Proponer esquema de instalación a línea de armado de caja de velocidades.
- Generar conclusiones del trabajo realizado.

I) CAPITULO 1. RENAULT CORMECANICÁ

1.1 Renault Cormecánica

Renault Cormecánica se encuentra ubicada en la calle San Rafael #1769, ciudad de Los Andes, Región de Valparaíso. En Cormecánica se fabrican cajas de velocidades para automóviles Renault, enviándose en gran parte a Brasil, argentina y Colombia.

Las cajas de velocidad o cajas de cambio son una parte fundamental en los vehículos, les da el movimiento a las transmisiones. En la empresa se fabrican aproximadamente 32.000 cajas de velocidad mensuales, estas deben cumplir con todos los estándares de seguridad y calidad que requieren los clientes, ya que una falla en los mecanismos de transmisión puede costar la vida de varias personas.

En la actualidad existen competencias entre fábricas de Renault, en aspectos como costos, calidad, seguridad y productividad. Además en Cormecánica la automatización ha tomado gran relevancia. Cada departamento debe trabajar para poder cumplir con estos objetivos.

En vista de lo anterior, la adaptación de una máquina multihusillos automática cobra importancia ya que su utilización entrega mayor eficiencia, mayor confiabilidad, reducción de costos, y mayor espacio disponible al proceso, descartando la antigua maquina multihusillos la cual era menos eficiente. Además hace que Cormecánica sea más competitiva.

La principal actividad de la empresa es la fabricación de cajas de velocidades y piezas mecánicas para la alianza Renault Nissan. Entrega a sus clientes un producto confiable, a un bajo costo en el momento oportuno. Para esto cuenta con personas capacitadas técnicamente.

Desde sus inicios en los años setenta, la empresa conto con la realización de las primeras operaciones de mecanizado (torneado) de su proceso de fabricación de caja de velocidades, hasta el año 1996 en donde la empresa aumenta su producción para satisfacer la creciente demanda de cajas de velocidad en el cono sur. En esta nueva condición de mercado, acompañada con la decisión de invertir en equipos de torneado, dando prioridad a operaciones más especializadas dentro del proceso de producción, surgió la necesidad de reestructurar sus líneas de producción con el fin de hacerlas más eficientes. La empresa es adquirida nuevamente por Renault-Francia en el año 1997, quien empieza a posicionarse en el mercado automotriz de américa del sur. Cormecánica, envía cajas de velocidad a sus clientes, como también entrega componentes de repuesto para las mismas.

1.2 Caja de velocidades

A continuación se define la caja de velocidades, y se presentan sus componentes más relevantes para su funcionamiento.

1.2.1 Definición caja de velocidades. [1]

Las cajas de velocidades son un sistema que transforma la velocidad producida en el motor para adaptarlo a la velocidad que queremos que tengan las ruedas. De esta manera, en un mismo vehículo podemos circular a diferente velocidad, aunque el motor funcione al mismo régimen de giro. Esto es posible gracias a que la caja de cambios se intercala entre el motor y las ruedas.

Lo anterior conlleva que para el uso del vehículo se debe considerar:

- Un embrague para desacoplar el motor de las ruedas.
- Una relación de marcha atrás para invertir el sentido de giro cuando sea necesario.
- Un conjunto de reductores para aumentar la potencia suministradas a las ruedas.

Por lo tanto se define a La caja de velocidades como un órgano de transmisión de potencia que permite adaptar la potencia suministrada a las ruedas, a la variación de condición de uso del vehículo.

La caja de velocidades forma parte del grupo moto-propulsor. [2]

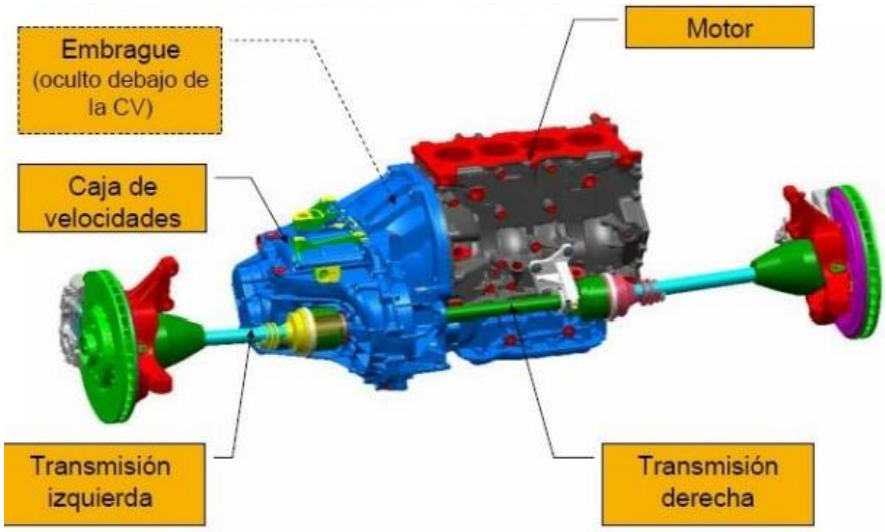


Figura 1. 1 Grupo moto reductor
Fuente: Renault Cormecánica

Las relaciones entre los diferentes piñones, con sus respecticos números de dientes y diámetros, permite la variación de velocidad de giro entre la línea primaria y la línea secundaria. Entonces se genera así una relación de transmisión R.

$$R = {}^{w_{secundaria}}/_{w_{primaria}}$$

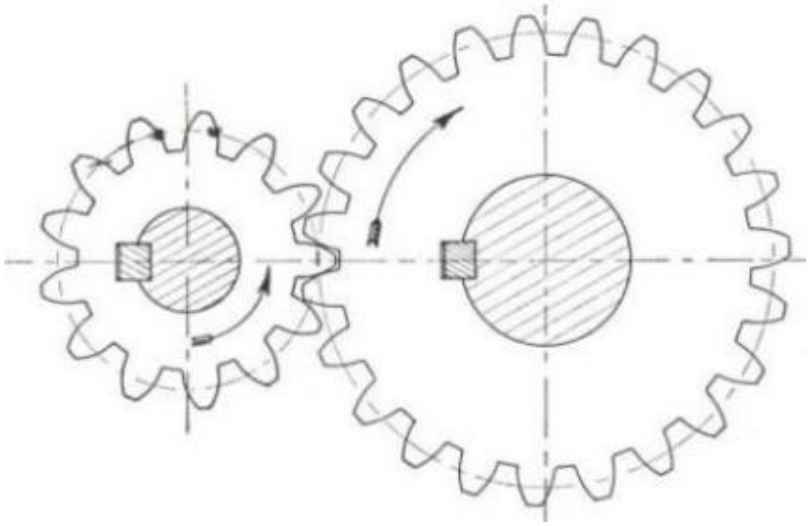


Figura 1. 2 Relación de transmisión entre dos piñones
Fuente: Renault Cormecánica

1.2.2 Composición de una caja de velocidades

La caja de velocidades está compuesta por varios piñones montados en 2 o más árboles, un diferencial que cumple la función de transmitir el movimiento a un eje de transmisión. Además contiene los elementos encargados de activar la marcha de los engranajes conocidos como horquillas, entre otras.

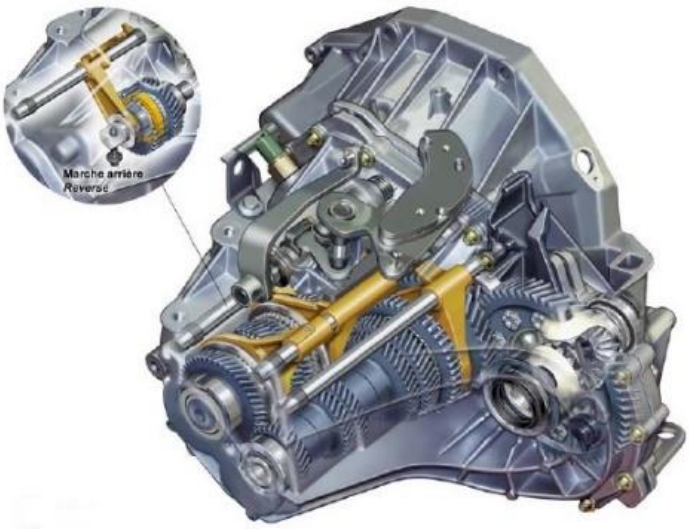
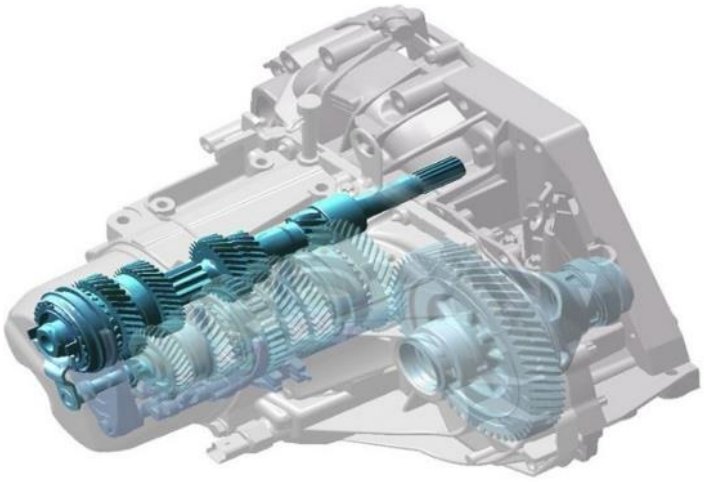


Figura 1. 3 Composición Caja de Velocidades
Fuente: Renault Cormecánica

La línea primaria o árbol primario.

Es el punto de entrada de la caja de velocidades, recibe la potencia del motor mediante el disco de embrague, generalmente trae varios piñones conductores los cuales se encuentran fijos en el eje. El piñón loco de 5ta es el único que no es fijo.



