



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Reporte de actividades profesionales
"Procesos de Producción para partes automotrices"

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

GERMÁN ESPINOSA MARÍN

ASESOR:
DR. ADRIÁN ESPINOSA BAUTISTA



MÉXICO, D.F.

FEBRERO 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por cuidarme a mí y a los que me rodean, y darme la oportunidad de cumplir otro de mis objetivos.

A la **UNAM** por darme una formación y por darme los motivos suficientes para sentirme enormemente orgulloso de ella.

A mi asesor el Dr. Adrián Espinosa Bautista por guiarme en la realización de este trabajo y en todo lo relacionado al proceso de titulación.

A mis Papás Germán y Ma. Teresa. Éste es un agradecimiento especial y muy grande. Por todo lo que me han dado, su ayuda, sus consejos y su cariño. A ustedes les dedico este logro más en mi vida.

A mis hermanas Mónica y Norma, por siempre brindarme muestras de cariño, apoyo y comprensión.

A Myriam por su empuje y su apoyo incondicional. Gracias por esforzarte día a día para darme cuenta de que siempre puedo ser una mejor persona.

A Mala y Raúl. Por siempre acordarse de mí y ofrecerme su ayuda sin esperar nada a cambio.

Introducción:

El presente reporte tiene como objetivo hacer un recuento de las actividades que realicé dentro de una empresa metalmecánica en el ramo automotriz, en donde estuve trabajando por un periodo de 2 años.

En las actividades realizadas durante este periodo de tiempo, pude poner en práctica todo lo aprendido en esta facultad, las cuales se describirán en su momento.

La empresa está ubicada en México D.F. Es una trasnacional con capital Chino, cuyo corporativo se encuentra en Michigan, E.U.A.

Esta empresa se ha dedicado desde hace más de 10 años a la fabricación de partes automotrices. Dichas partes son:

- *Dampers* (i.e. Poleas antivibración)
- Flechas balanceadoras
- *Knuckles* para dirección
- Yugos.

Actualmente cuenta con 11 líneas de producción para la fabricación de yugos y *knuckles*.

Dentro de su nómina se tienen a más de 150 empleados sindicalizados y aproximadamente 45 empleados de confianza.

Sus clientes principales son American Axle quien le distribuye a General Motors, TRW quien le distribuye a Chrysler y directamente con Ford. También ha trabajado para empresas como Cummins y Nissan.

La empresa está dividida en las siguientes áreas: Dirección General, Finanzas, Compras, Tráfico, Ingeniería, Calidad, Producción, Materiales y Mantenimiento. Yo tuve la oportunidad de estar dentro del área de Ingeniería como Ingeniero de Procesos.

El proceso de 3 líneas de producción era mi responsabilidad. Reportaba directamente al Gerente de Ingeniería.

Este reporte está dividido en 4 capítulos.

En el capítulo 1, se explicará de manera general que es un Yugo, su aplicación y ubicación en el tren motriz.

En el capítulo 2, se describirán las actividades realizadas en una línea de producción.

En el capítulo 3, se describirán las actividades realizadas para el lanzamiento de una línea de producción.

En el capítulo 4 se dará una breve conclusión a este reporte.

ÍNDICE:

	Página
Portada	i
Agradecimientos	ii
Introducción	iii
Índice	iv
CAPÍTULO 1 – DESCRIPCIÓN DE LA PARTE AUTOMOTRIZ.	1
1.1 ¿Que es un Yugo?	1
1.2 Definiciones	2
1.3 Partes que lo forman	4
CAPÍTULO 2 – LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL 4015	6
2.1 Diferencias	6
2.2 Proceso	7
2.2.1 Maquinaria.	8
2.2.2 <i>Layout</i>	10
2.2.3 Responsabilidades	11
2.2.3.1 Control del Costo por pieza	11
2.2.3.2 Control de <i>Scrap</i>	11
2.2.3.3 Problemas y soluciones	13
2.2.3.4 Programas de mejora continua	20
2.3 Conclusión	22
CAPÍTULO 3 – LANZAMIENTO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN (8.6 <i>ENHANCED</i>)	23
3.1 Diseño de proceso	23
3.2 Cotizaciones	27
3.2.1 Maquinaria	27
3.2.2 Herramentales	27
3.2.3 <i>Gages</i>	42
3.3 Distribución de línea	45
3.3.1 Manejo de materiales	48
3.3.2 Seguridad y Ergonomía	50
3.3.3 Mesas de Inspección	51
3.3.4 Aprobación de maquinaria	51
3.3.5 <i>Setup</i> de maquinaria	53
3.3.6 Documentación	58
3.3.7 Disciplina organizacional	64
3.4 Conclusión	64
CAPÍTULO 4 – CONCLUSIONES FINALES	65

CAPÍTULO 1 – DESCRIPCIÓN DE LA PARTE AUTOMOTRIZ.

Previo a conocer mis actividades profesionales, es necesario definir y describir qué es, para qué sirve y cómo está compuesta esta parte automotriz llamada Yugo o en inglés *Pinion Flange*.

1.1 ¿Que es un Yugo?

El yugo es una parte componente de la junta universal que da alojamiento a los rodamientos de la cruceta, y acopla la junta universal a los otros elementos de la transmisión.

Tipos de yugo:

- Yugo de Bola: es el componente de la junta universal que se une por medio de soldadura al tubo.
- Yugo Brida: Es el componente de la junta universal que se acopla a otra brida por medio de tornillos.
- Yugo deslizante: Es el componente (tipo hembra) de la junta universal deslizante que en combinación con una espiga, permite el movimiento axial en una flecha cardan.
- Yugo Espiga: Es el componente (tipo macho) de la junta universal deslizante que permite el movimiento axial y es una barra estriada que se desliza dentro de un yugo deslizante.
- **Yugo final: Es el conjunto de unión, que se utiliza entre las flechas cardan de un sistema serie; se sujeta a la espiga con una tuerca.**

Este último, es el yugo que se estará utilizando en este reporte (Foto 1).



Foto 1: Yugo ensamblado.

1.2 Definiciones:

Junta universal: Es una articulación que permite variaciones de ángulo formado por los ejes longitudinales (i.e. flecha cardan) de los elementos que une, puede ser fijo o deslizante. La otra parte de la junta, además del yugo, es la cruceta.

Flecha cardan: Mecanismo del tren motriz que transmite movimiento rotatorio y par torsional de una fuente emisora (motor) a una terminal receptora (diferencial) (Foto 2).



Foto 2: Parte inferior trasera de un vehículo

Cruceta: Parte componente, en forma de cruz con rodamientos en sus extremos. Se une a la flecha cardan (Foto 3).



Foto 3: Cruceta ensamblada a flecha cardan

Entonces, este yugo en un extremo, o sea en la nariz, va insertado en el diferencial. Exactamente en la flecha piñón, la cual es estriada y se asegura al mismo con una tuerca que asienta en la superficie maquinada (*washer face*) del yugo (Ilustración 1).

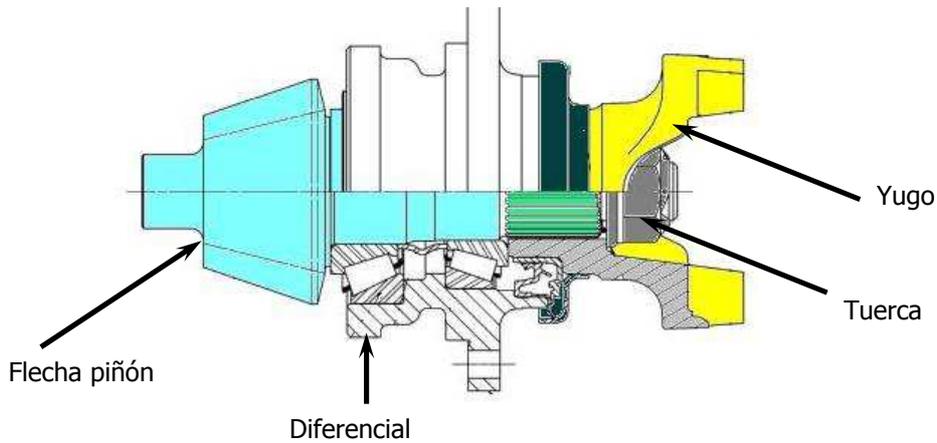


Ilustración 1: Ensamble de yugo con flecha piñón

Del otro extremo se conecta a la cruceta. En donde ésta descansa en las medias lunas del Yugo y sujeta a su vez por unas abrazaderas atornilladas (Foto 4).

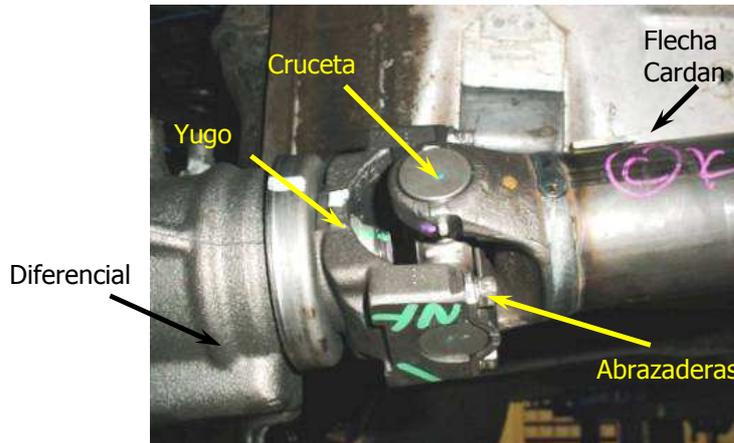


Foto 4: Ensamble completo

Washer face: Superficie maquinada en la parte interna del yugo, en donde descansa una arandela (washer en inglés). Esta superficie es donde se apoya la sujeción del yugo con el resto del diferencial (Foto 5).

Tabmill: Planos paralelos, ubicados en las medias lunas, en donde descansa parte de la cruceta. Su característica principal es la tolerancia tan cerrada que tiene la distancia entre ellos (38 micras). Su nombre es una combinación de palabras en ingles (Foto 5).



Foto 5: Ubicación de *Washer face* y *tabmill*

1.3 Partes que lo forman:

El yugo se forma básicamente de 3 partes:

- Pieza principal (Foto 6).
- Deflector (Foto 7).
- Manga (Foto 8).

La pieza principal tiene las siguientes características:

- Fabricada de fundición de hierro nodular. Presenta una dureza de 241 – 285 BHN.
- El proceso para maquetarla consta de nueve operaciones.
- Tiene un peso aproximado de 950 g.



Foto 6: Pieza principal maquinada

El deflector es una pieza metálica hecha de acero 1010, calibre 13. Se fabrica por medio de una prensa de troquelado. Su función es proteger al sello de golpes y cubrirlo del polvo.



Foto 7: Deflector

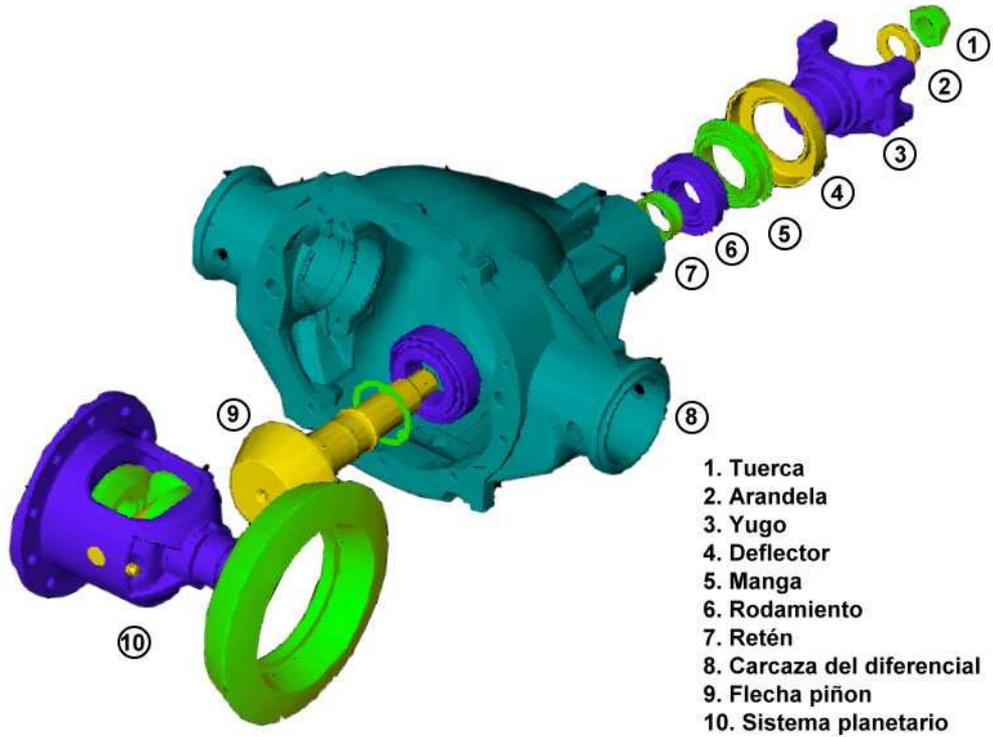
La manga o sello es la pieza que está en contacto con el diferencial, y evita que el aceite se derrame. Es por esto que está fabricada de metal y hule y recubierta de una grasa especial.



Foto 8: Manga

En resumen, el yugo o *Pinion Flange*, sirve para unir a la flecha motriz o Cardan con la flecha piñón del diferencial.

La siguiente ilustración muestra un ensamble en explosión:



Es importante hacer mención que por motivos de confidencialidad, en este reporte, no incluiré ningún plano o dibujo oficial de las partes que conforman a esta pieza. En donde aplique, únicamente estaré mostrando esquemas que ilustren la idea que se esté describiendo.

CAPÍTULO 2 – LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL 4015

En el presente capítulo describiré de manera detallada las actividades que realicé durante mi estancia en esta empresa, mis responsabilidades y cómo pude aplicar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería.

2.1 Diferencias.

Durante dos años en la empresa, tuve a mi cargo dos líneas de producción, más una que se diseñó y se lanzó desde su nacimiento.

Estas líneas se conocían como:

- Piñón 9.5 o 4015 (N.P. 26064015)
- Piñón 8.2
- Piñón 8.6 *Enhaced* (N.P. 40048175)

Donde obtuve más experiencia fue en la primera y en la última línea, debido a que en la segunda, se me otorgó un mes antes de mi salida de la empresa. Entonces, este reporte se referirá únicamente al piñón 9.5 y 8.6E

Estos dos piñones son productos hermanos. Es decir, tienen la misma pieza maquinada y la misma manga. En lo único que se diferencian, es en el deflector. El deflector del *Enhanced* es más grande en diámetro (Ilustración 2).