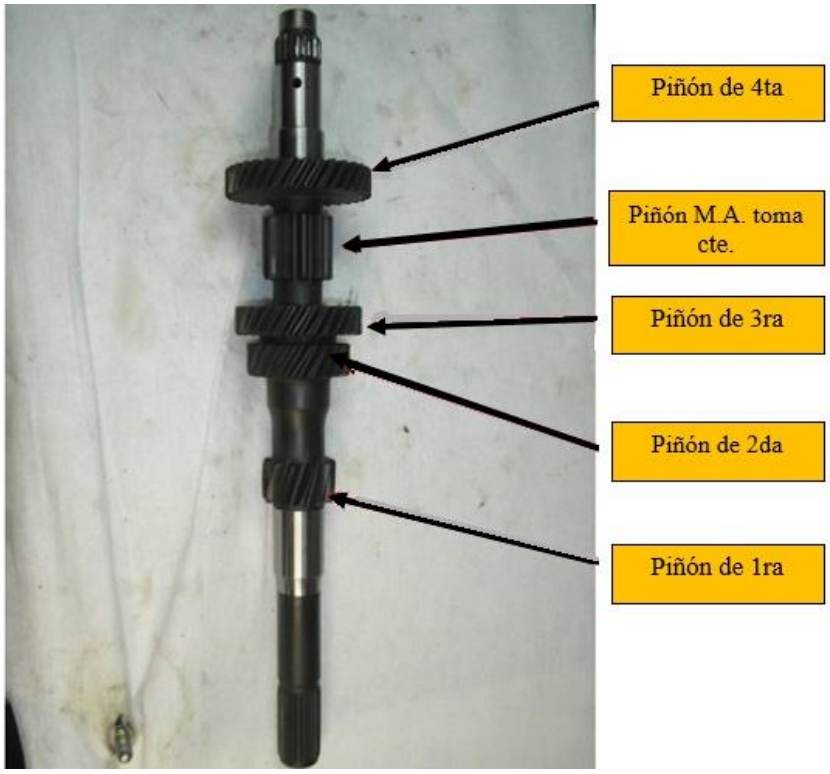
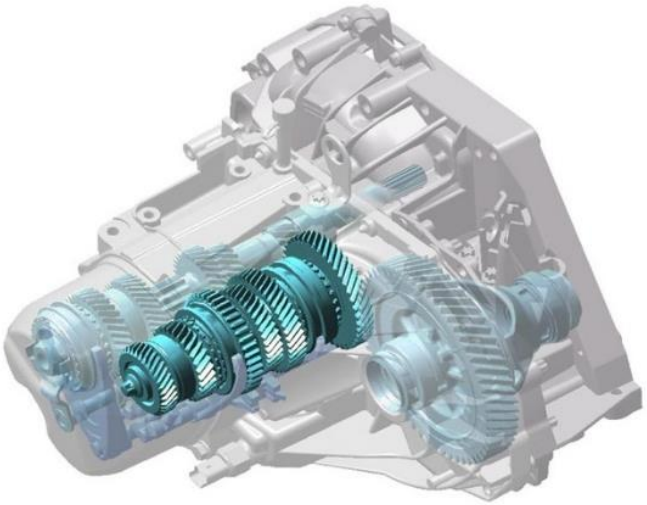


Figura 1. 4 Línea primaria o Árbol Primario.
Fuente: Renault Cormecánica

La línea secundaria o árbol secundario

Sus piñones son movidos por los piñones de la línea primaria, esto quiere decir que son piñones locos. Al contrario de la línea primaria posee el piñón fijo de 5ta. Además tiene un piñón de ataque añadido para que gire la corona.



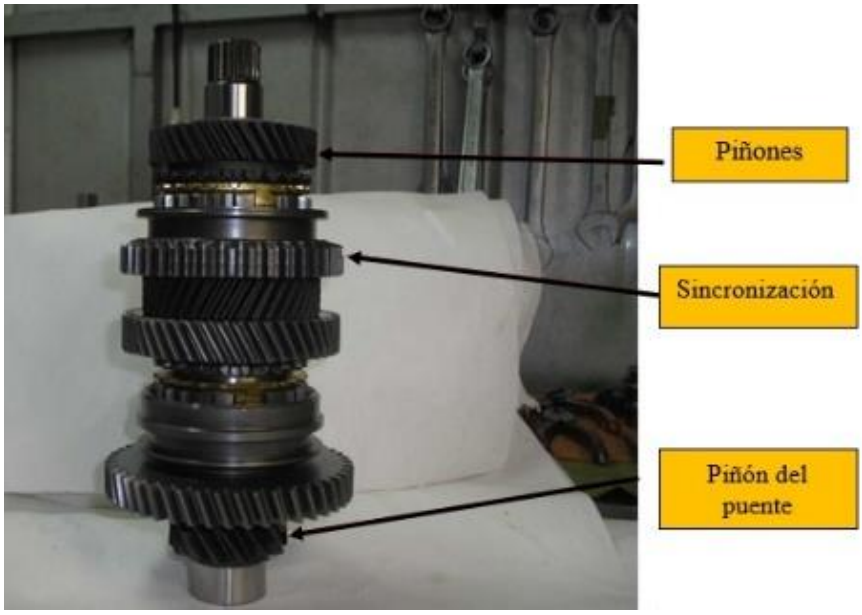


Figura 1. 5 Línea Secundaria o Árbol Secundario
Fuente: Renault Cormecánica

El diferencial

Es el punto de salida de la caja de velocidades, está encargado de transmitir la potencia a las ruedas. Además el diferencial permite que las ruedas giren a velocidades diferentes. Así se consigue que cada rueda pueda girar correctamente en una curva, sin perder por ello la fijación de ambas sobre el eje, entonces la tracción del motor actúa con la misma fuerza sobre cada rueda.

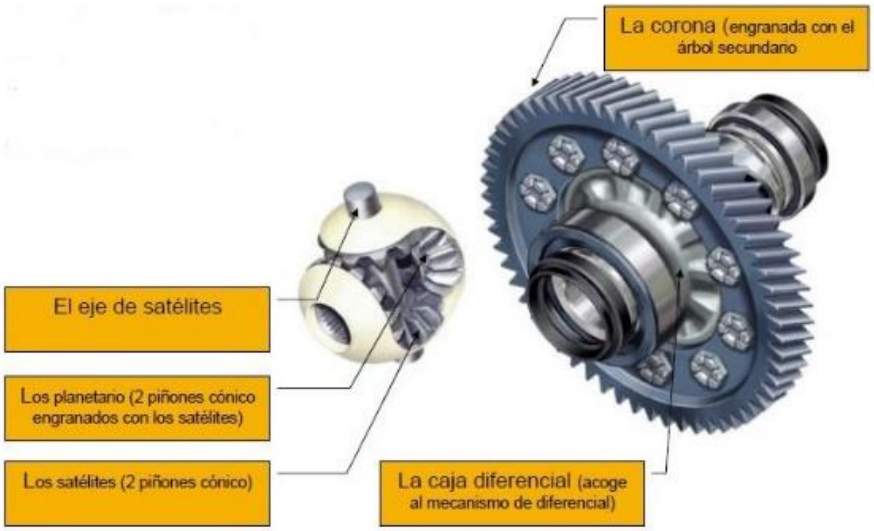


Figura 1. 6 Diferencial
Fuente Renault Cormecánica

El conjunto de sincronización

El conjunto de sincronización permite acoplar un piñón loco con el árbol que lo acoge y así transmitir la potencia. Los anillos de sincronización permiten igualar sus respectivas velocidades de giro para un cambio de marcha suave.

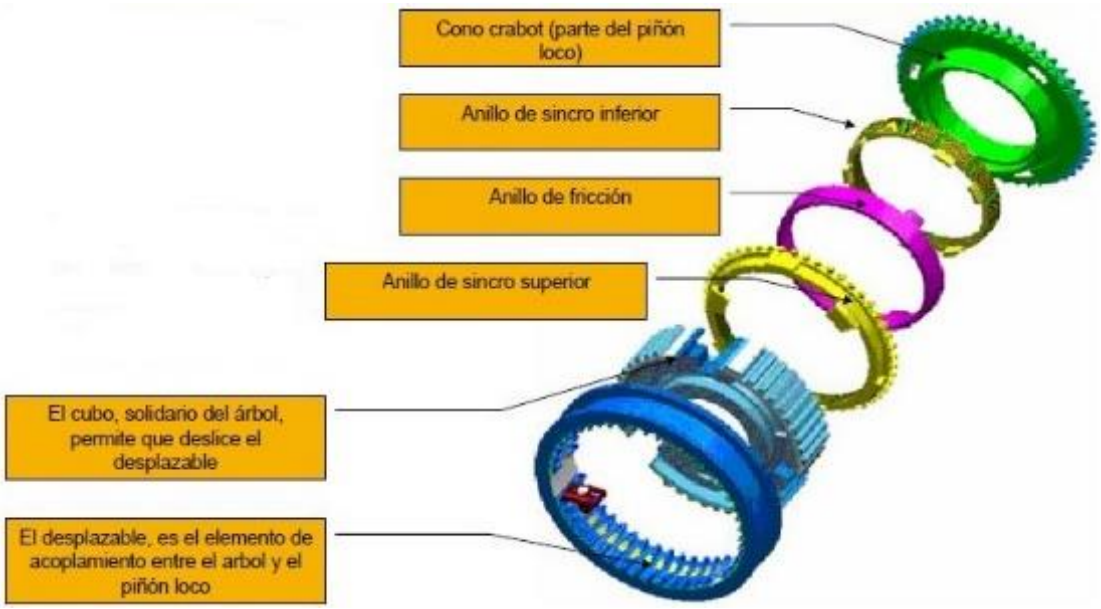


Figura 1. 7 Conjunto de Sincronización
Fuente: Renault Cormecánica

La línea de marcha atrás.

Su funcion es invertir el sentido de giro del arbol secundario, gracias a que lleva un piñon que se interpone entre los arboles primarios y secundarios. El engranje marcha atrás es recto a difrencia de las otras marchas que son engranjes helicoidales.

Figura 1. 8 Línea de Marcha Atrás
Fuente: Renault Cormecánica

Horquillas y mando interno

Al nivel del paso de velocidad, los elementos principales que intervienen son:

El mando interno: ligado al mando externo (del habitáculo) mediante cable o barra, es el punto de entrada de la caja al momento de elegir y pasar una marcha.

Las horquillas: de una vez elegida la marcha, la horquilla correspondiente se mueve según su eje y provoca el deslizamiento del desplazable sobre el cubo.

Figura 1. 9 Horquillas y Mando Interno
Fuente: Renault Cormecánica

Los cárteres

Fijados entre ellos mediante tornillo, los cárteres de mecanismo y de embrague son la carcasa de la caja de velocidad. Aseguran la cohesión entre las líneas y la función de depósito de aceite.

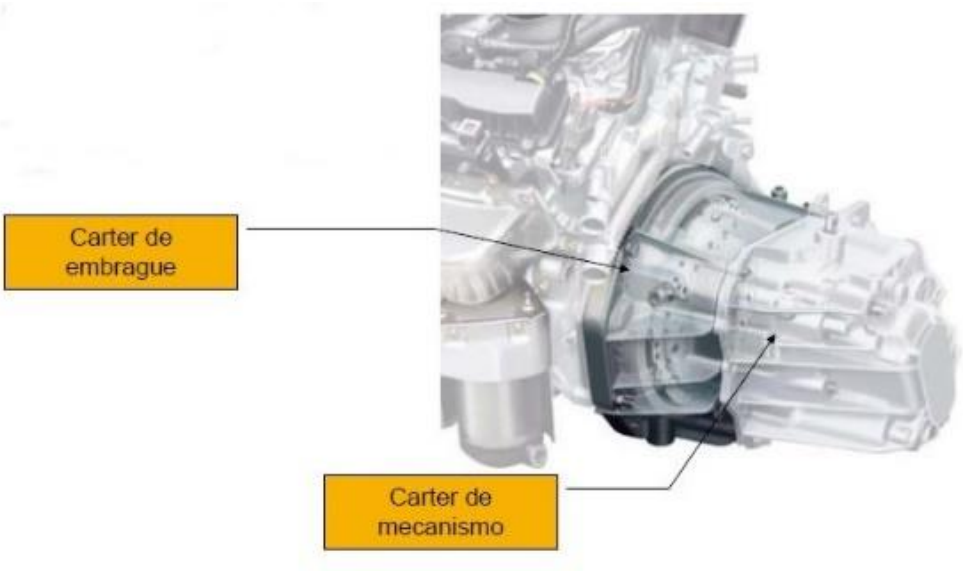


Figura 1. 10 Cárteres de embrague y mecanismo
Fuente Renault Cormecánica

1.3 Línea de armado [3]

Los componentes de la caja de velocidades son preparados en diferentes sectores los cuales forman la línea de armado. Cada sector consta de distintas operaciones y poseen diferentes características. A continuación se describe brevemente cada sector.

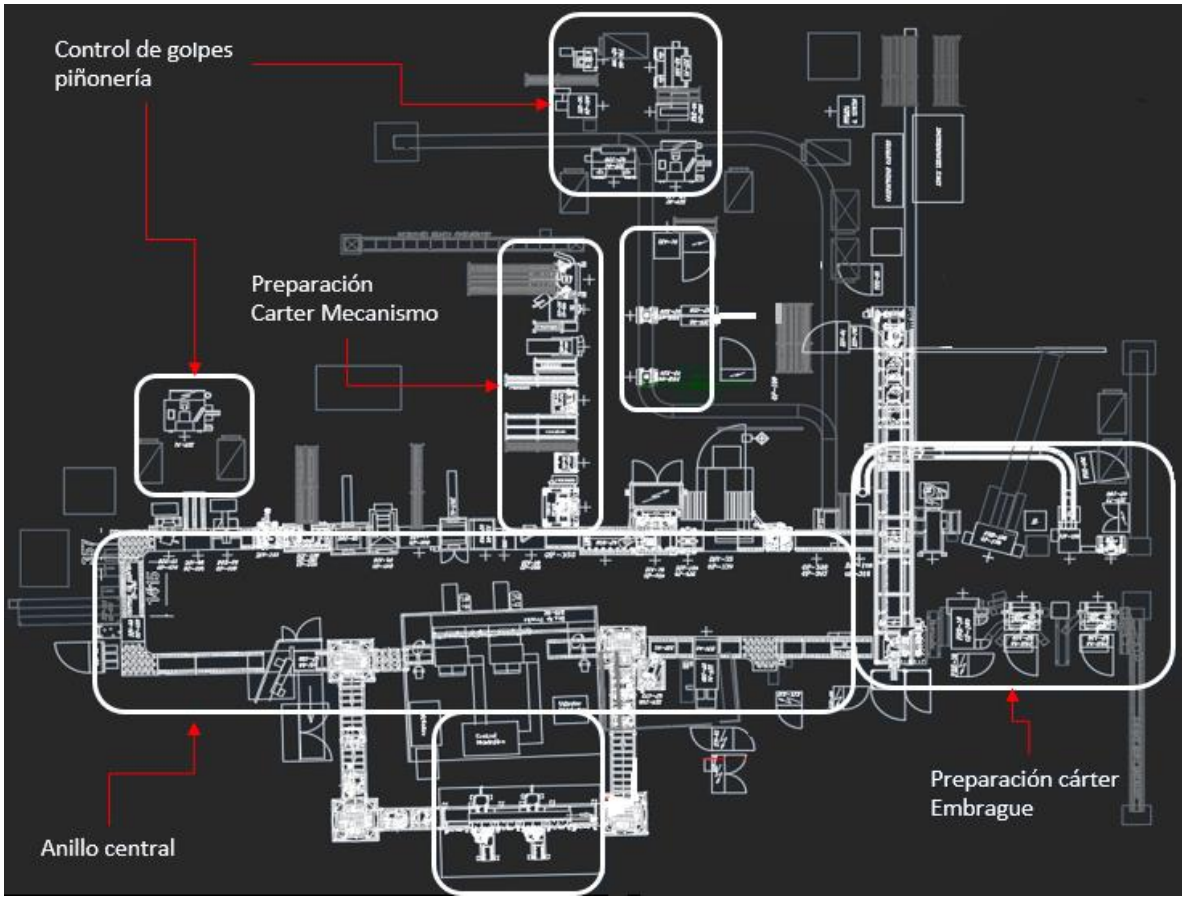


Figura 1. 11 Línea de Armado
Fuente Renault Cormecánica

1.3.1 Preparación Carter de embrague

La parte de la caja de velocidades que entra en contacto con el motor es el cárter de embrague. Ahora, la primera etapa de este proceso es la recepción del cárter de embrague. Aquí este se monta en el pallet para ser armado. Luego se montan en este los arboles primario y secundarios (hasta la cuarta marcha), las horquillas para cambiar las marchas, y los componentes de la marcha atrás y varios rodamientos, cuvetas y bujes necesarios para el funcionamiento de estos. Además se monta el conjunto diferencial.

1.3.2 Preparación cárter de mecanismo

En esta etapa de se deben montar todos los elementos tales como rodamientos y cuvetas para así mantener los ejes centrados y se logre el movimiento de los árboles y el conjunto diferencial, quedando cerrada la caja casi por completo. Además se monta el comando de selección de marchas.

1.3.3 Control de golpes piñonería

En el control de golpes se monta el árbol primario y los piñones locos en una maquina con dos ejes, uno para el árbol primario y en el otro se montan de a uno los piñones locos. Esta máquina consta de un micrófono en el interior, con el cual se pueden detectar golpes a través del ruido que se produce.

Posteriormente pasan al armado del árbol secundario y los desplazables, en donde se comprueban funcionamiento y alturas de los diferentes componentes.

1.3.4 Anillo central

En esta etapa es donde se unen todas las partes de la caja de velocidades, hasta que la caja sale embalada. La caja al ya estar cerrada (montados y unidos cárter de mecanismo y cárter de embrague), se montan los piñones y la tapa de quinta. Para atornillar los pernos de unión de las cajas se utiliza una maquina multihusillos.

1.4 Proceso de atornillado de cárteres de embrague y de mecanismo.

El proceso de atornillado de cárteres de embragues y de mecanismo consta de varias sub etapas, por lo que se necesitan distintas máquinas para el proceso. A continuación se describirá las etapas del proceso de atornillado, y se entregará una breve descripción de las máquinas que ayudan a este.

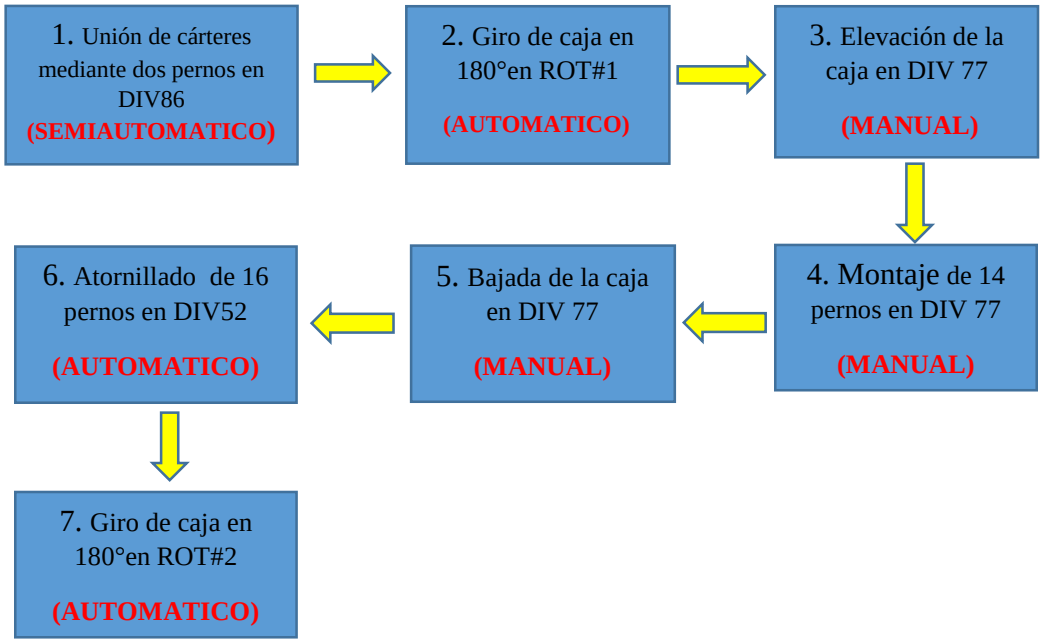


Figura 1. 12 Maquinas Proceso de Atornillado
Fuente Renault Cormecánica

1.4.1 Pre atornillado de pernos, Mesa de elevación DIV 77.

Al llegar el pallet con la caja hasta la mesa de elevación, se procede al montaje manual de los 14 pernos de cierre M8. Luego se pre atornillan dando 4 vueltas a los pernos N° 3-7 de forma manual (se ve la numeración de los pernos en pantalla de máquina DIV 52).

Finalizado esto, se presiona la botonera manual para la des elevación (bajada) de la mesa y siga de manera automática hacia la máquina atornilladora multihusillos.

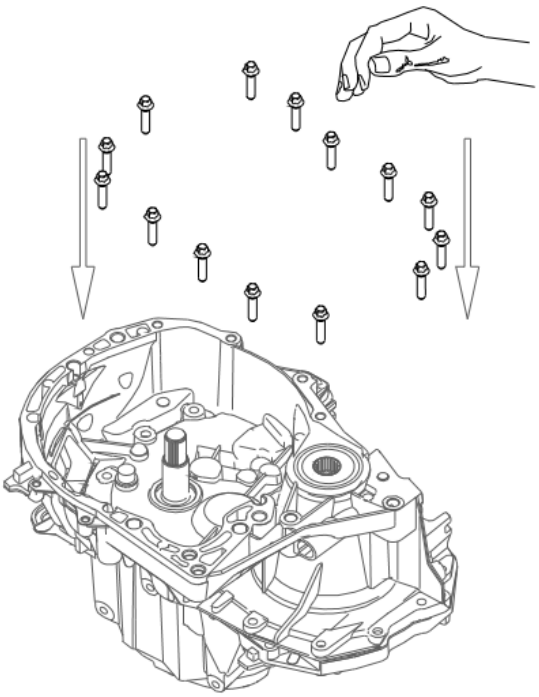


Figura 1. 13 Pre-Atornillado Manual de 14 Pernos
Fuente Renault Cormecánica

1.4.2 Máquina atornilladora multihusillos DIV 52.

La función principal de esta máquina es el atornillado y torque automático de los 16 pernos M8 a 15 Nm, y el perno M8 de la escuadra acústica a 25 Nm. También el avance de la caja y el giro automático de esta en 180°, para esto la máquina consta de un rotador automático.