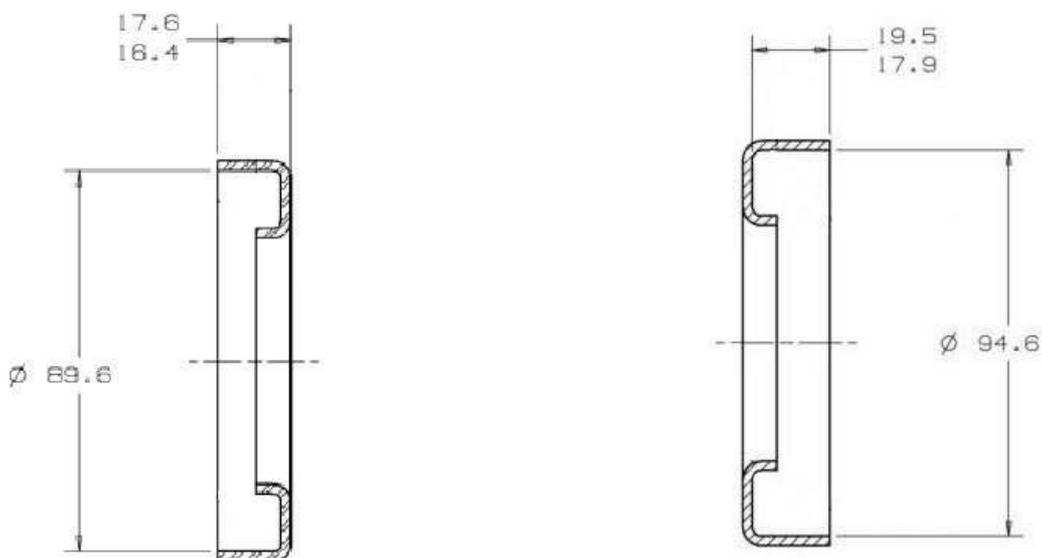


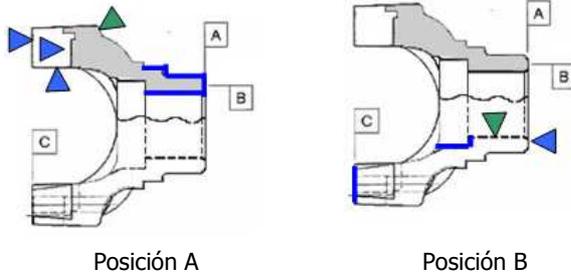
Ilustración 2: Deflector del 4015

Deflector del 8.6E

2.2 Proceso

Cuando llegué a la empresa, esta línea ya estaba establecida en cuanto al proceso. El cual consta de las siguientes operaciones, partiendo de la pieza fundida:

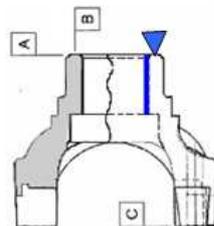
- Operación 10: Desbaste de diámetros exteriores de nariz, semi acabado de diámetro interior (Posición A). Acabado de *Washer Face* y altura total (Posición B):



- Operación 20: Maquinado de planos de prebalanceo:



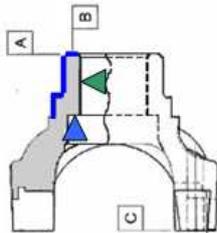
- Operación 30: Brochado:



Simbología:

- ▲ Punto de referencia
- ▲ Punto de sujeción

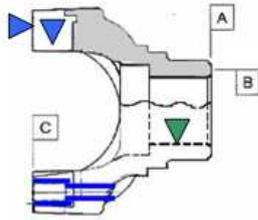
- Operación 40: Acabado de diámetros exteriores:



- Operación 50/60: Rectificado de medias lunas / *Tabmill* :



- Operación 70: Barrenado y machueleado:



- Operación 80: Ensamble de deflector
- Operación 90: Ensamble de manga.

2.2.1 Maquinaria

Para realizar las operaciones anteriores, la línea está formada por las siguientes máquinas:

Operación 10: *Chuckers*, cantidad: 2

Ésta es una máquina multihusillos (8), en la que se tienen montados cuatro *chucks*¹ de mordazas para la posición A y otros cuatro *chucks* de *collet* para la posición B (Foto 9).



Foto 9: *Chucker* marca New Britain.

Operación 20: Fresadora Cincinnati, cantidad: 1

Fresadora convencional para maquinar planos de prebalanceo, con doble husillo. Dos piezas por ciclo (Foto 10).



Foto 10: Fresadora convencional, marca Cincinnati Milacron. .

¹ Dispositivo de sujeción usado en herramientas rotativas o materiales.

Operación 30: Brochadora, cantidad: 1

Máquina en fosa, con capacidad para brochar dos piezas por ciclo (Foto 11).



Foto 11: Brochador en fosa, marca Colonial.

Operación 40: Torno CNC, cantidad: 2

Torno de doble husillo y cabezal (Foto 12).



Foto 12: Torno CNC, marca Oloffson.

Operación 50/60: Rectificadora marca Magerle, cantidad: 2

Máquina para rectificado tipo *Creep Feed*^{II}, y en la parte frontal, fresadora para *Tabmill*.

(Sin foto)

Operación 70: Taladros, cantidad: 2

Fabricación especial, para hacer dos tipos de barrenos y machueleado.

(Sin foto)

Operación 80: Ensambladora.

Presna para ensamble de deflector con dispositivo para pintado de marcas laterales (Foto 13).

^{II} Rectificado con corte profundo y con una geometría definida. Se describirá más adelante en la Pág. 21

2.2.3 Responsabilidades.

Además de controlar el proceso de producción, me tenía que hacer cargo de las siguientes actividades:

- Control del Costo por pieza por medio del herramental
- Control de *Scrap* (i.e. piezas no conformes)
- Programas de mejora continua

2.2.3.1 Control del Costo por pieza:

El Costo por pieza o CPU (i.e. *Cost Per Unit*) es uno de los métricos más importantes en esta empresa. Indica cuál es el costo por pieza basado en el consumo mensual de herramientas.

Se calcula con la información que generan los departamentos de producción y de materiales. Es decir, se necesita saber cuál fue la producción mensual, así como el consumo de herramental.

Objetivos:

- a) Medir objetivos establecidos a principios del año fiscal.
- b) Facilitar la toma de decisiones, con base a qué línea hay que enfocar esfuerzos.
- c) Permite la valuación de inventario en almacén de herramientas.
- d) Controlar la eficiencia de la operación.
- e) Formular planes factibles de concretarse y verificar posteriormente si se cumplieron.

La forma de controlar el CPU, era haciendo el proceso más eficiente. Mejorando las herramientas, trabajando con los proveedores para recibir propuestas de herramientas más baratas.

Estar pendientes de que las máquinas conservaran las condiciones de corte con las que fueron programadas, verificando que trabajaran bien y de lo contrario dar aviso al departamento de Mantenimiento.

Debido a que este cálculo se hace con la cantidad de piezas totales producidas, incluyendo el *scrap*, éste había de ser controlado.

2.2.3.2 Control de *Scrap*:

El *scrap* son todas las piezas que no cumplen con las especificaciones que pide el cliente.

Este se puede generar por:

- a) Materia prima defectuosa
- b) Mal maquinado

Materia prima defectuosa:

El 85% de la materia prima en esta empresa es fundición. Para este caso, los defectos pueden ser por piezas fuera de especificación (dimensional y/o dureza) o piezas con porosidad.

Con respecto a estas piezas, dimensionalmente es difícil que se le regrese una pieza al cliente, debido a que las tolerancias en el dibujo son muy amplias.

Y con respecto a los poros, únicamente se pueden detectar piezas fuera de especificación, una vez que son maquinadas. Es por esto, que se le hace el cargo directamente al cliente, habiendo considerado el gasto de la empresa por herramientas y mano de obra.

Mal maquinado:

Aspecto de responsabilidad al 100% del departamento de ingeniería, en este caso mía.

Se tiene que considerar el hecho de que estas líneas, no se implementaron desde cero en la planta de México. Son líneas que ya tenían años trabajando en la planta original en Estados Unidos y por lo mismo, las máquinas ya eran viejas, con muchas horas de uso.

Por esta razón, se tenían muchos problemas de *scrap*, aunado al hecho de que la fundición no era la más adecuada.

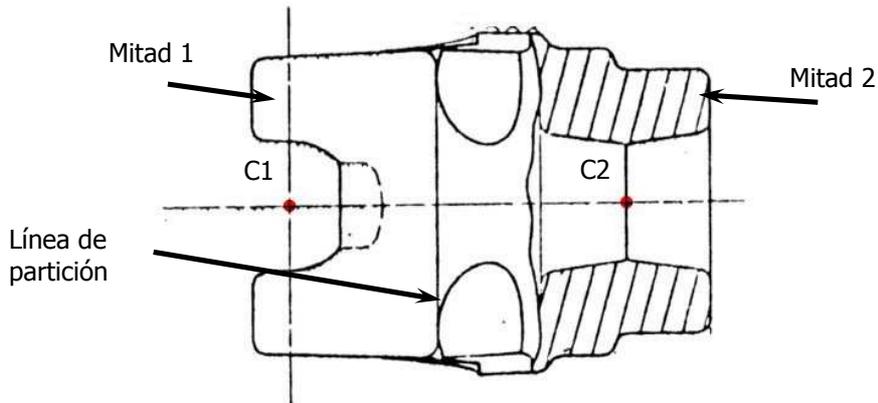
La razón de esto, es por como ya lo mencioné anteriormente, las tolerancias en el dibujo son muy amplias. Por lo general de ± 0.8 mm.

Además, la forma en que se produce esta pieza es la siguiente:

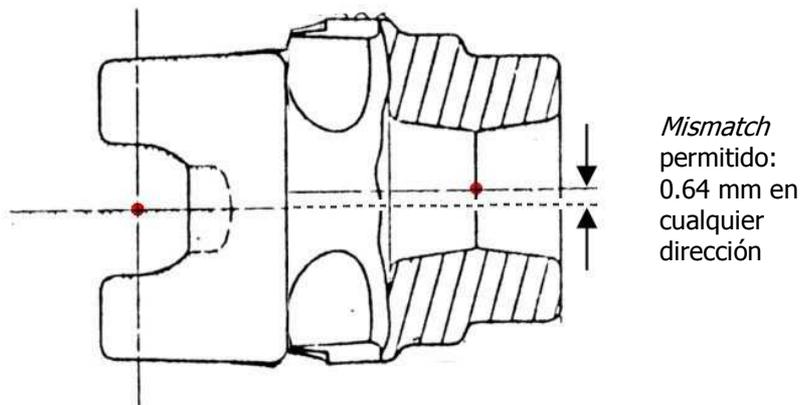
En la fundidora se tienen varios moldes, los cuales tienen 16 cavidades cada uno. Los moldes son metálicos, formados por dos mitades. Estas mitades al momento de hacer el vaciado, se juntan y el metal entra fundido. Similar al proceso de inyección de plásticos.

Debido a que cada cavidad es diferente, y al tipo de molde, en todas las coladas se presenta un efecto llamado "*Mismatch*". Que es un cruzamiento de la pieza (Dibujo 1).

Es decir, el centro de la mitad 1 (C1) está desalineado con respecto al centro de la mitad 2 (C2). Este deslizamiento se puede presentar en cualquier dirección. En la siguiente figura se explica.



Dibujo 1: Los centros están alineados, no se presenta *Mismatch* en este sentido.



Dibujo 1: Los centros están desalineados, hay *Mismatch* en este sentido.

2.2.3.3 Problemas y soluciones.

Este cruzamiento de pieza, genera muchos problemas en la línea (entre ellos un alto número de piezas de *scrap*) los cuales se veían reflejados desde la operación 10 y hasta la operación 70. Básicamente estos fueron los problemas, con su respectiva solución:

Operación 10:

Máquina: *Chuckers*.

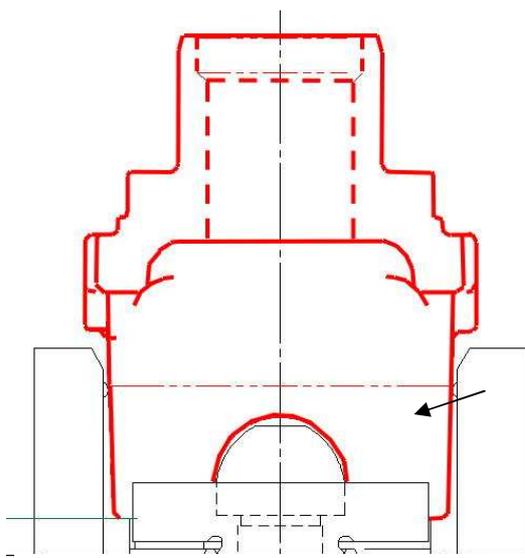
Método de sujeción: *Chucks* con mordazas y *collets*.

Problema: Piezas mal centradas. Afecta en ops. 20, 50, 60, 70.

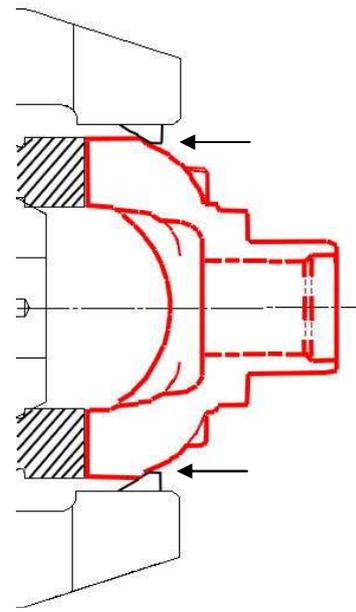
Descripción: Las piezas al ser sujetadas (también conocido como "clampeadas") en los *chucks*, la nariz cabecea demasiado, provocando que el diámetro interior (semiacabado) esté desplazado con respecto a la posición verdadera de las medias lunas.

Causa del problema:

- 1- Las referencias de los *chucks*, no hacían contacto con las medias lunas (Dibujo 2).
- 2- Las garras de las mordazas, hacían contacto exactamente en la línea de partición de la pieza, provocando junto con el punto anterior, que la pieza se sujetara chueca (Dibujo 3).
- 3- Los *stops*^{III} del *chuck*, estaban rectificadas a diferentes alturas.