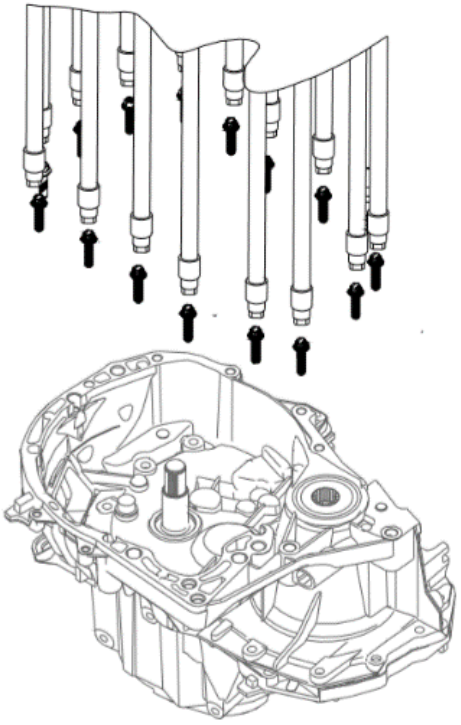


Figura 1. 14 Atornillado Automático de 16 Pernos
Fuente Renault Cormecánica

II) CAPITULO 2. MÁQUINA MULTIHUSILLOS AUTOMÁTICA

En el presente capitulo describiremos la situación actual de la nueva máquina multihusillos automática, entregando propuestas de mejoras a realizar para un futuro montaje a la línea de armado.

2.1 Descripción máquina multihusillos automática DIV 252.

Esta máquina es traída desde Sevilla (España), con la finalidad de cambiar la maquina multihusillos actual en la línea de armado y las máquinas rotadoras. Con esto se quiere entregar mayor automatización y confiabilidad al proceso de armado de caja de velocidades.

La máquina cuenta con diversos componentes, en los que destacan:

2.1.1 Bols vibrantes

Los conjuntos vibrantes alimentan los pernos de uno en uno, colocando la cabeza hacia delante de manera que pueda ser insertado en el receptáculo. Los pernos salen impulsados por aire mediante unas mangueras de goma para ser tomadas por unas garras.

Figura 2. 1 Bol vibratorio

2.1.2 Garras neumáticas

Estas garras están encargadas de tomar los pernos y mediante un carro neumático moverse horizontalmente y transportar los pernos para su posterior entrega a las atornilladoras.

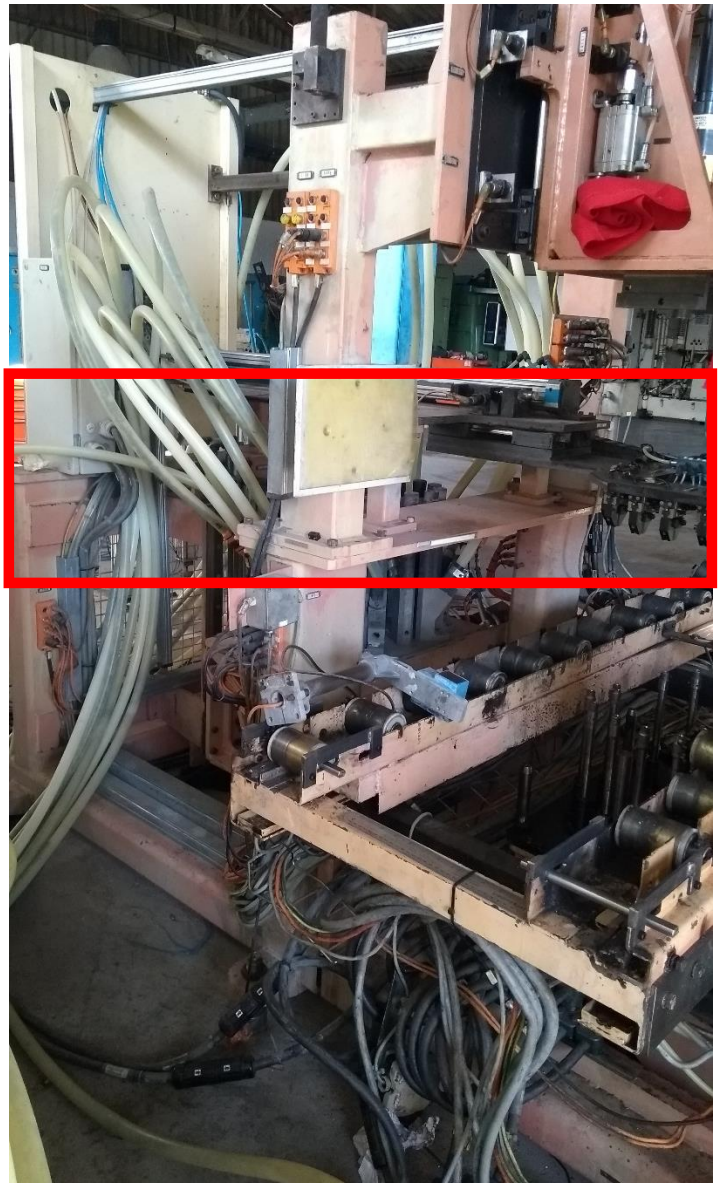


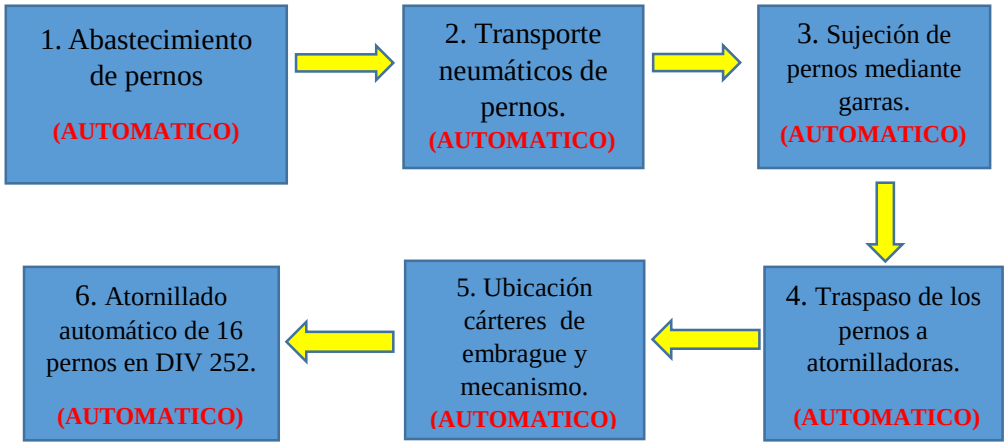
Figura 2. 2 Garras neumaticas

2.1.3 Mesa atornilladora

Corresponden a una mesa con 16 llaves atornilladoras montadas a ella, la cual sube gracias a un cilindro neumático. Las llaves están encargadas de atornillar los 16 pernos en la caja de cambio.

Figura 2. 3 Mesa atornilladora

El proceso se resume en:



2.2 Diagnóstico situación actual de la máquina multihusillos automática y propuesta de mantenciones y/o diseños de componentes.

El diagnóstico y las propuestas para mantenciones y/o diseños de componentes para la maquina multihusillos son las siguientes:

Tabla 2. 1 Diagnostico Maquina Multihusillos

DIAGNÓSTICO	SOLUCION O PROPUESTA
Cadena ausente	Instalar cadena y tensor
Tensor de la cadena expuesto	Instalar protección al tensor de la cadena
Rodillos sucios y duros	Realizar mantención a los rodillos
Cargadores de pernos sin pistones	Instalar pistones para cargadores
Abundancia de pernos en descarga	Limitar carga de pernos
Llaves atornilladoras en mal estado	Realizar mantención a llaves
Incertidumbre por moto reductor	Probar moto reductor
Ausencia de soporte para moto reductor	Diseño y fabricación de soporte para moto reductor
Antena BALOGH mala	Cambiar antena BALOGH
Maquina desprogramada	Programar PLC
Ausencia de guías	Instalar guías
Ausencia de cables eléctricos de las llaves	Instalar cables eléctricos de las llaves
Ausencia de eje de moto reductor	Diseño y fabricación de conjunto de eje de moto reductor
Ausencia de soportes para el eje	Diseño y fabricación de soportes de eje de moto reductor
Cintas transportadoras	Adaptación de cintas transportadora
Altura de cintas transportadoras	Diseño de soporte para cintas transportadoras
Ausencia de recipientes para los pernos	Diseño y fabricación de tolva para pernos

2.2.1 Instalar tensor de la cadena.

La cadena es la encargada de transmitir el movimiento a los rodillos y así transporta el pallet. Esta está montada en los piñones de los rodillos, en donde los dos primeros están unidos entre sí mediante un eje que gira gracias a un moto reductor. La cadena se monta en todos los rodillos de la máquina. En el último se instala un tensor, para el caso en que la cadena quede floja.

Figura 2. 4 Tensor de la cadena

2.2.2 Realizar mantención a los rodillos.

Los rodillos giran gracias a la cadena, son los encargados de mover el pallet y la caja a lo largo de la maquina multihusillos. Estos se encuentran en mal estado, sucios y a algunos le faltan partes. Se deberán limpiar y colocar piezas faltantes en la mayoría los rodillos.

Figura 2. 5 Rodillos en mal estado

2.2.3 Instalar pistones para cargadores.

Los cargadores fueron pensados originalmente para abastecer de pernos al depósito. Estos subirían por la acción de unos pistones accionados mediante sensores. Sin embargo esta idea fue desechada al contar con la posibilidad de utilizar cintas transportadoras.

Figura 2. 6 Cargador de pernos

2.2.4 Realizar mantención a llaves.

Las llaves son elementos importantes debido a que son las encargadas de realizar el atornillado de los pernos en la caja de velocidades. Estas se encuentran sin sus resortes para su acomodamiento y sin sus imanes los cuales tiene que mantener al perno apegado a la llave. Se colocaran resortes e imanes para dejarlas en perfecto funcionamiento.

Figura 2. 7 Conjunto atornillador

2.2.5 Probar moto reductor.

El moto reductor es el que produce la potencia necesaria para el giro de las cadenas. Se debe probar su buen funcionamiento y realizar las respectivas mantenciones si es necesario. Las características de este son:

Motor:

Tabla 2. 2 Datos del motor

[V]	[HZ]	[KW]	[HP]	[A]	[r/min]
220	50	0,75	1	3,50/2,03	1380

Reductor:

Tabla 2. 3 Datos del reductor

[KW]	[Ratio]
----------	1:15

Figura 2. 8 Moto reductor

2.2.6 Diseño y fabricación de soporte para moto reductor.

El diseño del soporte es sencillo, apropiado para el tamaño y peso del moto reductor. Su plano se encuentra en el ANEXO A.

2.2.7 Programar PLC.

La programación del PLC será hecha por un departamento diferente por lo que no es incluida en este trabajo de título.

2.2.8 Diseño y fabricación de conjunto de eje y chaveta para moto reductor [4].

Se propone diseñar un eje con un chavetero que transmita la potencia del moto reductor a la línea de transmisión de transporte de pallet.

Para esto se cuenta con el moto reductor, cuyos valores se obtiene de la tabla 2.2 y 2.3:

Motor:

[KW] : 0,75

[HP] : 1

[r/min]: 1380

[Ratio]: 1:15

Además el reductor nos entrega información sobre el eje y su chavetero. Estos valores son:

Diámetro del eje : 25 [mm]

Ancho de la chaveta: 8 [mm]

Alto de la chaveta : 8 [mm]

Con esta información se propone realizar un eje de 25 [mm] de diámetro y 125 [mm] de largo, que es largo para que se acople con el eje de las cadenas, debe tener un chavetero para una chaveta de 8 [mm] de ancho y alto. El largo de la chaveta se tomará de tabla.

De tabla 5.1 se obtiene la siguiente información:

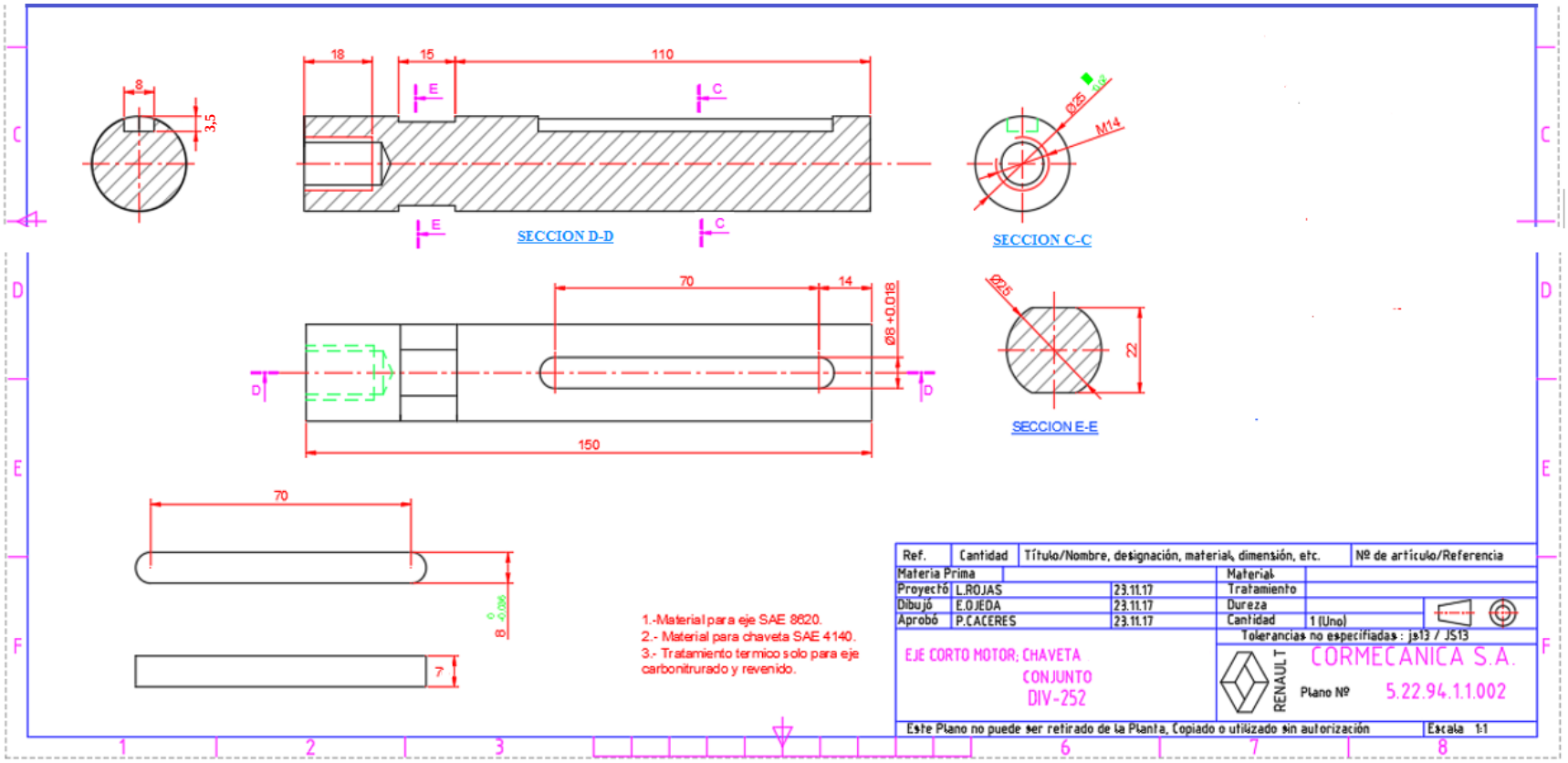
Ancho de la chaveta: 8 [mm]

Alto de la chaveta : 7 [mm]

Largo de chaveta : 70 [mm]

Diseño del eje:

Se presenta el siguiente plano como propuesta para la construcción del eje y chavetero.


8
3,5
18
15
110
E
C
SECCION D-D
Ø25
M14
SECCION C-C
70
14
Ø8 +0,018
D
150
Ø25
22
SECCION E-E
70
8 0 -0,036
7
1.-Material para eje SAE 8620.
2.- Material para chaveta SAE 4140.
3.- Tratamiento termico solo para eje carbonitrurado y revenido.
Ref.
Cantidad
Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.
Nº de artículo/Referencia
Materia Prima
Material
Proyectó L.ROJAS 23.11.17
Tratamiento
Dibujó E.OJEDA 23.11.17
Dureza
Aprobó P.CACERES 23.11.17
Cantidad 1 (Uno)
Tolerancias no especificadas : js13 / JS13
EJE CORTO MOTOR; CHAVETA
CONJUNTO
DIV-252
RENAULT
CORMECANICA S.A.
Plano Nº 5.22.94.1.1.002
Este Plano no puede ser retirado de la Planta, Copiado o utilizado sin autorización
Escala 1:1

Para comprobar que la propuesta de diseño de eje y chaveta, se calcula su diseño.

Tenemos de tabla 2.2 y 2.3 los valores siguientes:

Motor:

[HP] : 1

[r/min]: 1380

Reductor:

[Ratio]: 1:15

Ahora:

$$1 : 15$$

$$x : 1380$$

$$x = 92[rpm]$$

Se tiene que:

$$P = T * w$$

Con $P : potencia$

$T : torque$

$w : velocidad\ angular$

Y que:

$$w = \frac{n * 2\pi}{60}$$

$$w = \frac{92 * 2\pi}{60} = 9{,}6\ [rad/seg]$$

Entonces:

$$T = P/w$$

$$T = \frac{1[HP]}{96[rad/seg]} = \frac{750\ [watts]}{96[rad/seg]} = 78{,}1\ [Nm]$$

$$T = 78{,}1\ [Nm]$$

$$T = F * \frac{diámetro\ eje}{2} = F * \frac{0{,}25}{2} = 78{,}1[Nm]$$

$$\rightarrow\ F = 6{,}248\ [N]$$

El esfuerzo cortante en la chaveta τ se define como:

$$\tau = \frac{F_{corte}}{A_{corte}}$$

Con A_{corte}: Área de corte $=\ 0{,}00077\ \ [m^2]$

$$\tau = \frac{6248}{0{,}00075}$$

$$\tau = 0{,}833\ [MPa]$$

Se utiliza acero SAE 4140 cuyas propiedades son:

$$S_y = 655\ [MP]$$

$$n = 5$$

$$\tau = 0{,}833 < {}^{655}/_{2 * 5}$$

$$\tau = 0{,}833 < 65{,}5$$

Ahora se comprueba por aplastamiento, tenemos que:

$$\sigma_c = \frac{F}{A_{corte}} = \frac{F}{l * \frac{w}{2}}$$

$$\sigma_c = \frac{4 * T}{d * w * l} < \frac{0{,}9\ S_y}{n}$$

$$\sigma_c = \frac{4 * 781}{0{,}025 * 0{,}07 * 0{,}008} < \frac{0{,}9 * 655}{5}$$

$$\sigma_c = \frac{4 * 781}{0{,}025 * 0{,}07 * 0{,}008} < \frac{0{,}9 * 655}{5}$$

$$\sigma_c = 223{,}14 < \ 294{,}75$$

Por lo tanto se comprueba que la chavera cumplirá con lo requerido.

Para el eje tenemos que:

DCL:

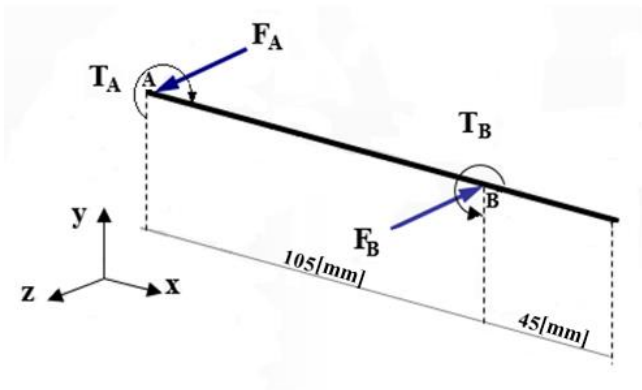


Figura 2. 9 Diagrama de cuerpo libre del eje

$$T_A = T_B = \ F_A * \frac{d}{2}$$

Con:

T_A, T_B : $tension\ en\ A\ y\ en\ B.$

d : $diametro\ del\ eje$

$$\rightarrow \ F_A = F_B = 6{,}248\ [N]$$

<u>DIAGRAMA MOMENTO FLECTOR</u>

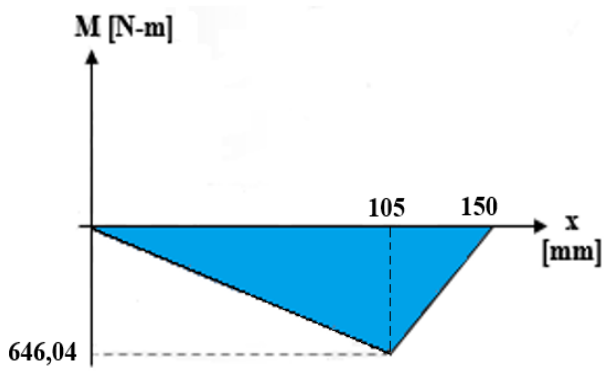


Figura 2. 10 Diagrama de momento flector

DIAGRAMA PAR DE TORSIÓN

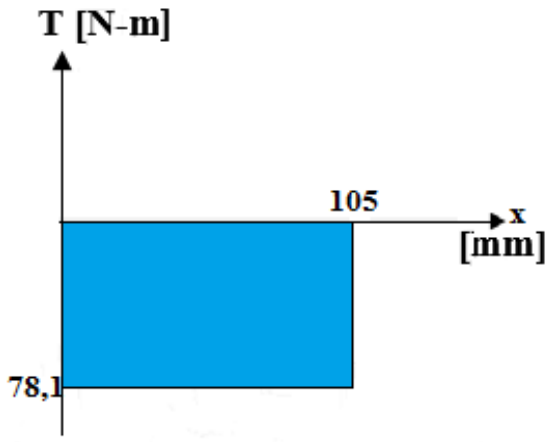


Figura 2. 11 Diagrama par de torsión

Empleando la Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo para eje en flexión y torsión:

$$d^3 > \frac{32 * n}{\pi * S_y} * \sqrt{(M)^2 + (T)^2}$$

Utilizando acero SAE 8620 [5];

$$S_y = \ 688\ [MP]$$

$$Y\ con\ \ n = 5$$

$$d^3 > \frac{32 * 5}{\pi * 688} * \sqrt{656{,}04^2 + 78{,}1^2}$$

$$d^3 > 48{,}9\ [\text{mm}]$$

$$d > 3{,}65\ [\text{mm}]$$

El diámetro del eje debe ser mayor a 3,6 [mm] por lo tanto el eje diseñado cumple con lo requerido.