Dibujo 2: La flecha indica las referencias que no tocan las medias lunas



Dibujo 3: Las flechas indican las garras sujetando en la línea de partición

Solución:

- 1- Por medio de AutoCAD, usando el dibujo de fundición de la pieza, diseñé unas nuevas referencias, considerando la condición máxima de material en la pieza. Las mandé fabricar y posterior a esto, se colocaron en su posición. Además, pensé utilizar un sistema de muelleo por medio de resortes, para que la referencia pudiera absorber la diferencia que la pieza trajera desde fundición. De esta forma, si la media luna venía grande o chica, el resorte hacía que la referencia siempre tocara la media luna. Pero implicaba hacer una modificación mayor al *chuck*, por lo que no me lo aprobaron.

^{III} Superficies metálicas colocadas en la base de los *chucks*, en donde la pieza se apoya. Se muestran en el Dibujo 3, en la parte sombreada.

- 2- De igual forma diseñé nuevas garras, para que no tocara la línea de partición, y tocara la superficie adyacente.
- 3- Mandé maquinar *stops* a la misma medida y reemplacé los anteriores.

Operación 20:

Máquina: Fresadora Cincinnati.

Método de sujeción: Dispositivo de dos piezas, con postes de colocación.

Problema: Maquinado disperejo en las patas. Afecta en operaciones 50 y 60.

Descripción: Este dispositivo funciona al colocar las piezas en unos postes - que sirven únicamente como guías - tomando como referencia la cara "A" (Dibujo 4). Posteriormente al iniciar el ciclo, un *swing clamp*^{IV} baja en cada pieza, sujetando por medio de unos cilindros colocados en las medias lunas (Foto 14).

Causa del problema:

- 1- Postes de colocación: Los diámetros de estos postes estaban diseñados 10 micras (0.010mm) por debajo de la medida mínima del diámetro interior de la pieza a maquinar. Entonces, si la pieza presentaba el diámetro interior al máximo, la diferencia de medidas era grande y la pieza se movía, generando que el maquinado fuera diferente en cada pata (4).
- 2- Desalineamiento del dispositivo de sujeción: Se determinó que el dispositivo de sujeción se movía en su base. Esto no era un efecto inmediato. El movimiento se iba presentando poco a poco conforme la máquina se usaba.

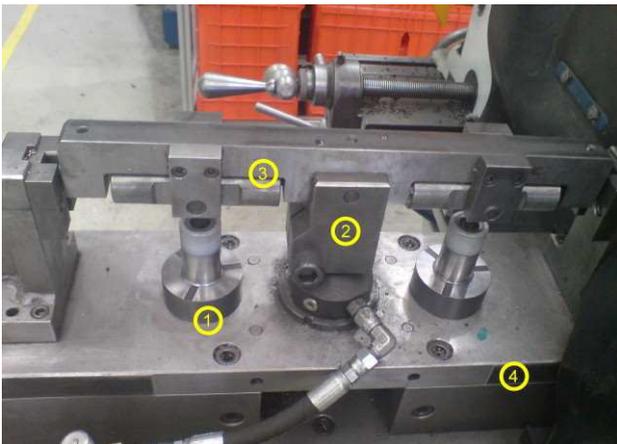
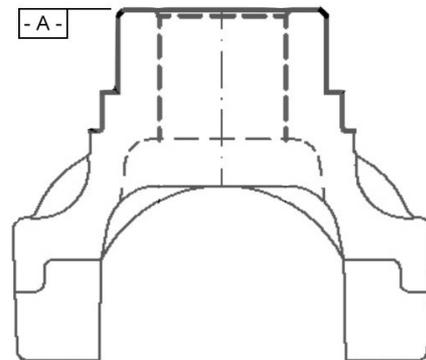


Foto 14: Dispositivo de sujeción, Op. 20

- 1- Postes de colocación (2).
- 2- *Swing Clamp*.
- 3- Referencias para medias lunas (2).
- 4- Base.

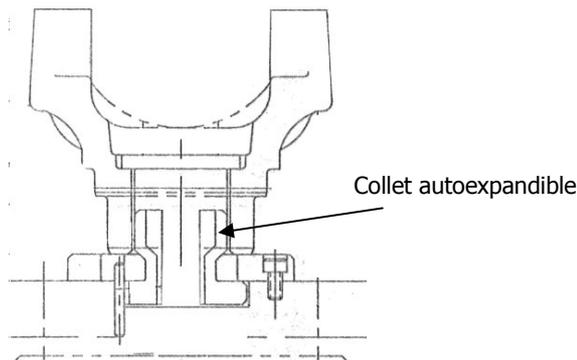


Dibujo 4: Ubicación de la cara "A".

Solución:

- 1- Diseñé nuevos postes. Utilizando AutoCAD, respeté las alturas y los diámetros en los postes. Después, coloqué unos *collets* autoexpandibles para que la pieza se colocara sin moverse independientemente de qué tamaño tuviera el diámetro interior (Dibujo 5).

^{IV} *Swing clamp*: Dispositivo hidráulico para sujeción. Funciona por medio de un brazo que tiene la capacidad de girar y subir o bajar. Para sujetar una pieza, el brazo gira sobre ésta y baja aplicándole una fuerza determinada. Para su liberación, el brazo sube y vuelve a girar dejando la pieza libre para retirarla del dispositivo.



Dibujo 5: Collet autoexpandible

- 2- Pedí que se bajara el dispositivo de sujeción, porque se me ocurrió maquinar un plano en una de las caras de la base para que, sobre de ese plano, se pudiera colocar un palpador de carátula y poder revisar su alineamiento. Posterior a esto, solicité que se maquinaran unos barrenos para colocar dos pernos de localización, así la base ya no se movería y siempre se colocaría en la misma posición.

También tuve la idea, de cambiar la forma de maquinar esta pieza. Es decir, girarla 180° de tal forma que la referencia ya no fuera la cara "A" de la nariz, si no el *washer face*. Dado el hecho de que la referencia para la Op. 30 era el *Washer face*. Pero ya no se pudo concretar, debido a que se necesitaba un cambio mayor en la sujeción, además de un costo mucho más elevado para realizar dicho cambio.

Con estos cambios que propuse en las Operaciones 10 y 20, el *scrap* tuvo una reducción del 15% en el transcurso de 3 meses.

Operación 30:

Máquina: Brochadora Detroit.

Método de sujeción: Torretas de apoyo.

Problema: Perpendicularidad del *spline* (i.e. estriado) con respecto a la cara "A" fuera de especificación. Afecta en op. 40, 50, 60

Descripción: En ocasiones el *washer face* no viene perpendicular desde la operación 10. Esto es ocasionado porque el *chuck* de *collet*, está desalineado.

Con esto se provoca que las brochas, las cuales se autocentran con el diámetro interior, maquinen el estriado fuera de especificación.

Solución: Los *chucks* de *collet*, tienen en su parte posterior una placa con varios tornillos opresores. Estos están colocados a 0°, 90°, 180° y 270° para que se pudiera nivelar cada placa y al referenciar con la cara "A", el maquinado del *washer face* fuera perpendicular.

Operación 40:

Máquina: Torno vertical CNC

Método de sujeción: *Chucks* de *collet*.

Problema: Al corregirse los problemas de las op. 10 y 30, esta operación no presenta problemas.

Operación 50/60:

Máquina: Rectificadora tipo *Creep Feed* / *Tabmill*.

Método de sujeción: Dispositivos por medio de *collet*.

Problema: Falta de material en el maquinado y/o maquinado desalineado.

Descripción: En los dispositivos de sujeción, la pieza es sujeta por medio de un *collet* en el *spline*. Pero se referencia en una de las caras maquinadas de la Op. 20 (Fotos 15 y 16).

Entonces, si el maquinado de la op. 20 está fuera de especificación o si el perno que hace contacto con esta cara está mal colocado, ambas cosas provocarán que tengamos un rectificado fuera de especificación. Esto para la op. 50.

Para la op. 60, el que la pieza esté desalineada, puede provocar que los planos maquinados no estén paralelos, y con esto que la distancia entre ellos varíe.

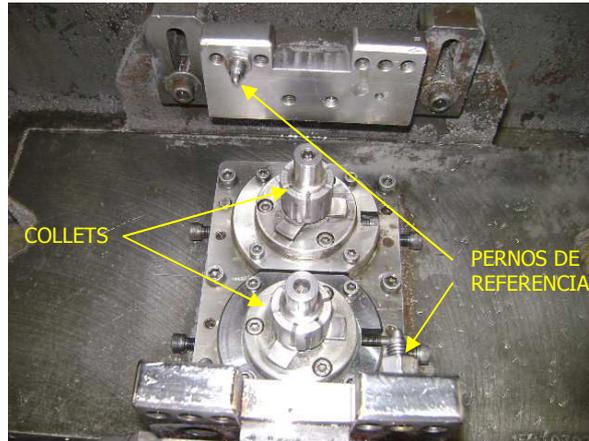


Foto 15: Dispositivo de sujeción, Op. 50/60



Foto 16: Dispositivo de sujeción, Op. 50/60 con piezas. Amabas tocando el perno de referencia.

Solución:

- 1- Verificación de las distancias correctas para los pernos de referencia ya que con esto se logró un maquinado correcto. Después se instruyó al operador y se hicieron ayudas visuales.
- 2- Generación de instructivos para el correcto montaje y desmontaje de dichos dispositivos para cuando se les daba su mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- 3- Procedimiento para verificar alineación de mesa de indexado.

Operación 70:

Máquina: Taladro.

Método de sujeción: *Collet* y *clamps* en carro deslizante.

Problema: Falta de barrenos, barrenos incompletos, falta de cuerdas.

Descripción: Este es un taladro horizontal de 3 estaciones. El operador coloca dos piezas en el carro, las sujeta; éste se mueve hacia la izquierda en donde se hacen los barrenos de caja (i.e. *C' bore*), después se mueve hacia la derecha, en donde se hacen los barrenos pasados, y finalmente regresa a la estación central en donde se hacen las cuerdas (Fotos 17 y 18).

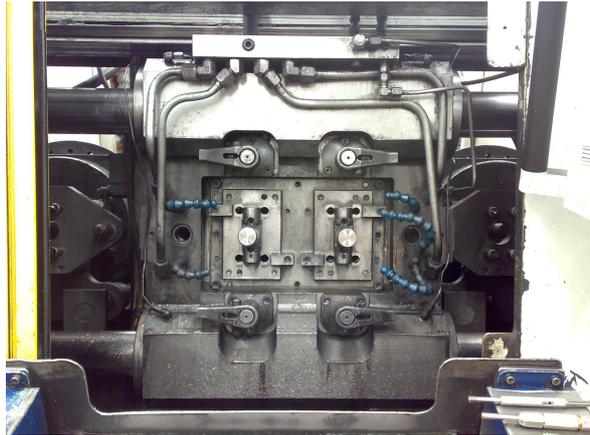


Foto 17: *Shuttle* para colocación de piezas.



Foto 18: Vista trasera de las 3 estaciones. De izquierda a derecha: Barreno pasado, machueado, barreno de caja.

Soluciones:

Para los barrenos:

- 1- Instalé juego de sensores de herramienta rota.
- 2- Busqué asistencia técnica del proveedor de herramientas, para establecer los parámetros correctos de corte.
- 3- Mejoré el sistema de refrigeración.

Para los machuelos:

- 1- Instalé juego de sensores de herramienta rota.
- 2- Busqué asistencia técnica del proveedor de herramientas, para establecer los parámetros correctos de corte.
- 3- Mejoré el sistema de refrigeración.
- 4- Instalé sensores de presencia y calidad de cuerda, en la operación siguiente.

Sensores de herramienta rota:

Necesitaba hacer que el proceso fuera lo suficiente robusto, como para asegurar piezas con cero errores. Entonces pensé en una herramienta de este tipo. Esta clase de dispositivos son diseñados para detener la máquina inmediatamente y evitar que piezas malas lleguen al cliente.

Funcionan de la siguiente manera:

El sistema cuenta con un *switch* rotatorio, el cual tiene una punta o "bandera". Una vez que la posición de censo es determinada, cada vez que la máquina inicia su ciclo, el sensor se moverá a esa posición, y determinará si hay herramienta presente y le dará un OK para continuar.

Si la herramienta está rota, el sensor se moverá más allá de la posición de censo, entonces le mandará un NO OK al sistema y éste automáticamente se apagará (Foto 19).

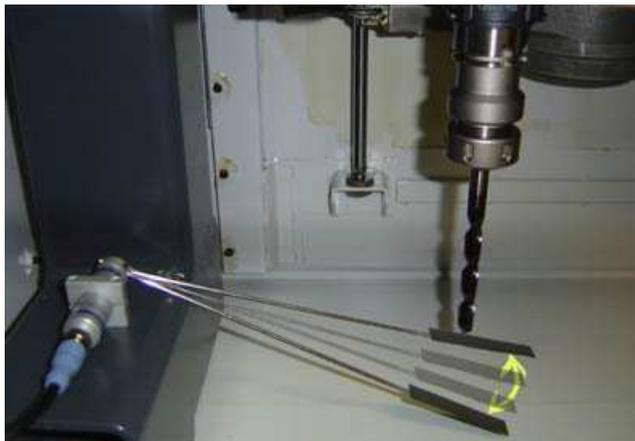
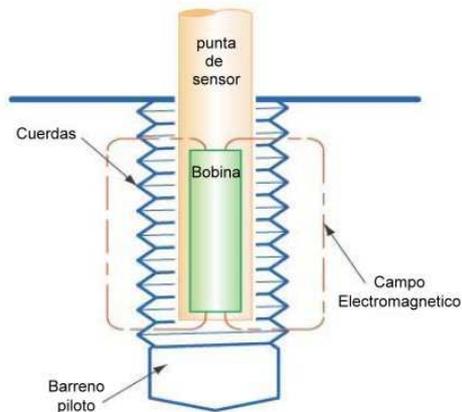


Foto 19: Ejemplo de sensor de herramienta rota.

Sensores de presencia y calidad de cuerda:

Esta clase de equipo, funciona utilizando corrientes Eddy. Es decir, una bobina de alambre, excitada con una corriente AC, induce estas corrientes en el material. Estas corrientes Eddy reflejan información de vuelta a la bobina las cuales representan la conductividad del material.

Al medir esta conductividad permite obtener información de la geometría, química, dureza y temperatura del material, entre otras cosas. El sistema tiene que aprender, cual es una pieza buena y una mala, para poder generar curvas comparativas. Cuando el sistema está en operación, si algo se sale de los límites que se establecieron en las curvas, aparecerá una alarma la cual indica que se ha encontrado una pieza fuera de especificación (Esquema 2).