- **NOTA: Se desprecia deformación angular del eje.**

2.2.9 Diseño y fabricación de soportes para eje del moto reductor.

Los soportes para el eje del moto reductor son en esencia dos placas de acero 4140 perforadas que servirán de base para los cojinetes del eje. Su plano se encuentra en el anexo A.

Figura 2. 12 Cojinete de eje de transmisión

2.2.10 Cintas transportadoras

Estas cintas transportadoras se utilizan como alternativa de los cargadores. Su función es transportar los pernos hasta la máquina multihusillos. Para esto se necesitara diseñar una estructura de soporte para la cinta y una tolva que sirva como depósito de pernos.

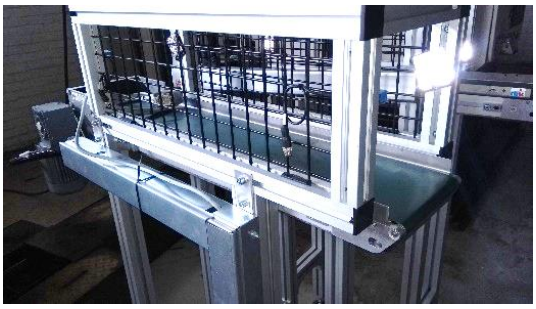


Figura 2. 13 Cintas transportadoras

Con el programa inventor se diseña la siguiente estructura, en la cual se puede apreciar la cinta transportadora sobre una estructura y la tolva donde se depositaran los pernos.

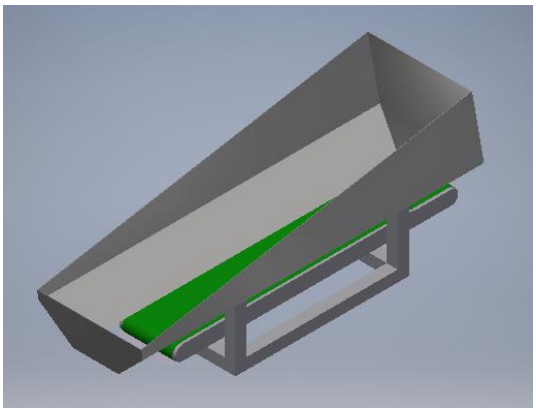


Figura 2. 14 Diseño tolva más soporte de cinta transportadora

El funcionamiento es el siguiente. La tolva se llena de pernos los cuales van siendo transportados gracias a la cinta transportadora hasta la descarga.

2.3 Propuesta pauta de evaluación para un correcto funcionamiento de la máquina.

Antes de montar la máquina se deben considerar los siguientes aspectos esenciales para un buen funcionamiento:

- Correcto sentido de giro y buenas condiciones de cinta transportadora.
- Correcta calibración de sensores de proximidad en toda la máquina.
- Mangueras para el transporte de pernos sin fugas.
- Garras neumáticas completas
- Atornilladoras con imanes y resortes.
- Cadenas con tensión apropiada.
- Moto reductor y eje bien alineados.
- Maquina multihusillos bien alineada en la línea de armado.
- Revisión de sistema neumático en general.

NOTA: Con la puesta en marcha se considera sumar aspectos.

III) CAPITULO 3. ESQUEMA DE INSTALACION.

El nuevo esquema de instalación de la línea de armado debe ser de una manera sencilla, respetando los espacios y facilite el proceso de armado.

Actual esquema de línea de armado.

En el recuadro rojo se aprecian las máquinas que serán retiras cuyas funciones serán reemplazadas por la nueva máquina multihusillos. Estas son:

- ROT 01: Rotador 1
- DIV 77: Mesa de elevación
- DIV 52: Máquina multihusillos
- ROT 02: Rotador 2

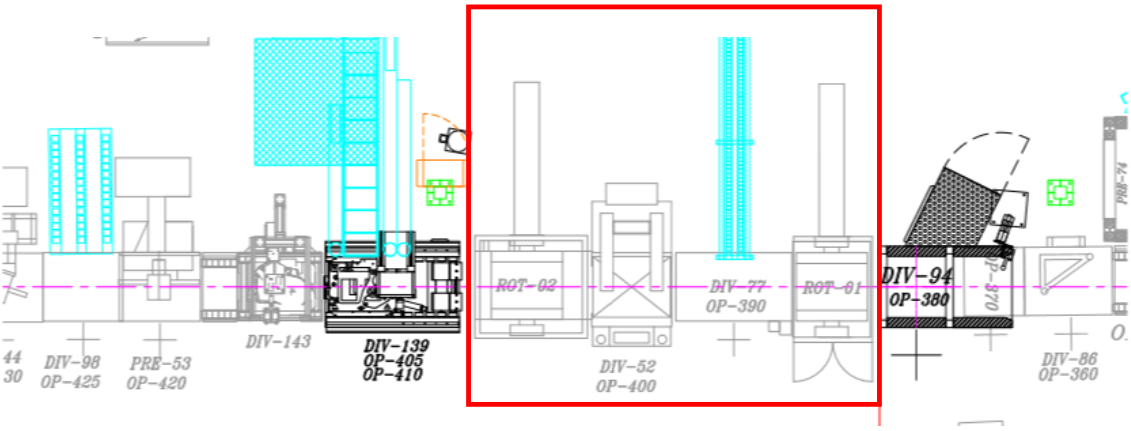


Figura 3. 1 Actual línea de armado.

Fuente Renault Cormecánica

Nuevo esquema propuesto de línea de armado

En el recuadro rojo se puede ver la diferencia con el esquema anterior, en donde ya nos están los rotadores, la mesa de elevación y la antigua máquina multihusillos. En su lugar la nueva máquina multihusillos cumple las mismas funciones de manera automática sin la necesidad de tener a un operador. A la nueva máquina se debe unir una mesa que cumple la función de solo transportar el pallet. Los nuevos componentes son:

- Mesa de transporte pallet
- Máquina multihusillos automática (DIV 252) con sus respectivos cargadores.

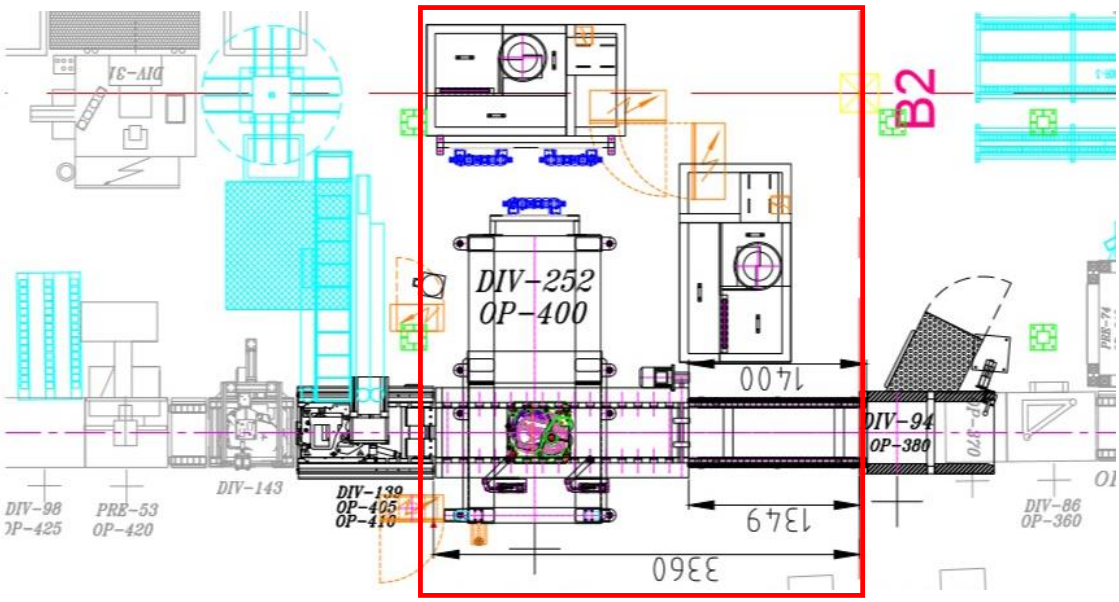


Figura 3. 2 Propuesta de línea de armado.

Fuente Renault Cormecánica

Comparación máquina multihusillos antigua con nueva máquina multihusillos automática.

Se presenta la siguiente tabla comparativa:

Tabla 3. 1 Tabla comparativa maquinas multihusillos.

Fuente Renault Cormecánica

Característica	Multihusillos antigua	Multihusillos automática
Ciclo promedio [min]	0,54	0,42
Operadores	1	0
N° de puestos en la línea	4	1
Tasa de automatización [%]	3	10
Espacio físico [m²]	3,9	5,9

Los resultados muestran una mejora en la incorporación de la nueva máquina multihusillos automática. El tiempo de ciclo promedio baja de 0,54 a 0,42, sin embargo, este no es el cuello de botella. Se reduce un operador, al ser la máquina automática lo que significa un ahorro económico para la empresa. Los números de puestos en la línea se reducen de 4 a 1, esto al sacar los rotadores y la mesa de elevación y cambiando la máquina multihusillos por la nueva multihusillos automática. Además, esta nueva máquina le da mayor tasa de automatización al proceso. Ahora, el espacio físico aumenta, al ser una máquina que cuenta con dos cargadores que son separados a esta

4. CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo de título se logra recuperar una máquina multihusillos automática y proponer un cambio por la actual, con un nuevo esquema de instalación y sus respectivas mantenciones. Para llevar a cabo este trabajo se tuvo que comprender conceptos generales de la fabricación de caja de velocidades y específicamente del proceso de atornillado de pernos.

La recuperación de la máquina multihusillos automática fue un proceso secuencial, en donde se realizó un diagnóstico de la condición en que se encontraba la máquina y posteriormente se propusieron las mejoras. En este contexto se realizaron diversos trabajos los cuales sirvieron para poder alcanzar la correcta adaptación y funcionamiento de esta. Entre estos trabajos destacan:

Diseño y fabricación de eje para moto reductor

Figura 4. 1 Fabricación de eje y chaveta

Diseño y fabricación de sistema de abastecimiento de pernos.

Figura 4. 2 Fabricación de conjunto abastecedor de pernos

Mantención a los rodillos

Figura 4. 3 Rodillos post mantención

entre otras mantenciones.

Dentro de las ventajas que entrega la nueva máquina multihusillos están la reducción del tiempo de la operación de atornillado de los 16 pernos, reduciendo de 0,54 a 0,43 minutos. Este tiempo no ayuda a mejorar la cantidad de cajas por minuto de la línea de armado al no ser la operación crítica o cuello de botella, pero aliviana el ritmo de trabajo. Además, se realiza todo el proceso de atornillado independiente de un operador, por lo cual se elimina un puesto de trabajo, lo que se traduce en ahorro para la empresa. Este proyecto conlleva a que Cormecánica tenga mayor capacidad de automatización y por lo tanto sea más competitiva a nivel de RENAULT MUNDO. Además, se reducen de 4 a 1 los puestos en la línea. Se propone una pauta de evaluación para el correcto funcionamiento de la máquina.

3. REFERENCIAS

[1] Caja de cambios. Diccionario Motor giga

< https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/caja-de-cambios-tipo-definicion-yexplicacion/gmx-niv15-con194805.htm > [consulta 22 de diciembre de 2017]

[2] RENAULT. Formación OP. [Diapositiva]

[3] Paulo Cáceres. Implementación de elementos eléctricos en la automatización del montaje. [Diapositiva]

[4] Franco Perazo. Elementos de máquinas. [Diapositiva]

[5] Propiedades acero SAE 8620 [En línea]

< reydin.com.co/aceros-sae-8620/ > [consulta 25 de enero de 2018]

5. ANEXOS

Esquema línea de armado

A continuación se presenta un esquema completo de la línea de armado de caja de velocidades.

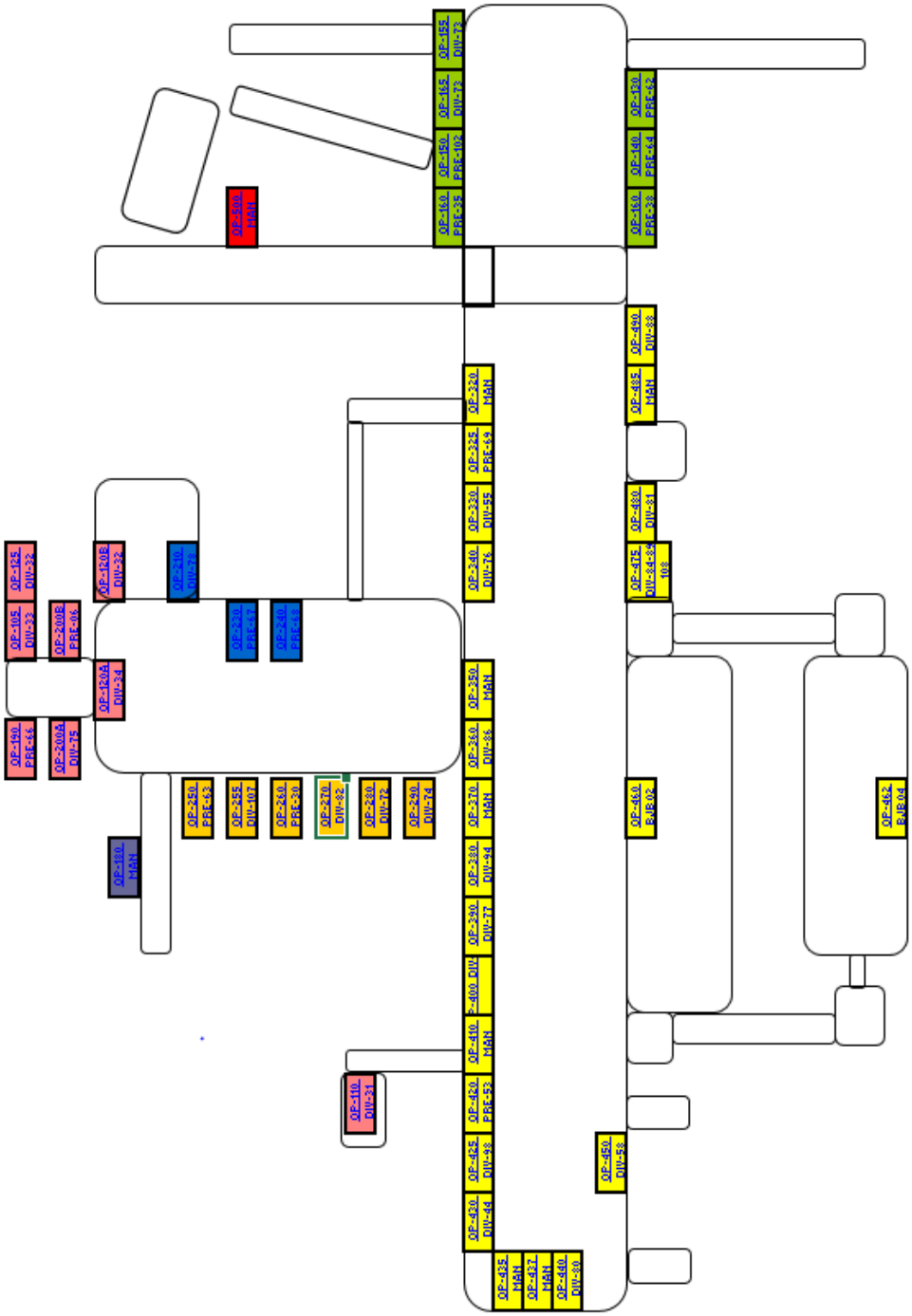


Figura 5. 1 Esquema línea de armado caja de velocidades

Plano de eje y chaveta.

Se propone el siguiente plano según las indicaciones del moto reductor.

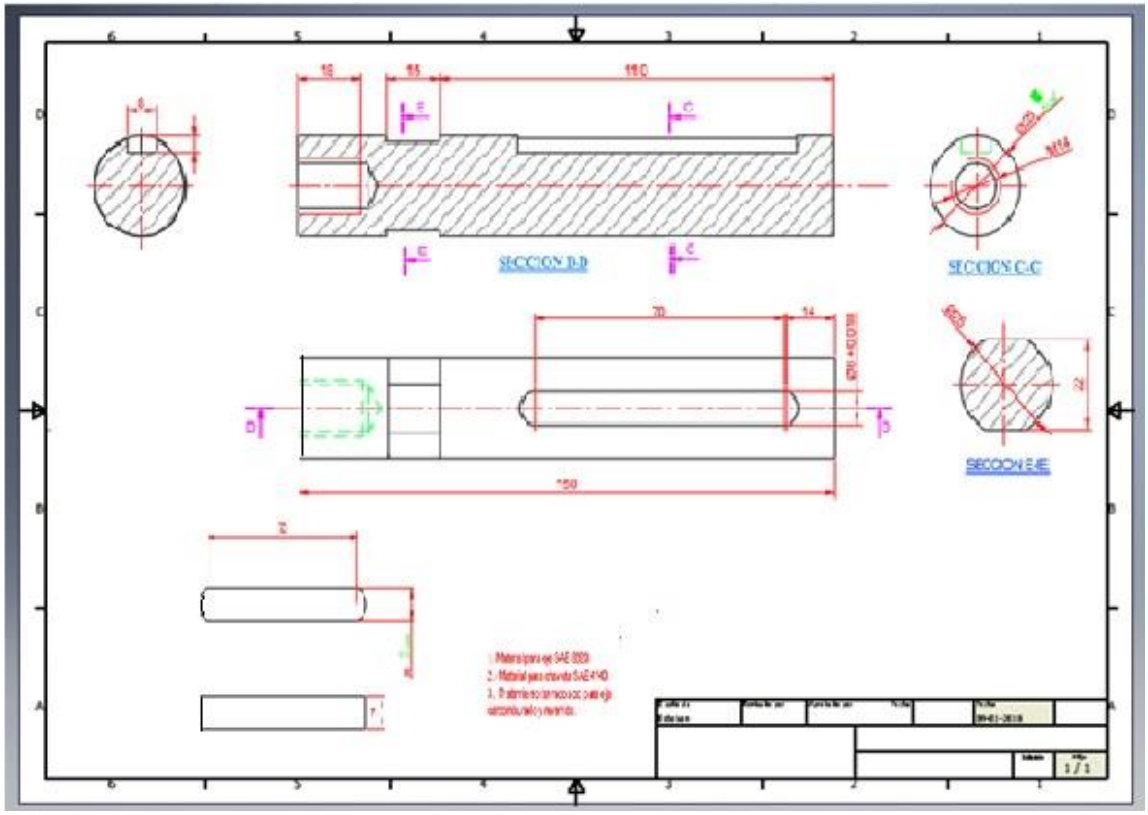


Figura 5. 2 Eje y chaveta

Soporte moto reductor

Se propone el siguiente diseño de soporte para el moto reductor.

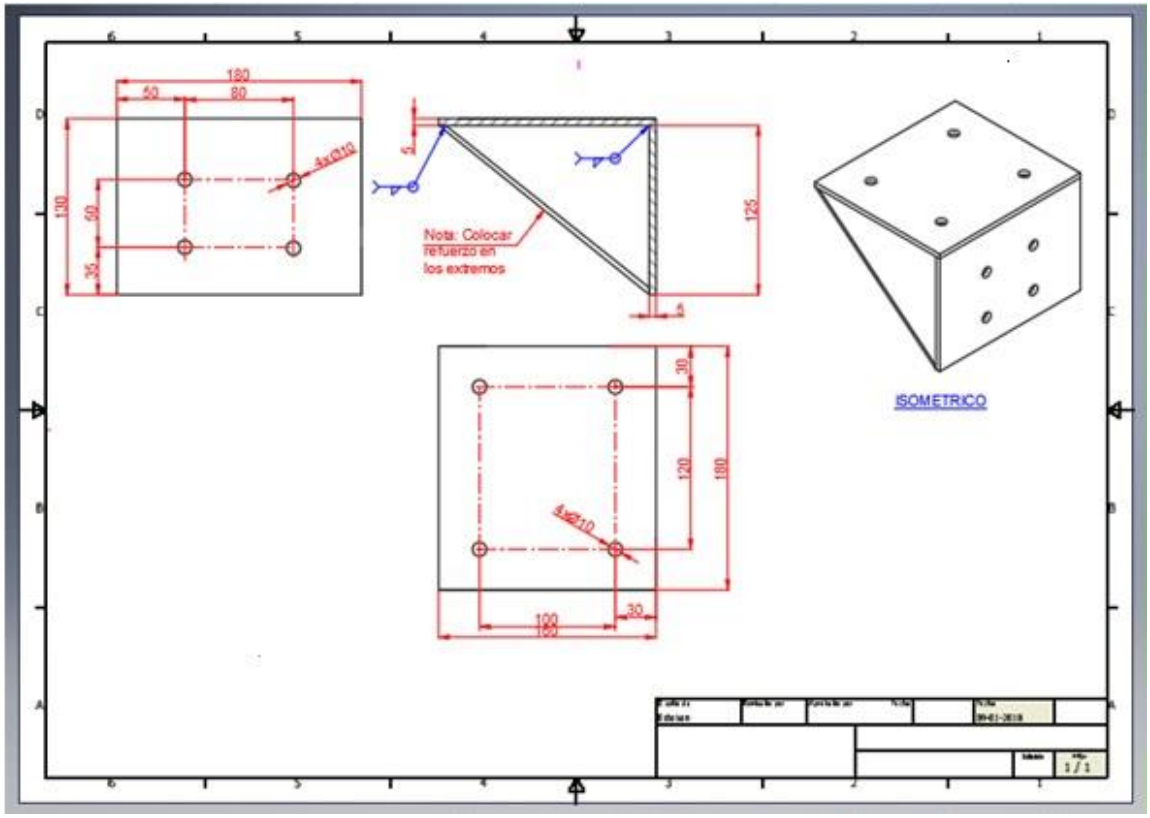


Figura 5. 3 Soporte moto reductor

Conjunto abastecedor de pernos

El conjunto abastecedor de pernos está compuesto por la tolva, la cinta transportadora, y el soporte para la cinta.