Esquema 2: Funcionamiento de sensor de presencia de cuerdas.

Para este caso, instalé 4 sensores en la prensa de ensamble de deflector. Funcionan cuando la prensa baja para ensamblar el deflector. Estos entran en los barrenos con cuerdas, y censan que estén las cuerdas y que además tengan buena calidad.

Cuenta con una interfase conectada directamente al PLC, en caso de que encuentre una cuerda fuera de especificación o una ausencia de la misma, la interfase se alarma, y la prensa no puede funcionar hasta que un supervisor llegue a habilitarla nuevamente (Foto 20).



Foto 20: Sistema de verificación de cuerdas, Op. 80.

Para ambas herramientas mi participación fue en este orden:

- Búsqueda de proveedores que tuvieran cada producto en específico.
- Establecer contacto. Explicación de problemática, visitas técnicas a planta.
- Comparación de cotizaciones así como las ventajas y desventajas de cada proveedor.
- Negociaciones en precios y tiempos de entrega.
- Realización de requisiciones de compra, y seguimiento de las órdenes de compra.
- Basado en los tiempos de entrega, convoqué una junta con todas las áreas involucradas, para que se supiera que es lo que se iba a realizar y que ventajas íbamos a tener.
- Coordinación para la instalación de dichos dispositivos.
- Realización de presentaciones para que el cliente supiera lo que estábamos haciendo, para asegurar sus piezas.

2.2.3.4 Programas de Mejora continua:

Esta clase de programas están enfocados básicamente a hacer que el producto se fabricara gastando menos dinero.

Cada responsable de línea, mencionaba ideas con las que se podía lograr esto. Se analizaban y al final las mejores propuestas se presentaban ante la Gerencia de Planta y se plasmaban en los objetivos anuales.

Para la línea del 4015 mis propuestas a realizar fueron:

- a) Reafilado de brochas con proveedor local.
- b) Mejora de especificación en piedras de rectificado.

Decidí trabajar sobre estos dos rubros, debido a que estas herramientas representan el mayor porcentaje de gastos de herramental en la línea.

Reafilado de brochas:

Las brochas de la Op. 30, son fabricadas con un proveedor que se encuentra en el Estado de San Luis Potosí, México (foto 21).

Estas brochas son reusables. Es decir, después de cierto número de piezas, se afilan para volverlas a colocar en la brochadora. Este proceso se puede hacer máximo 20 veces, para que la geometría del diente no se vea afectada. Para realizar esto, se incurrían en gastos de servicio, más flete.

La idea fue encontrar un proveedor local que nos pudiera hacer el servicio más barato y además ahorrarnos el costo del flete.

El proceso fue el siguiente:

- Solicité cotizaciones a varios proveedores.
- Analice y seleccioné las mejores cotizaciones.
- Coordiné la realización de varias pruebas para verificar geometría de *spline*.
- Análisis en conjunto con departamento de calidad, para verificar dimensiones.
- Coordiné una corrida piloto para liberar partes (3000 piezas por brocha).
- Análisis final de datos.
- Aprobación de proveedor.

Con este proyecto se logró obtener:

- a) Mejor costo en el afilado.
- b) Mejor tiempo de entrega.
- c) Mejor calidad de afilado.
- d) Mejor rendimiento de la herramienta.

Con todos estos factores, se presentó un ahorro del 23% y un 62.50% de ahorro en el costo de herramienta en tránsito.

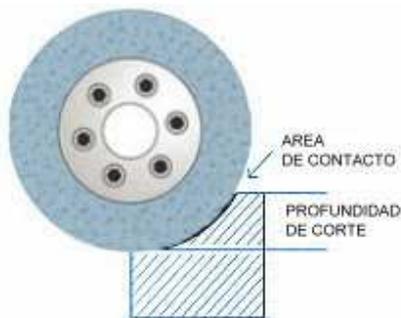


Foto 21: Brocha de 48" de longitud

Piedras de rectificado:

El proceso de rectificado utilizado es del tipo *Creep Feed*. Este proceso tiene las siguientes características:

- a) Profundidad de corte grande con un avance lento (Esquema 3).
- b) Es usado para remover una gran cantidad de material.
- c) La piedra obtiene el perfil de la parte que rectificará por medio de un diamante (i.e. aderezado) (Esquema 4).
- d) Es similar al fresado, debido a cómo se genera la viruta.
- e) Maneja tolerancias muy cerradas.
- f) Superficie libre de rebabas.
- g) Buen acabado superficial.



Esquema 3: Proceso de *Creep Feed*



Esquema 4: Aderezado de piedra, por diamante

Se utiliza un set de dos piedras especiales de 16" de diámetro, las cuales producen alrededor de 3,500 piezas.

El proveedor actual de estas piedras, nos propuso una nueva especificación, en las que mejoraría el aglomerante y cambiaría el tipo de grano.

Entonces de igual forma que con las brochas, realicé las siguientes actividades:

- a) Convoqué una junta con todo el personal, para que se enteraran de las pruebas a realizar, junto con los beneficios a adquirir.
- b) Requisición a proveedor, por 3 juegos de piedras.
- c) Realicé una prueba previa a maquinaria, para determinar:
 - Medición de carga de motor.
 - Revisión de parámetros de corte.
- d) Captura de datos y análisis de los datos obtenidos. Con base en estos datos, junto con el proveedor, se realizó un plan de prueba.
- e) Montaje de piedras, y cambio en parámetros de corte.
- f) Prueba de 6 días, o hasta que se terminara la vida útil de las piedras.
- g) Revisión de datos obtenidos.
- h) Integración de nuevo producto.

Con esta nueva herramienta y las modificaciones en las condiciones de corte, la producción mejoró en un 60%, es decir de producir las 3,500 piezas diarias, aumentó a 5,600 piezas.

2.3 Conclusión

En este capítulo, se describieron las actividades que realice durante mi toda mi estancia en esta compañía. Actividades que tuve que realizar para resolver los problemas que ya se venían acarreado y para mejorar la línea de producción.

Todo fue en beneficio propio, ya que pude aprender y entender el proceso y poder aplicar las experiencias aprendidas en la siguiente etapa de experiencia profesional, que es el lanzamiento de una nueva línea de producción, el cual se describe en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3 – LANZAMIENTO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN (8.6 *ENHANCED*)

En este capítulo, explicaré las actividades realizadas en lo que considero la segunda etapa dentro de esta empresa. Tuve la oportunidad de lanzar una nueva línea de producción, desde su nacimiento...proceso muy satisfactorio que representó un alto porcentaje de sacrificios.

La pieza a producir era igualmente un yugo. Se identificaba como 8.6 *Enhanced*. En el capítulo 2, expliqué la diferencia que tenía con el 4015, la cual era únicamente el deflector.

Dadas las cantidades pronosticadas de producción anual para este nuevo yugo, era imposible soportarlas con una sola línea de producción. Es decir, había que generar una completamente nueva.

El corporativo, realizó la cotización con base en los requerimientos del cliente. En cuanto fue aceptada por el cliente, pasó al departamento de Ingeniería en México y de ahí a mis manos.

En este lanzamiento realicé las siguientes actividades:

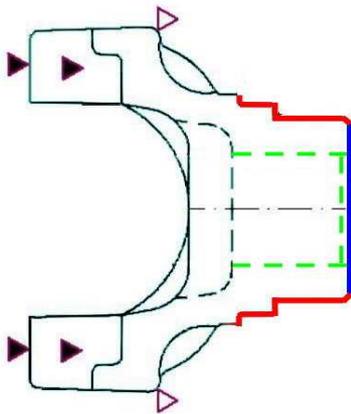
- Diseño del proceso.
- Solicitación de cotizaciones para maquinaria, herramental y *gages*, así como las compras de éstos.
- Diseño de *Layout*.
- Aprobación de maquinaria en planta del proveedor.
- Monitoreo de embarque de materiales.
- Recibo de maquinaria y colocación en piso de acuerdo a *Layout*.
- Arranque de maquinaria y puesta a punto.
- Realización de documentación necesaria (Hojas de proceso, Diagrama de flujo, Plan de control, AMEF, Ayudas visuales, instructivos, etc.)
- *Conveyors* para manejo de materiales.
- Aplicación en línea de disciplinas organizacionales (7 S's)
- Coordinación con todas las áreas de la empresa.

3.1 Diseño del proceso:

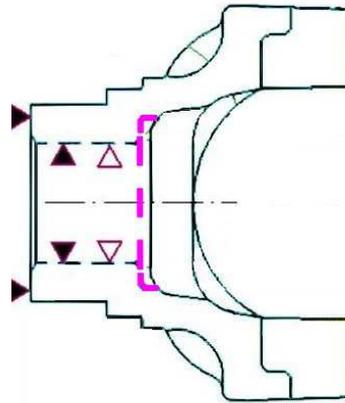
De acuerdo al dibujo proporcionado por el cliente, más la experiencia obtenida con otros piñones semejantes diseñé el siguiente proceso:

- Op. 10: Desbastes, posiciones A y B.
- Op. 20: Fresado.
- Op. 25: Fresado CNC.
- Op. 28: Torneado CNC.
- Op. 30: Brochado.
- Op. 50: Rectificado.
- Op. 60: Fresado.
- Op. 70: Barrenado y machueleado.
- Op. 80/90: Ensamble.

Operación 10: Torneado. Desbastes.

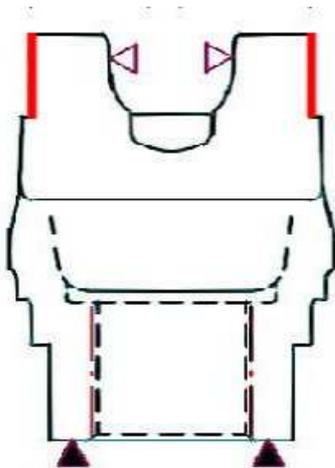


POSICIÓN A:
 Desbaste de diámetros exteriores (rojo)
 Desbaste de cara A (azul)
 Desbaste de diámetro interior (verde)



POSICIÓN B:
 Desbaste de altura de patas (amarillo)
 Desbaste de Washer face (rosa)

Operación 20: Fresado. Desbaste.

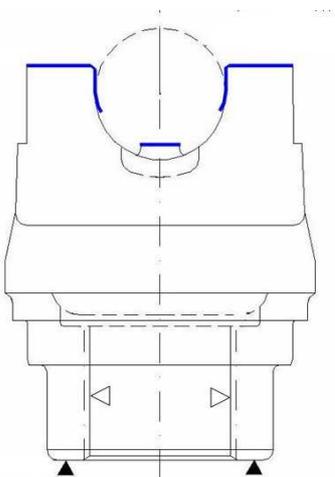


Maquinado de planos de prebalanceo (rojo)

Simbología:

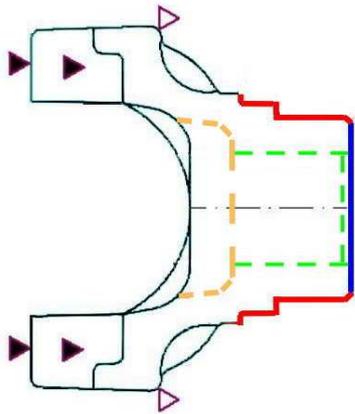
- ▲ Punto de referencia
- △ Punto de sujeción

Operación 25: Fresado CNC. Desbaste.



Desbaste de medias lunas y patas (azul)

Operación 28: Torneado CNC. Acabado.



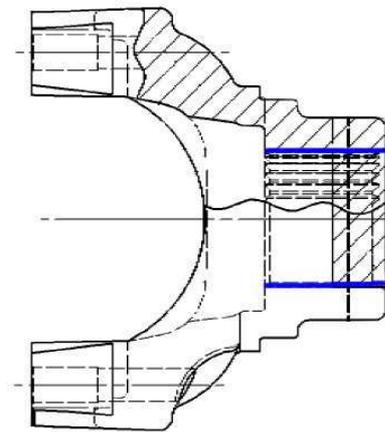
Acabado de diámetros exteriores de nariz (rojo)

Acabado de diámetro interior (verde)

Acabado de cara "A" (azul)

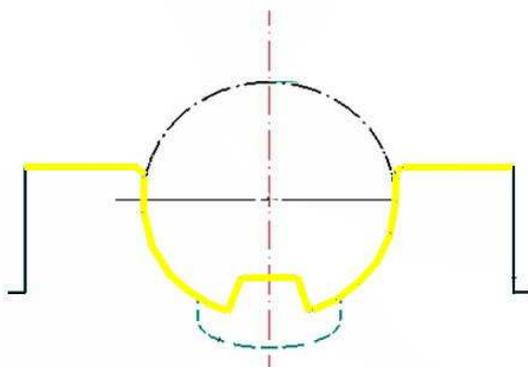
Acabado de *Washer face* (naranja)

Operación 30: Brochado



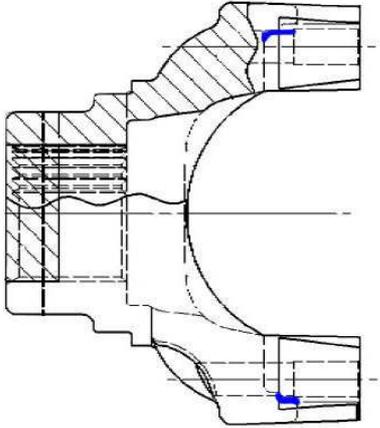
Maquinado de estriado por medio de brochas (azul)

Operación 50: Rectificado.



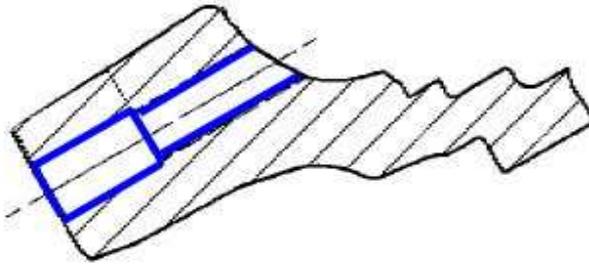
Rectificado de medias lunas y patas (amarillo)

Operación 60: Fresado.



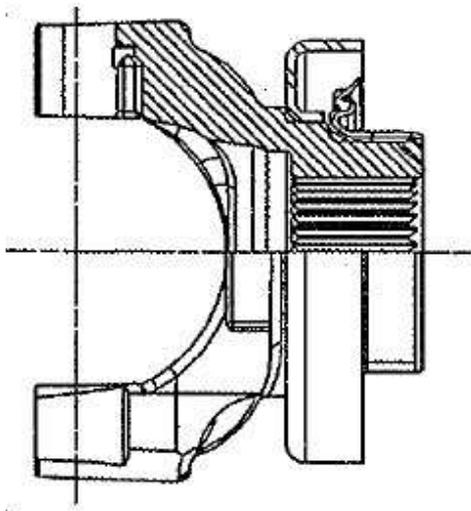
Maquinado de *Tabmill* (azul)

Operación 70:
Barrenado y machueleado



Por medio de taladro de 4
estaciones.

Operación 80/90: Ensamble.



De deflector y manga en prensa
doble.

En comparación con el proceso del 4015, este proceso lo diseñé diferente.

A continuación describo las diferencias con mis razones:

- 1- En la operación 10, ya no se acaba el *Washer Face* ni el diámetro interior. Esto debido que al cambiar de posición, se pierde referencia y por ende perpendicularidad.
- 2- Operación 20: sin cambios.
- 3- Se agrega la operación 25. Es un desbaste que le ayudará a tener menor esfuerzo de corte a la rectificadora, teniendo ahorros en el consumo de piedras y tiempo ciclo. Además funciona como referencia para la sujeción en la op. 28.
- 4- Se implementa la operación 28. En donde la nariz, cara "A", diámetro interior y *washer face* se terminan en una sola máquina, garantizando la escuadras en todas estas características.
- 5- Operación 30: sin cambios.
- 6- Se anula la operación 40.
- 7- Se separan las operaciones 50 y 60. Esto debido a que la operación 60, es una operación de precisión en comparación con el tipo de maquinado que se hace en la 50, el cual es altamente agresivo.
- 8- Operación 70: sin cambio.
- 9- Las operaciones 80 y 90 se hacen en una sola estación con dos prensas.

3.2 Cotizaciones

Con base a este diseño del proceso, se solicitaron cotizaciones para lo siguiente:

- a) Maquinaria.
- b) Herramental.
- c) *Gages*.

3.2.1 Maquinaria:

En cuanto a la maquinaria seleccioné lo siguiente (a excepción de donde indique):

- Op. 10, *Chuckers* New Britain (2).
- Op. 20, Fresadora Nichols.
- Op. 25, Centro de maquinado CNC Okuma (2). Seleccionada por el Corporativo.
- Op. 28, Torno CNC Okuma & Howa (2). Seleccionada por el Corporativo.
- Op. 30, Brochadora Detroit.
- Op. 50, Rectificadora Magerle (2).
- Op. 60, Centro de maquinado Okuma CNC. Seleccionada por el Corporativo.
- Op. 70, Taladro Hause. Seleccionada por el Corporativo.
- Op. 80/90: Ensambladora.

3.2.2 Herramentales

Los herramentales sí fueron seleccionados en su totalidad por mí.

Estos incluían lo siguiente:

- Dispositivos de sujeción
- Herramientas de corte (Insertos, *Holder*^V, conos, etc.)

^V Dispositivos en donde se colocan los insertos. Cuentan con accesorios como tornillos, sujetadores, opresores, etc.

Los dispositivos de sujeción, fueron los siguientes:

Op. 10: Chucks.

Tipo de sujeción: Dos tipos. Por mordazas y por boquilla.

Referencia: En medias lunas y en diámetro piloto.

Piezas por ciclo: 1

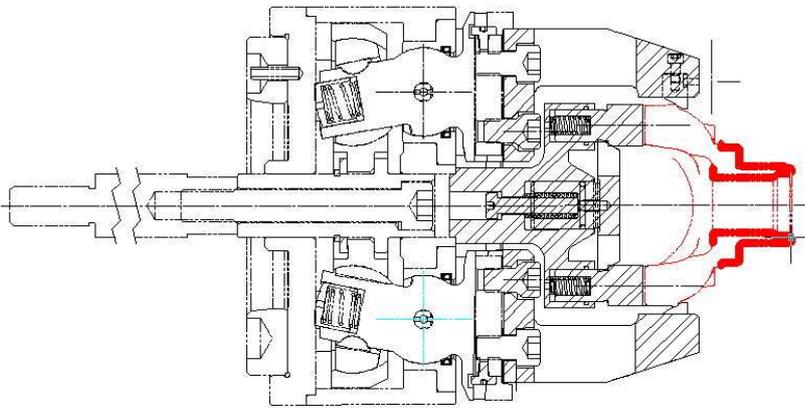
Diseñado por ITW.

Pedí dos clases de *chucks*. Para posición A y posición B.

Junto con el proveedor, los diseñé considerando las lecciones aprendidas en la línea del 4015.

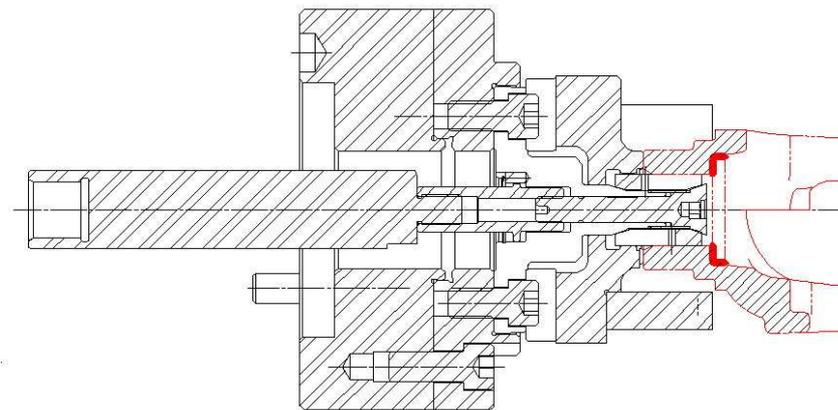
Para la posición A, pedí que se incluyera un sistema de muelleo para las referencias en las medias lunas y con esto garantizar el centrado de la pieza (Dibujo 6).

Para la posición B, pedí que se quitara la placa de alineamiento, y que el proveedor me garantizara el paralelismo de la cara "A" contra el *Washer face* (Dibujo 7).



La pieza se sujeta por medio de mordazas en su parte intermedia.

Dibujo 6: *Chucks*, posición A.



La pieza se sujeta por el diámetro interior (maquinado en la posición A)

Dibujo 7: *Chucks*, posición B.

El proveedor con mis peticiones, entrega un dibujo el cual yo autoricé para su fabricación. De ahí, tuve que monitorear la construcción y envío de los mismos, para tenerlos en la planta a tiempo. En total pedí cuatro *chucks* para posición A y cuatro para posición B.

Op. 20: Dispositivo de sujeción (Foto 22).
Tipo de sujeción: Por medio de *Swing Clamp*.
Referencia: En medias lunas.
Piezas por ciclo: 2
Diseño propio de la empresa.

Este dispositivo, prácticamente es una copia del que ya existía en el 4015. Entonces basándome en el dibujo existente, lo mandé hacer con unas pequeñas diferencias. Éstas estuvieron en los postes localizadores.

Los mandé hacer con un menor diámetro considerando la tolerancia del diámetro piloto maquinado en la op. 10. Además una altura de la base mayor, debido a que el *swing clamp* que compré era ligeramente diferente.

Una vez que estuvo fabricado verifiqué que las referencias para las medias lunas, estuvieran perfectamente perpendiculares a los postes, y paralelos al dispositivo utilizando una CMM (i.e. Máquina de Medición por Coordenadas).



Foto 22: Sujeción, op. 20

Op. 25: Dispositivo de sujeción (Foto 23).
Tipo de sujeción: Por medio de boquilla en diámetro piloto y *swing clamps* en fundición.
Referencia: Cara "A" de nariz.
Piezas por ciclo: 4
Diseñado por Co-Op Tool.

Convoqué una reunión con el personal de la compañía proveedora. Les expliqué la necesidad que tenía, las características de la operación (desbastes), y además el tipo y modelo de la máquina que se tenía pensada para ese trabajo.

Posteriormente, me enviaron los dibujos de aprobación, los cuales tenía que regresarlos firmados para su manufactura.

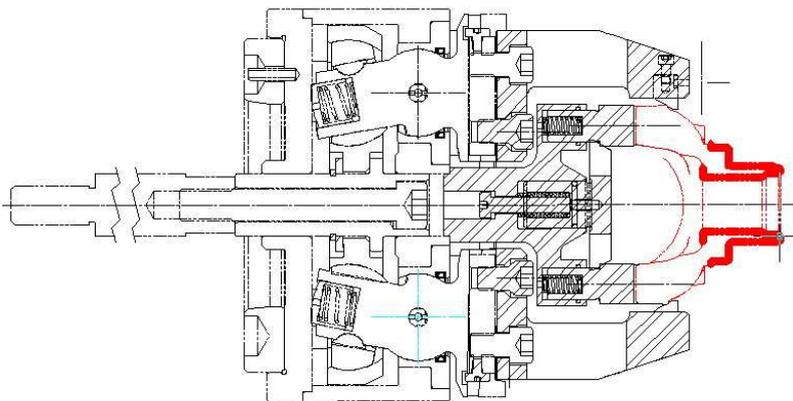
Tuve que cuidar mucho lo que se refería al diámetro de la boquilla para que fuera hecha de tal forma que al operador no le costara trabajo meter la nariz de la pieza en la boquilla, y además la altura de la base en donde descansaba la pieza. En caso de que alguna de estas dos características estuviera mal, se ponía en riesgo el proceso que había diseñado.



Foto 23: Sujeción, op. 25

Op. 28: Chuck (Dibujo 8).
 Tipo de sujeción: Mordazas.
 Referencia: Maquinado de Op. 25
 Piezas por ciclo: 1
 Diseñado por ITW.

Mismo proceso que en la operación 10. Posición A.



Dibujo 8: Sujeción, op. 28

Op. 30: Bases de apoyo (Foto 24).
 Tipo de sujeción: N/A.
 Referencia: *Washer Face*, maquinado en Op. 28
 Piezas por ciclo: 3
 Diseño propio de la empresa.

Estas bases son muy semejantes a las que ya existían. Solamente los mandé hacer con una diferencia.

En la parte superior de la base, en donde se apoya el *washer face*, se tienen maquinadas unas muescas. Las nuevas bases las mandé a hacer con más muescas, para asegurar que no quedaran atrapadas rebabas en ellas, y se perdiera la perpendicularidad del *Washer face* con el diámetro del *spline* o estriado.



Foto 24: Bases, op. 30.

Obsérvese que la base del lado izquierdo, tiene mas muescas que las otras dos.

Op 50: Dispositivo de sujeción (Foto 25).
Tipo de sujeción: Boquilla en diámetro piloto.
Referencia: Cara "A".
Piezas por ciclo: 2
Diseñado por Co-Op Tool.

Para estos dispositivos fue relativamente sencillo debido a que ya existían en la planta. Estaban montados en otras máquinas que hacían un proceso similar, y que por motivos de producción, se dejaron de usar.

Entonces lo que hice, fue regresarlos a la planta del proveedor, para que los reconstruyeran y los hicieran funcionales nuevamente.

Hubo que coordinar únicamente los envíos (ida y regreso) y los tiempos prometidos por el proveedor.



Foto 25: Dispositivo de sujeción, Op. 50.

Op. 60: Dispositivo *Trunnion*^{VI} para maquinar dos planos (Foto 26).

Tipo de sujeción: Boquillas para diámetro piloto y *Swing clamps* para cara "A".

Referencia: Medias lunas.

Piezas por ciclo: 4

Diseñado por Co-Op Tool.

Esta operación en otras líneas se hace en la misma máquina de la operación 50. En esta línea, como mencioné anteriormente, las separé. Entonces era de vital importancia hacer que el cambio valiera la pena.

Debido a que la máquina era un centro de maquinado con solo 3 ejes, había que pensar en un dispositivo versátil que nos pudiera proporcionar un cuarto eje. De ahí llegamos al dispositivo *Trunnion*. En donde la carga y descarga se hace a los 0°. Cuando el ciclo de la máquina inicia, éste gira 90° para que se maquine un lado de las cuatro piezas. Posteriormente gira -270° para que se maquinen los otros lados de las piezas.

El proceso que realicé para este dispositivo fue:

- 1) Reunión con proveedor para explicar la operación y lo que necesitábamos.
- 2) Recepción de propuestas y análisis de las mismas. Decisión final del diseño.
- 3) Aprobación de dibujo final.
- 4) Coordinación entre proveedores (máquina y dispositivo), para la selección del control adecuado.
- 5) Envío de piezas muestra.
- 6) Coordinación para el envío a planta. Recepción del mismo.
- 7) Coordinación para su montaje, instalación, programación y pruebas.



Foto 26: Dispositivo de sujeción, Op. 60

Op. 70: Dispositivo de sujeción (Foto 27).

Tipo de sujeción: Dispositivo Hidráulico.

Referencia: Medias lunas y Cara "A".

Piezas por ciclo: 1

Diseñado por Co-Op Tool.

^{VI} Saliente cilíndrica usada como montaje y/o punto para pivote. En español: Muñón.

En estos dispositivos de sujeción, yo no tuve participación debido a que la máquina llegó con ellos directamente de la planta del proveedor. Ellos fueron los que seleccionaron tales dispositivos.



Foto 27: Dispositivo de sujeción, Op. 70.

Herramientas de corte:

El siguiente listado es la selección definitiva de esta clase de herramientas. Al final de cada operación, se describirán las actividades que realicé para poder tomar la decisión final y/o completar el proceso de herramientación de maquinaria.

Op. 10, *Chuckers*.

Ésta es una máquina para hacer desbastes, con varias estaciones de corte longitudinales y transversales. En cada estación, se tienen bloques para colocar las herramientas. Estos estaban formados de la siguiente manera:

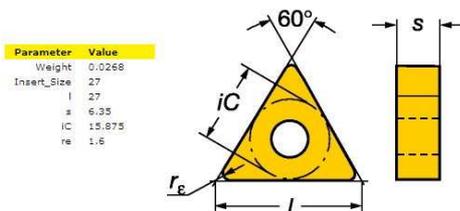
POSICIÓN A:

Estaciones longitudinales (EL):

EL1: Maquinados de diámetros exteriores y diámetro interior (primer desbaste):

Diámetros exteriores:

Se utilizaron insertos triangulares por su resistencia al desbaste en fundición (Esquema 5), en el Esquema 6 se muestra su correspondiente portaherramienta.