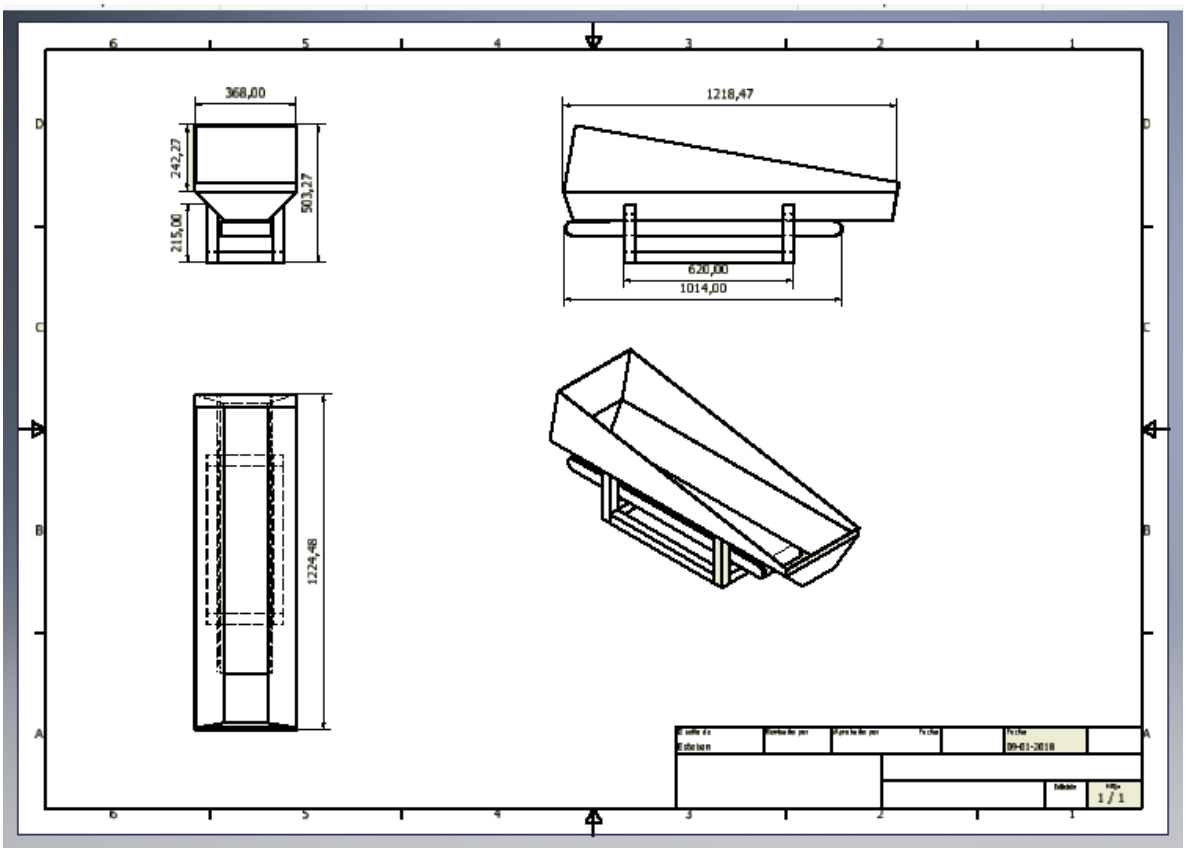


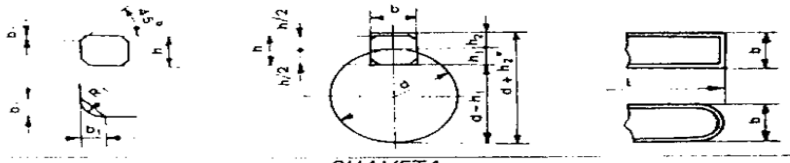
Figura 5. 4 Conjunto abastecedor de pernos

Tabla para chavetas

De la siguiente tabla se obtienen los valores para el diseño de la chaveta

Tabla 5. 1 Tabla diseño de chavetas

y chavetas — **SERIE NORMAL** — TABLA 16 . 13



Dimensiones en mm.

(De UNE 17.102 h1)

CHAVETA

Sección b × h	Ancho b Nominal	Ancho b Toler. h9	Altura h Nominal	Altura h Toler. h9 y h11	Chaflán b_1 Mínima	Chaflán b_1 Máximo	Longitud l De...	Longitud l ...a
4 × 4	4	0 −0,030	4	0 −0,030	0,16	0,25	8	45
5 × 5	5		5		0,25	0,40	10	56
6 × 6	6		6		0,25	0,40	14	70
8 × 7	8	0 −0,036	7		0,25	0,40	18	90
10 × 8	10		8		0,40	0,60	22	110
12 × 8	12	0 −0,043	8	0 −0,090	0,40	0,60	28	140
14 × 9	14		9		0,40	0,60	36	160
16 × 10	16		10		0,40	0,60	45	180
18 × 11	18		11	0 −0,110	0,40	0,60	50	200
20 × 12	20	0 −0,052	12		0,40	0,80	56	220
22 × 14	22		14		0,60	0,80	63	250
25 × 14	25		14		0,60	0,80	70	280
28 × 16	28		16		0,60	0,80	80	320
32 × 18	32	0 −0,062	18		0,60	0,80	90	360
36 × 20	36		20	0 0,130	0,60	1,20	100	400
40 × 22	40		22		1,00	1,20	—	—
45 × 25	45		25		1,00	1,20	—	—
50 × 28	50		28		1,00	1,20	—	—
56 × 32	56	0 −0,074	32	0 −0,160	1,00	2,00	—	—
63 × 32	63		32		1,60	2,00	—	—
70 × 36	70		36		1,60	2,00	—	—
80 × 40	80		40		2,50	3,00	—	—
90 × 45	90	0 0,087	45		2,50	3,00	—	—
100 × 50	100		50		2,50	3,00	—	—

CHAVETERO

Diámetro del eje d Más de	Diámetro del eje d hasta	Sección de la chaveta b × h	Ancho b, tolerancia Nominal	Clase de ajuste del enchavetado: Libre Eje h9	Libre Cubo D10	Normal Eje N9	Normal Cubo Js 9	Ajustado Eje y cubo p9	Profundidad Eje h_1 Nominal	Eje h_1 Toler.	Cubo h_2 Nominal	Cubo h_2 Toler.	Chaflán R, Mín.	Chaflán R, Máx.
10	12	4 × 4	4	+0,030 0	+0,078 +0,030	0 −0,030	±0,015	−0,012 −0,042	2,5	+0,1 0	1,8	+0,1 0	0,08	0,16
12	17	5 × 5	5						3		2,3		0,16	0,25
17	22	6 × 6	6						3,5		2,8		0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+0,036 0	+0,098 +0,040	0 −0,036	±0,018	−0,015 −0,051	4	+0,2 0	3,3	+0,2 0	0,16	0,25
30	38	10 × 8	10						5		3,3		0,25	0,40
38	44	12 × 8	12	+0,043 0	+0,120 +0,050	0 −0,043	±0,0215	−0,018 −0,061	5		3,3		0,25	0,40
44	50	14 × 9	14						5,5		3,8		0,25	0,40
50	58	16 × 10	16						6		4,3		0,25	0,40
58	65	18 × 11	18						7		4,4		0,25	0,40
65	75	20 × 12	20	+0,052 0	+0,149 +0,065	0 −0,052	±0,026	−0,022 −0,074	7,5		4,9		0,40	0,60
75	85	22 × 14	22						9		5,4		0,40	0,60
85	95	25 × 14	25						9		5,4		0,40	0,60
95	110	28 × 16	28						10		6,4		0,40	0,60
110	130	32 × 18	32	+0,062 0	+0,180 +0,080	0 −0,062	±0,031	−0,026 −0,088	11		7,4		0,40	0,60
130	150	36 × 20	36						12	+0,3 0	8,4	+0,3 0	0,70	1,00
150	170	40 × 22	40						13		9,4		0,70	1,00
170	200	45 × 25	45						15		10,4		0,70	1,00
200	230	50 × 28	50						17		11,4		0,70	1,00
230	260	56 × 32	56	+0,074 0	+0,220 +0,100	0 −0,074	±0,037	−0,032 −0,106	20		12,4		0,70	1,00
260	290	63 × 32	63						20		12,4		1,20	1,60
290	330	70 × 36	70						22		14,4		1,20	1,60
330	380	80 × 40	80						25		15,4		2,00	2,50
380	440	90 × 45	90	+0,087 0	+0,260 +0,120	0 −0,087	±0,0435	−0,037 −0,124	28		17,4		2,00	2,50
400	500	100 × 50	100						31		19,5		2,00	2,50

Tiempo ciclo de apernado

La siguiente tabla muestra los tiempos de ciclo de cada máquina en los diferentes modelos de caja de cambio.

Tabla 5. 2 Tiempos de ciclo de apernado

OPERACION	DESCRIPCION	MAQ	JB		JH L90			JHQ		JRQ
250	CLAVADO CUBETA CONICA Y BUJES COMANDO	PRE-63		0,35		0,32		0,53		0,56
255	CONTROL DE ALTURA Y ALAVEO RETEN C.MEC	DIV-107						0,27		0,27
260	CLAVADO ROD GEMELOS SOBRE MECA	PRE-30		0,54		0,39		0,39		0,39
270	MONTAJE EJE COMANDO SOBRE MECA	DIV-82		0,61		0,58		0,61		0,61
280	MONTAJE DE BOLITAS Y RESORTES TRABAS	DIV-72		0,61		0,58		0,31		0,31
290	CALAGE C. MECA	DIV-74								0,53
315	MONTAJE DIF FERME SOBRE C EMBRA Y POSTURA T	AUTO						0,31		0,31
320	MONTAJE DE ARBOLES DE TRANSMICION	MANUAL		0,59		0,57		0,57		0,59
325	CLAVADO DE PASADOR ELAST EJE M.ATRÁS	AUTO		0,28		0,28		0,31		0,31
330	APLICACIÓN DE SELLANTE	AUTO		0,37		0,37		0,37		0,37
340	CALAGE A.SEC / CARTER EMBRAGUE.	AUTO						0,53		0,53
350	EMSAMBLE C. MECA SOBRE EMBRAGUE.	MANUAL		0,39		0,39		0,36		0,36
360	BRIDAGUE CAJA A PALLETS	DIV-86		0,36		0,36		0,36		0,36
370	MONTAJE BOLITA M.A CAVALIER. PUNTO DURO	MANUAL		0,40						
380	CONTROL AUT TRABAS	AUTO		0,39		0,39		0,39		0,39
390	MONTAJE MANUAL 14 PERNOS	MANUAL		0,48		0,45		0,45		0,45
400	ATORNILLADO AUT 16 PERNOS DE CIERRE	AUTO		0,5		0,5		0,54		0,54
410	MONTAJE BUJE P.LOCO Y P.FIJO STA	MANUAL		0,3		0,3		0,34		0,34
420	CLAVADO CUPLA DE STA.	PRE-53		0,51		0,51		0,46		0,46