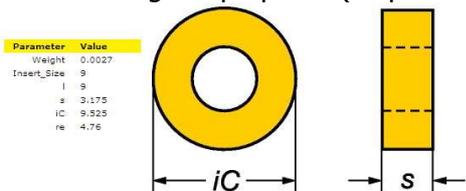


Esquema 5: Inserto: TNMA-434

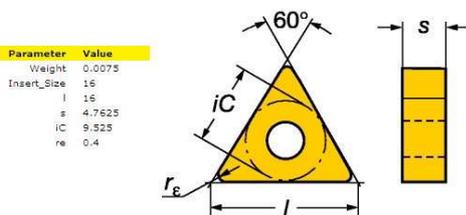


Esquema 6: Portaherramienta: GMTFNL 16-4D

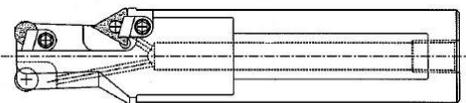
Diámetro interior: Para maquinarse esta característica se seleccionaron insertos redondos (Esquema 7) para colocarlos en una barra especial tipo broca (Esquema 9). Para maquinarse el chaflán en la nariz, se usó un inserto triangular pequeño (Esquema 8)



Esquema 7: Inserto RNG-32



Esquema 8: Inserto TNMA-333



Esquema 9: Portaherramienta, Barra especial

En el bloque portaherramientas (Foto 28), se colocan en los extremos las herramientas para maquinarse los diámetros exteriores (de hombro y de nariz) y en el centro está la herramienta para maquinarse el diámetro interior.

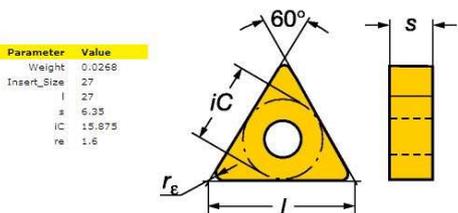


Foto 28: Bloque portaherramienta

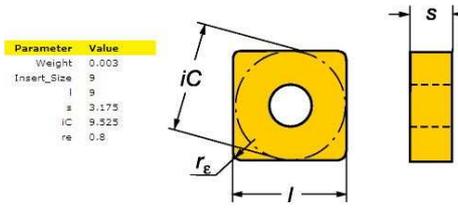
EL2: Maquinados de diámetros exteriores y diámetro interior (segundo desbaste):

Se vuelve a hacer un maquinado muy parecido a la estación anterior, pero con menos material para remover.

Se escogieron los mismos insertos triangulares (Esquema 10) para los diámetros exteriores, por la resistencia al desbaste, y para el diámetro interior un inserto cuadrado (Esquema 11), el cual además de tener buena resistencia al desgaste, proporciona un mejor acabado superficial.



Esquema 10: Inserto: TNMA-434



Esquema 11: Inserto: SNMA 322

Su portaherramienta corresponde al Esquema 6.

Portaherramienta: Barra especial (sin dibujo)

Estas herramientas se colocan en un bloque portaherramientas (Foto 29). En el cual en los extremos se ubican las herramientas para maquinarse los diámetros exteriores (de hombro y de nariz) y en el centro está la herramienta para maquinarse el diámetro interior.



Foto 29: Bloque portaherramienta.

EL3: Acabado de diámetro interior:

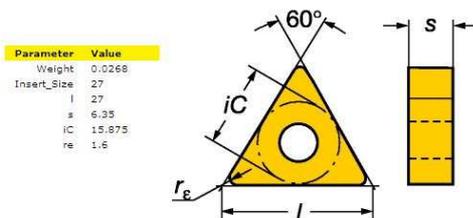
Para acabar el diámetro interior antes de pasar a la posición B, en donde la pieza se sujeta por medio de boquilla en dicho diámetro, se utiliza una rima de $\varnothing 30.20\text{mm}$, montado sobre un husillo flotante para facilitar su centrado en la pieza (sin imagen). Ambas van montadas en un bloque portaherramientas diseñado para tal propósito (Foto 30).



Foto 30: Bloque portaherramienta.

Estaciones transversales (ET):

E1T: Maquinado de cara "A" (Esquema 12).



Esquema 12: Inserto: TNMA-434

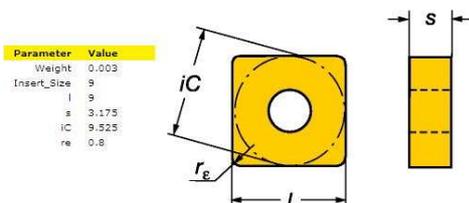
Esta herramienta está colocada en un bloque (Foto 31) el cual entra en contacto con la pieza transversalmente.



Foto 31: Bloque portaherramienta.

Su portaherramienta corresponde al Esquema 6.

ET2: Maquinado de chaflanes: Estos chaflanes se ubican en los extremos de los diámetros de la nariz. El corte que realizan, es muy pequeño para lo cual, estos insertos funcionan adecuadamente (Esquema 13). En el Esquema 14, se muestra su portaherramientas.



Esquema 13: Inserto: SNMA-322



Esquema 14: Portaherramienta: GMSDNN 08-3

Ambos portaherramientas, se colocan en un mismo bloque, para que cuando el carro longitudinal se mueva, ambos chaflanes se maquinen (Foto 32).



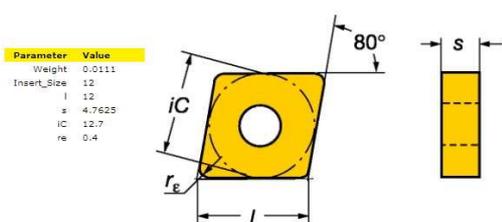
Foto 32: Bloque portaherramienta.

POSICIÓN B:

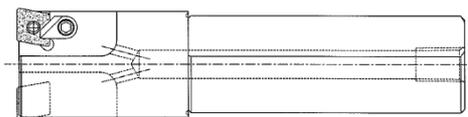
El operador gira la pieza, y la sujeta por medio de un collet en el diámetro piloto, el cual se termino de maquinar en la posición A.

Estaciones longitudinales (EL):

EL1: Maquinado de *Washer face* (primer desbaste): Se colocan dos insertos iguales (Esquema 15) en una barra de fabricación especial (Esquema 16). En esta operación, el corte empieza desde fundición, por lo que es muy abrasivo. Es por esto, que se utilizan dos desbastes.



Esquema 15: Inserto: CNMA-432



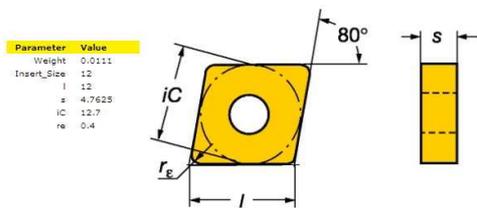
Esquema 16: Barra especial con refrigeración interna.

El bloque portaherramientas tiene un dispositivo en el centro, que ayuda a su centrado con la pieza a maquinar (Foto 33).

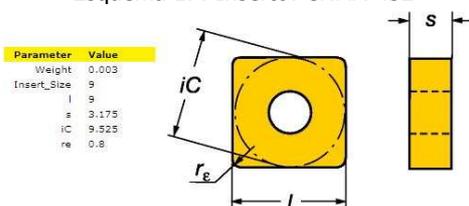


Foto 33: Bloque portaherramienta.

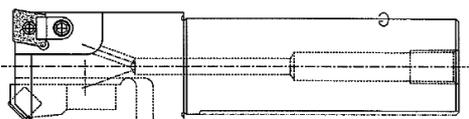
EL2: Maquinado de *Washer face* (segundo desbaste): Se vuelven a colocar dos insertos (Esquema 17) en una barra de fabricación especial (Esquema 19), con la diferencia que en esta barra tiene una cavidad para colocar un inserto cuadrado, que hará el maquinado del chaflán del *Washer face* (Esquema 18).



Esquema 17: Inserto: CNMA-432



Esquema 18: Inserto: SNMA-432



Esquema 19: Portaherramientas especial.

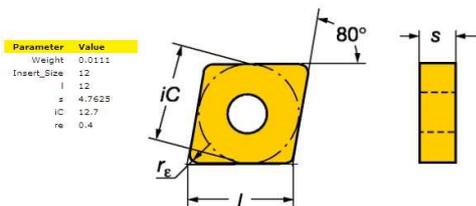
El bloque portaherramientas (Foto 34), tiene las mismas características que el de la estación EL1, posición B.



Foto 34: Bloque portaherramienta.

Estaciones transversales (ET):

ET1: Maquinado de "patas" (Altura total): En esta operación, el inserto (Esquema 20) hace un corte interrumpido para determinar el primer desbaste de la altura total de la pieza. Es por esto que el portaherramienta (Esquema 21), debe de tener una buena sujeción del inserto para evitar mal acabado o error en medidas.



Esquema 20: Inserto: CNMA-432



Esquema 21: Portaherramienta: MCKNR-164D

El bloque portaherramientas (Foto 35) de igual forma debe de ser bastante sólido con buena sujeción y resistencia a la flexión.



Foto 35: Bloque portaherramienta.

Esta operación se puede dividir en tres: Bloques portaherramientas, portaherramientas y herramientas de corte (insertos).

Para los bloques tuve que buscar en la base de datos de México y del corporativo, los dibujos de cada uno de ellos para volverlos a fabricar. Después, verificar que todas las medidas eran las correctas y que no existieran interferencias. Los mandé hacer con un proveedor externo y debía de estar siempre al pendiente de estos para que llegaran a tiempo a la planta.

Para los portaherramientas, solo fue cuestión de contactar al proveedor externo que ya nos había trabajado con anterioridad. Hacer la requisición y estar al pendiente del arribo de dichos dispositivos.

Los insertos fueron seleccionados con base a la experiencia que ya se tenía con esta operación, es decir los insertos de la línea del 4015, se usaron en esta línea ya que siempre dieron el consumo que se buscaba. Solo tuve que buscar las mejores propuestas con los proveedores autorizados de la planta.

Op. 20, Fresadora.

Ésta es una máquina con doble husillo, girando en sentido contrario para maquinar los planos de prebalanceo. En cada husillo, se tienen una corona de 5" de diámetro (Foto 36) y cada corona esta formada de 18 insertos como los que se muestran en el Esquema 22.



Esquema 22: Inserto: HPEN-532RG



Foto 36: Coronas.

Para las coronas de esta operación, de igual forma que en la operación anterior, fueron seleccionadas en base a la experiencia obtenida. Es decir, tomé como muestra las coronas del 4015 para la fabricación de las nuevas.

Los insertos fueron seleccionados por medio de una prueba de rendimiento aplicado a dos proveedores certificados de la planta. Realicé pruebas, debido a que el avance y revoluciones que tenía en esta fresadora eran diferentes a los que tenía en la fresadora del 4015. Entonces el inserto con el mejor resultado de costo-beneficio, fue el que utilicé para esta operación.

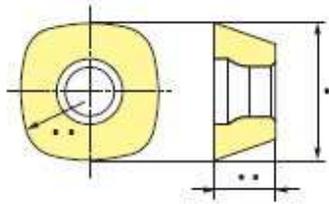
Op. 25, Centro de Maquinado CNC.

En este centro de maquinado, diseñé un desbaste a las medias lunas y a las patas previo a su rectificado. Además, este maquinado nos servía para centrar la pieza en la operación siguiente.

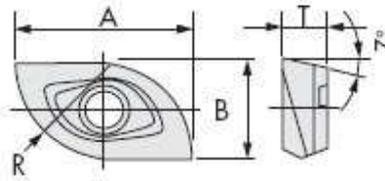
Mandé a fabricar un portaherramientas especial el cual se montaba a un cono ^{VII} CAT-40.

^{VII} Dispositivo con el cual los portaherramientas se sujetan al sistema de cambio automático de herramientas en un centro de maquinado CNC.

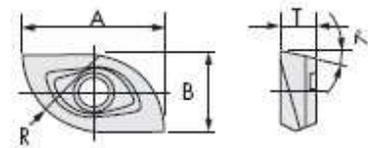
Éste tenía montados cuatro insertos para el desbaste de la altura total (Esquema 23) y dos insertos de forma en el centro del mismo para el desbaste de la media luna. Con respecto a estos últimos, un inserto es para desbastar (Esquema 24A) y el otro es para dar un acabado (Esquema 24B).



Esquema 23: Inserto: SDMT1205ZDTN



Esquema 24A: Inserto: ZCET125-CE



Esquema 24B: Inserto: ZCET125-SE

Para implementar esta herramienta en la línea del *Enhanced* fue con base a una prueba que se realizó en otra línea de piñones. Era una pieza muy similar, con la misma fundición.

Se midieron los consumos, condiciones de corte y costos basados en requerimientos, y decidimos entre el Ingeniero de Proceso de esa línea y yo, que nos podía servir para la operación que necesitábamos en esta línea.

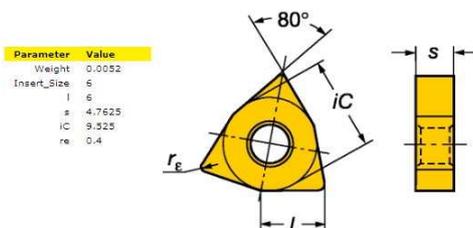
Op. 28, torno CNC.

Dos tornos CNC, con doble torreta cada uno.

En estas máquinas, se realizan las siguientes operaciones:

Acabado de diámetros exteriores:

Las piezas ya llegaban a esta operación con un desbaste. Solo tenía que cuidar el acabado superficial de la pieza y conservar los radios que el dibujo indicaba. Es por esto que decidí usar un inserto con geometría W (Esquema 25), así como un portaherramienta con buena sujeción (Esquema 26).



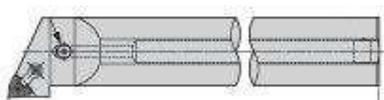
Esquema 25: Inserto: WNMG-332



Esquema 26: Portaherramienta: G-MWLNL-16-3D

Acabado de diámetro interior:

Este diámetro llegaba a la operación con un desbaste previo. Pero, tenía que cuidar que el maquinado fuera concéntrico, para no afectar la geometría del spline (estriado) que se maquinaba en la siguiente operación. Entonces seleccione el mismo inserto (Esquema 25) para mantener buen acabado y abaratar el costo de herramientas. Lo único que cambió fue el portaherramienta, el cual fue una barra (Esquema 27), debido a que ésta entraba en un diámetro.

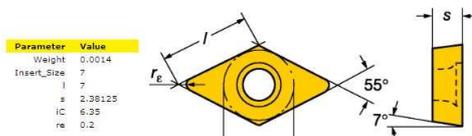


Esquema 27: Portaherramienta: SB-MWLNR-123

Acabado de *Washer face*:

De igual forma, esta característica ya llegaba con un desbaste previo. Solo tenía que cuidar que el maquinado estuviera centrado, y que no se hiciera con un mal acabado (por ejemplo, vibrado).

Seleccioné un inserto específicamente diseñado para maquinado back borings^{VIII} (Esquema 28) y una barra de fabricación especial, para que no rozara con la pieza al estar maquinando.



Esquema 28: Inserto: DCMT11T308-JE

Debido a que esta era una operación nueva, se tuvo que hacer el proceso completo para la selección de herramientas. O sea, desde llamar al proveedor y explicarle que era lo que necesitaba hacer, para que el me diera sus mejores propuestas.

Para los tres insertos me llevaron muestras de varios tipos de insertos de carburo y cerámicos. En cuanto los tenía, los montaba, llenaba un registro con los datos del cliente, vida útil estimada, costo, etc. y los ponía a pie de máquina. Se hacía una corrida piloto en donde revisábamos cuanto duraba el filo de cada herramienta, el acabado que dejaba en la pieza, así como el tiempo ciclo que presentaba con los parámetros de corte recomendados.

Con base a los resultados obtenidos, se hacía la selección de la herramienta que más beneficios le trajera a la compañía, sin comprometer la calidad del producto.

Op. 30, brochadora.

En ésta máquina se usan tres brochas con la forma del estriado de acuerdo al dibujo. Son herramientas de 48" de longitud, fabricadas de acero grado herramental, de alta velocidad (Foto 37).



Foto 37: Geometría de estriado (spline)

Debido a que esta es una característica crítica, decidí no tomar riesgos y usar la misma herramienta que se usa en el 4015. Únicamente lo que realicé fue comunicarle al responsable del almacén de herramientas, cuantas brochas más íbamos a necesitar para que el hiciera al proveedor las requisiciones correspondientes.

^{VIII} Maquinado que se realiza en la parte posterior de una pieza

Op. 50, Rectificado.

En esta operación como se describió anteriormente, se usa un proceso llamado "Creep Feed". En este proceso necesariamente se utilizan piedras abrasivas, en este caso son dos piedras de 16" de diámetro, de fabricación especial (Foto 38).



Foto 38: Piedras abrasivas

Tuve que coordinar con el almacén de herramientas la solicitud de envío del doble de piedras que normalmente se pedían al proveedor, para cubrir las necesidades de la nueva línea. Fue una operación delicada, debido a que como son piezas de fabricación especial, el tiempo de entrega es de 4 meses. Entonces hubo que estar en constante comunicación con el proveedor para que nos entregaran las piezas a tiempo. No hubo selección de otra herramienta con características similares.

Op. 60, Centro de maquinado CNC.

Maquinado de *tabmill*.

Para esta operación tenía que maquinar dos planos en la parte interna de la pieza. Se usó un cortador de fabricación especial basándome en lo que se usaba en la línea del 4015.

Este cortador tiene seis insertos de carburo soldados; tres de estos insertos maquinan los planos principales y los otros tres maquinan el chaflán a 30° que pide el dibujo del cliente (Dibujo 9).

Como este cortador se iba a usar en un centro de maquinado, el proveedor me hizo la propuesta de agregarle al cortador el zanco para que éste entrara en la boquilla del cono CAT-40 (Foto 39).



Dibujo 9: Insertos soldados en el cortador

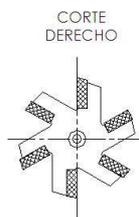


Foto 39: Cortador de fabricación especial.

Op. 70, Taladro.

En esta operación, se utiliza una máquina de 4 estaciones con una mesa giratoria. Las estaciones son:

Primera: Carga y descarga de piezas.

Segunda: Barrenado de caja (i.e. *C' bore*). En esta estación se utiliza una broca especial, la cual barrena al diámetro especificado y además hace el chaflán externo. O sea, tiene dos diámetros y se reafila para aumentar su vida útil. Cantidad: 4 piezas (Foto 40).



Foto 40: Broca, segunda estación.

Tercera: Maquinado de barreno pasado. Se utiliza una broca de línea. Se reafila para aumentar su vida útil. Cantidad: 4 piezas (Foto 41).



Foto 41: Broca, tercer estación.

Cuarta: Machueado. Se utilizan machuelos de fabricación especial (cuerda 5/16 – 24). Se entregan únicamente pavonados y sin recubrimiento alguno. Cantidad: 4 piezas (Foto 42).



Foto 42: Machuelo.

Debido a que en algunas ocasiones se le mandó al cliente piezas con defectos en cuerdas, el departamento de Calidad, asignó a esta característica como crítica. Es por eso, que la selección de estas herramientas fue con base a lo que se tenía en la línea del 4015. Con algunas pruebas realizadas para los machuelos, para aumentar su vida útil, pero por seguridad, regresé a lo que se tenía originalmente.

3.2.3 GAGES:

Los *gages* son instrumentos de medición que se utilizan para verificar que las características que el plano indica sean cumplidas en valor y en tolerancias. Estos instrumentos son vitales dentro de una línea de producción debido a que con ellos se asegura la calidad del producto, además de asegurar que el cliente recibirá un producto dentro de especificaciones.

Es por esto que la labor a realizar era muy importante. Primero, me reuní con el área de calidad para identificar el plano de la pieza maquinada y el plano de producto terminado. Esta identificación, se hace numerando cada característica del dibujo. Dicha numeración debe de coincidir con todos los documentos involucrados con el proceso.

Basándome en las diferencias y semejanzas con las líneas existentes anexamos a la lista el tipo de *gage* que necesitábamos. De variables o de atributos.

Ya que tuve la lista completa entonces la labor fue contactar a los proveedores certificados de la empresa para que me cotizaran lo que necesitaba. Hubo que estar en contacto constante con ellos;

para mandarles desde el dibujo, hojas de proceso y autorizaciones. Ya que de igual forma que los proveedores de herramienta, se mandaban dibujos de aprobación, los cuales los revisaba junto con el área de calidad para que se les diera el visto bueno.

Una vez en planta, los recibía, generaba un número de identificación en el sistema de la empresa y los mandaba rotular.

Posteriormente los entregaba a Calidad para su estudio. Para este estudio debía entregar junto con el *gage*, un lote de piezas con el maquinado que se iba a verificar. Este estudio es llamado R y R (Repetibilidad y Reproducibilidad).

Una vez liberado, entonces el número correspondiente lo anexaba a toda la documentación en el que dicho instrumento estaba involucrado.

El trabajo fue arduo, debido a que fue necesario mandar a hacer todos los *gages* de la línea. Se necesitaban verificar diversas características del producto. Como son alturas, diámetros, cuerdas, chaflanes, etc. Y como mencioné anteriormente, mandé hacer dispositivos tanto de atributos como de variables.

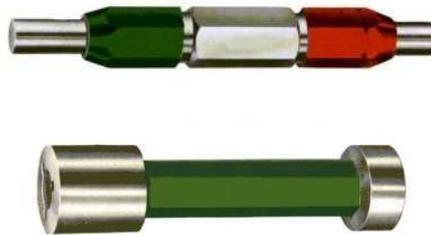
Los *gages* de atributos son dispositivos que en si mismos, traen la tolerancia de la característica a medir, o sea son pasa – no pasa. Y los *gages* de variables, van a medir un rango más grande de tolerancia, que presenta la característica en cuestión. Por lo general, tienen carátula digital o análoga.

Ejemplos:

Bases para medir alturas:



Gages pasa/no pasa para diversos diámetros:



Gages para verificar cuerdas:



Los *gages* de variables, son instrumentos más especializados y/o complejos. Éstos se utilizan para verificar características como son: *Runout*, perpendicularidad, posiciones verdaderas, diámetros, etc. (Fotos 43, 44, 45 y 46)



Foto 43:
Gage para verificar perpendicularidad y *runout* radial



Foto 44: *Gage* para verificar posición verdadera de barrenos



Foto 45: *Gage* para *runout* radial y lateral



Foto 46: *Gage* para verificar diámetros de nariz

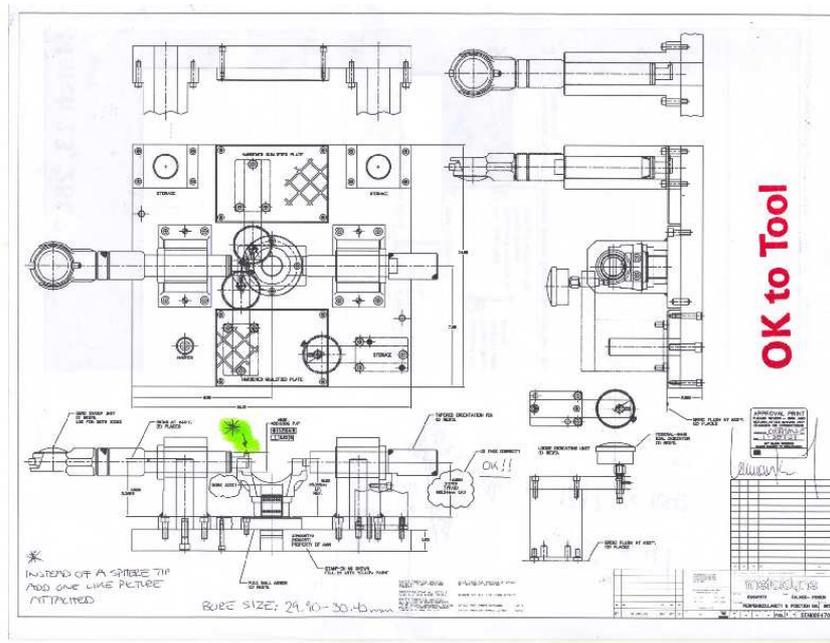
Los *gages* de variables, necesitan *masters*. Estos sirven para calibrar el indicador (colocarlo en la media), y además para tener una referencia en lo que se está midiendo. Cuando el proveedor no lo suministraba, era necesario que yo lo mandara a hacer con algún otro proveedor externo de confianza.

Tuve que diseñarlos y establecer las tolerancias adecuadas para cada uno. Por lo general se utilizaban al 10% de lo que pedía el plano. Un ejemplo de éste está en la Foto 47.



Foto 47: Master de alturas

Aprobar los *gages* era muy importante y delicado, debido a que tenía que analizar la propuesta del proveedor, de tal forma que cumpliera con lo que les estaba requiriendo. De aceptarles una propuesta que no sirviera para la medición de cualquier característica, era responsabilidad completamente mía. Un ejemplo de la aprobación de un *gage* para la Op. 25, Dibujo 10:

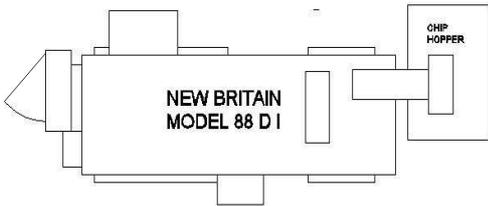


Dibujo 10: Aprobación de gage

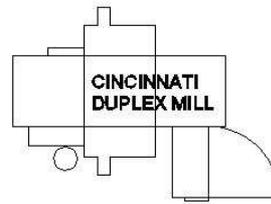
3.3 Distribución de línea:

Aquí el objetivo que tenía era diseñar una instalación de producción que elaborara el producto especificado a la tasa especificada, a un costo mínimo y además hacerla lo más eficiente posible. Además, dado el hecho de que era línea completamente nueva, se tenía que pensar en los espacios necesarios para el movimiento de material, almacenamiento en línea, ergonomía de trabajadores, etc.

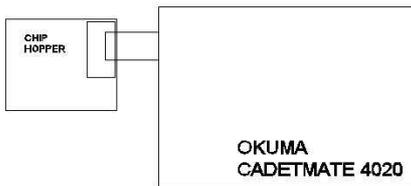
El cual está formado de la siguiente manera (Dibujos 12 - 20):



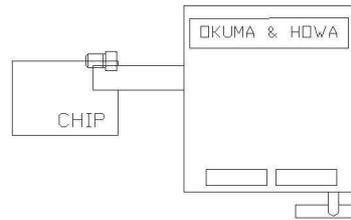
Dibujo 12: Dos Chuckers, Op. 10



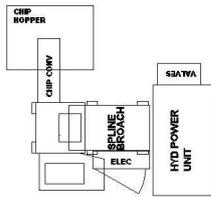
Dibujo 13: Fresadora



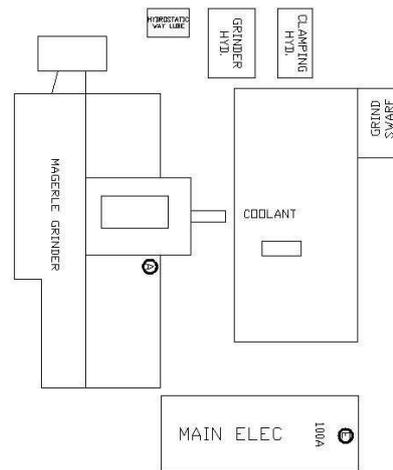
Dibujo 14: Dos centros de maquinado CNC, Op. 25



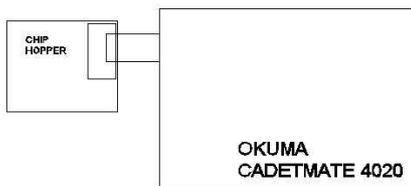
Dibujo 15: Dos tornos CNC, Op. 28



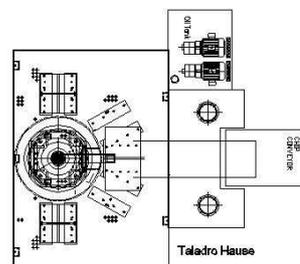
Dibujo 16: Brochadora, Op. 30



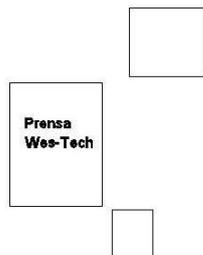
Dibujo 17: Dos rectificadoras, Op. 50



Dibujo 18: Centro de Maquinado CNC, Op. 60



Dibujo 19: Taladro de 4 estaciones, Op. 70



Dibujo 20: Prensas de ensamble, Op. 80/90

3.3.1 Manejo de Materiales:

Siempre tuve la idea de utilizar en esta línea el flujo de una sola pieza (i.e. *one piece flow*) debido a todas las ventajas que conlleva este tipo de manejo, como son:

- Mantiene el Trabajo en proceso (i.e. *Work in Process*, WIP) en bajos niveles.
- Mantiene el balance en el trabajo.
- Mejor calidad.
- Detección temprana de errores.

Además que en las demás líneas de producción de la planta se manejan flujos por lote, y se requería hacer un cambio.

Para lograr esto, decidí usar transportadores de material (i.e. *conveyors*) con las siguientes características:

- 1- *Conveyors* horizontales de rodillos. Con un sistema motriz en un extremo y empujadores, para que las piezas se fueran acumulando en el otro extremo.
- 2- Elevadores neumáticos, combinados con secciones horizontales de rodillos. Estos son únicamente para transportar piezas de la Op. 28 a la 30, y de la Op. 30 a la 50.

Para determinar un buen manejo de materiales entre operaciones, tuve que calcular la capacidad de cada máquina, para con esto determinar la cantidad de piezas a producir por hora.

Implementé un área delimitada en verde, en donde empezaba a circular el material. Éste era la materia prima (i.e. fundición), la cual era requisito indispensable que para entrar a la línea, todos los contenedores debían de estar liberados por el área de calidad. De lo contrario, no era material "oficial" para poderse maquinar.

Una vez maquinado en cada operación, el operador estaba obligado a poner el material en el transportador y de ahí no podía salir - debido a unas guardas que tenían - hasta que llegaran a la siguiente estación.

Solo cuando era absolutamente necesario, se formaban bancos en cada operación debido a necesidades del área de producción. Estos bancos, se almacenaban en contenedores a un lado de cada operación, y era mandatario identificar dicho material con las etiquetas oficiales de la empresa.

Después de la operación 80/90 (ensamble) coloqué una mesa neumática, en donde se iban colocando las piezas terminadas dentro de dos contenedores con capacidad de 123 piezas cada uno, en espera de que Calidad las liberara, y posteriormente un montacargas pasara por ellos para llevarlas al almacén.

Prácticamente dentro de la línea, se tenían únicamente dos áreas de almacén temporal. Uno era el anteriormente descrito, y el otro estaba en la operación 10.

3.3.2 Seguridad y Ergonomía:

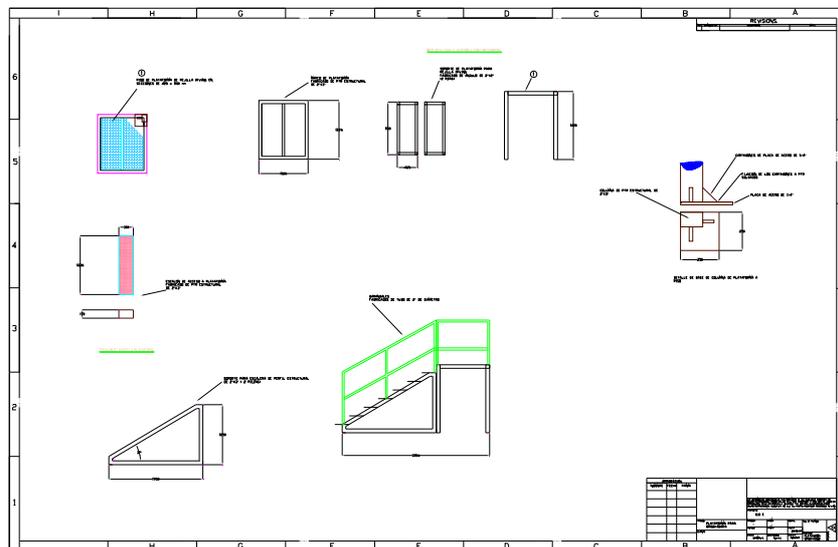
Siempre busqué que el operador tuviera las mejores condiciones de seguridad y ergonomía, de tal forma que realizara su trabajo lo mejor posible. Sobre todo con máquinas que se mandaron a hacer específicamente para ese trabajo, como son la brochadora, el taladro y la prensa de ensamble. Las otras eran máquinas convencionales y de línea, que ya traían sus sistemas de seguridad de fábrica.

Por ejemplo una situación que causó cierta polémica, fue la brochadora. Estas máquinas por lo general están metidas en un fosa de aproximadamente 47" de profundidad (1.19m). Pero cuando es necesario que sean revisadas por mantenimiento, es una situación muy difícil para el mecánico, debido a que se tiene que meter a la fosa, haciendo muy complicada su revisión/reparación. Por lo que entre los departamentos de Ingeniería y Mantenimiento, se decidió que esta máquina quedara afuera, sobre el piso. Implicando que el operador quedara a una altura de 56" (1.42 m) sobre el nivel del piso.

Mandé a hacer una escalera de tubo de acero estructural y rejillas de aluminio, la cual se instaló anclada al piso (Dibujo 22). Para seguridad del operador, le mandé instalar los siguientes sistemas de seguridad:

- Puerta conectada al PLC. Con esto, la máquina no daría ciclo, si la puerta estaba abierta.
- Cortinas ópticas de seguridad.

Además la mesa de inspección de la operación, la mandé instalar en la parte superior de la escalera, para que el operador no se tuviera que mover de su lugar.



Dibujo 22: Diseño de escalera.

Otro ejemplo en donde puedo mencionar que pensaba en la comodidad y seguridad del operador, es cuando la altura de operación de alguna máquina le quedaba alta al mismo. En este caso mandé a fabricar varias plataformas para mejorar la postura del operador. Siempre procuré tener en todas las operaciones, tapetes antifatiga.

Con los nuevos operadores de la línea, procuré que siempre se tuviera la política de limpieza total. Es decir, el operador es responsable de su área de trabajo, en cuanto a limpieza y orden. Ésto

ayudaba cuando había alguna fuga de refrigerante. El mismo operador era encargado de limpiarla, y con eso se reducían riesgos de accidentes.

3.3.3. Mesas de Inspección:

Instalé mesas de inspección en cada operación, a excepción de las operaciones 10, 20 y 25 que las coloqué concentradas en una sola estación de trabajo. En cada mesa, era necesario contar con lo siguiente:

- Hojas de instrucción e inspección.
- *Gages* correspondientes a la operación
- Formatos de registro y gráficas.
- Herramienta para el operador.

Era mandatorio tener todo en su lugar. Cuando los *gages* eran grandes, sus áreas estaban marcadas en la mesa. Y cuando se trataban de *gages* pequeños, mandé a hacer un *portagages* fabricados en nylamid negro, con la forma de cada dispositivo, para que solo tuvieran una posición de acomodo.

3.3.4 Aprobación de Maquinaria.

Hubo máquinas que se mandaron a reconstruir. Es decir, eran máquinas que en alguna otra planta de la compañía ya hacían el tipo de maquinado que necesitábamos o alguno muy parecido.

Éstas se mandaron a una compañía llamada MRA (Michigan Rebuild & Automation) en Litchfield, Michigan, EUA. (Foto 48).



Foto 48: Exterior de empresa.

Las máquinas que se mandaron a reconstruir fueron:

- 2 *chuckers* para Op.10.
- 1 Magerle para Op.50.

Mi obligación era estar siempre pendiente de donde estaban las máquinas en su traslado y saber cuando estuvieran en la planta destino. En el lapso en que dicha maquinaria estaba en tránsito yo tuve que mandar al proveedor (MRA) lo siguiente:

- Herramientales
 - Op.10: Insertos, asientos, portaherramientas, *chucks*.
 - Op.50: 2 juegos de piedras, 1 set de diamantes, dispositivos de sujeción.

- *Gages*
 - Op.10: Pasa/no pasa para medias lunas.
 - Op. 50: alineamiento de medias lunas con respecto al diámetro interior.
- Materia prima para pruebas.

Este proveedor tuvo su tiempo programado para reconstruir, herramentar, hacer cambios de control y eléctricos, ajustes y pruebas. En cuanto estuviera listo, era momento de irlos a liberar.

Me programaron un viaje de 5 días para hacer este proceso de liberación de maquinaria o *Runoff*. De esos 5 días, hice la programación de 2 días para los *chuckers* y 2 días para la Magerle. El día sobrante lo describiré más adelante.

Los primeros dos días los dediqué a los *chuckers* (Fotos 49/49a). Realizando las siguientes actividades:

- Herramientación detallada.
- Ajustes finos.
- Coordinación de corridas de prueba y piloto (120 piezas, 30 por husillo).
- Evaluación dimensional de las siguientes características:
 - Conicidad del diámetro piloto.
 - Altura total.
 - Altura de *Washer face* a nariz.
 - Diámetros exteriores.
- Captura en nuestros formatos para estudios de habilidad.
- Análisis de datos obtenidos y dependiendo de ellos pedía que se repitiera o aceptaban las características en cuestión.
- Aprobación.
- Verificar pintura final.



Foto 49: *Chuckler 1*



Foto 49a: *Chuckler 2*

En los días asignados para la Magerle (Foto 50), realicé lo siguiente:

- Revisión de las modificaciones y actualizaciones realizadas.
- Capacitación otorgada para la operación de la misma.
- Recepción de respaldos de documentación, dibujos, software, etc.
- Realización de movimientos de maquina en vacío. Prestando especial atención al giro de mesa (también conocido como indexado).
- Maquinado de piezas como prueba en 4 ciclos.
- Corrida piloto de 120 piezas.

- Toma de tiempos ciclos.
- Evaluación dimensional. Características evaluadas:
 - Altura total.
 - Diámetros de medias lunas.
 - Alineamiento de medias lunas con respecto al diámetro interior.
- Captura de datos obtenidos en formatos para prueba de habilidad.
- Análisis de datos.
- Aprobación.



Foto 50: Magerle a liberar.

Una vez que las máquinas fueron aprobadas había que realizar lo necesario para su envío a México. Tuve que coordinar con el departamento de tráfico de la compañía y la empresa contratada para realizar los movimientos de maquinaria que se tuviera todo lo necesario así como programar la fecha.

Identifiqué todo para la reconexión en México; fotografías, membretes, etc. Estas identificaciones no solamente servirían para conectarla, si no para facilitar los trámites con nuestro agente aduanal. Además tuve que identificar herramientas, piezas de refacción, piezas muestra, módulos independientes, etc. Todo este proceso lo realicé durante el quinto día de estancia.

Estas aprobaciones fueron muy interesantes porque pude conocer como es el proceso de reconstrucción de maquinas, además de que también pude conocer la forma de trabajo de una empresa extranjera.

3.3.5 *Setup* de Maquinaria:

Era una nueva línea de producción. Es por esto, que las máquinas también eran nuevas. Había que hacer lo necesario para que sacaran las piezas conforme al diseño de proceso. Estas son algunas actividades que realicé por operación.

Operación 25:

Para esta operación se compraron 2 centros de maquinado las cuales harían la misma operación. En cuanto llegaron a la planta las coloqué en su posición y empecé a trabajar con ellas. Este trabajo consistió en lo siguiente:

- Coordinación para su conexión eléctrica y neumática.
- Evaluación del estado general de la máquina, junto con proveedor.
- Cotización de partes para refacción así como su instalación.
- Instalación de dispositivos de sujeción.

- Herramientación.
- Programación CNC.
- Pruebas de programación en vacío.
- Muestras iniciales (piezas maquinadas).
- Corrida piloto.
- Dimensionamiento (en conjunto con el área de calidad) para determinar habilidad.
- Liberación de maquinaria para producción de partes.

Operación 30:

En esta operación se utiliza una brochadora que como ya mencioné anteriormente va dentro de una fosa de 1.19 m. y se decidió colocar al nivel del piso.

Desde que diseñé el *layout*, definí el área en donde estaría colocada. Esa área era importante debido a que se debía de construir una cimentación especial, para que absorbiera las vibraciones generadas al brochar.

Tuve que contactar a una serie de especialistas en la materia para que cotizaran el trabajo. Fue interesante porque tuve la oportunidad de conocer un poco de cimentaciones y con base en lo presentado, seleccionar al mejor proveedor del servicio.

Una vez colocada y conectada, verifiqué su funcionamiento para posteriormente asegurar que el proveedor la había entregado como se pidió.

Se corrieron piezas, se realizó el estudio de habilidad, y finalmente se liberó para producción.

Operación 50:

Se tenían dos rectificadoras Magerle. Una de ellas fue liberada en EU, como fue descrito anteriormente. La segunda fue adaptada para nuestro proceso. Dicha adaptación fue una labor importante dentro del proyecto.

Esta máquina fue comprada a una empresa norteamericana que fabrica herramientas. O sea que no tenía relación alguna con mi proceso. Además, el control era viejo y obsoleto.

La primera actividad que coordiné después de colocar la máquina en su lugar fue la de cambiar el control a uno más actualizado. Ésta actualización tomó aproximadamente 2 meses y medio. En esta actividad no tuve participación, más que la de dar seguimiento al proveedor para cumplir fechas.

En el ínter, realicé las siguientes actividades para seguir adaptando dicha máquina:

- Fabricación de nariz para husillo.
- Coordinación para tener herramental necesario (piedras, diamantes, dispositivos de sujeción y motor hidráulico para el aderezado).

Una vez que la máquina estaba lista electrónicamente pasó a mis manos y realicé las siguientes actividades con el apoyo del departamento de mantenimiento y de un ajustador:

Primero que nada tenía que verificar que todos los movimientos de la máquina coincidieran con lo que indicaba la pantalla. Es decir, que el control estuviera bien instalado. Ya que se tenía verificado ese aspecto, había que pasar a lo mecánico.

Verificación de sistema hidráulico: Se cambió bomba y conexiones, así como instalación de segunda bomba hidráulica para dispositivos de sujeción. Verificación del funcionamiento de la mesa rotatoria, así como su alineamiento.

Montaje de los siguientes dispositivos:

- Nariz.
- Piedras.
- Diamantes.
- Dispositivos de sujeción.

Programación:

La programación de este tipo de máquina se hace por medio de coordenadas, de avances, y de velocidades de giro tanto de las ruedas como del diamante.

Sistema de aderezado:

El aderezado es el proceso con el cual la piedra adquiere la forma con la que hará el rectificador. Éste se efectúa en una unidad independiente dentro de la máquina.

Esta unidad está formada básicamente de los siguientes elementos:

- Pistón hidráulico: controla el movimiento del eje V ^{IX}
- Sin fin corona: elemento encargado del movimiento controlado.
- Pistón neumático: es el encargado de forzar el retorno del pistón hidráulico a su posición de casa.
- Diamante: Conjunto de dispositivos que entran en contacto con las piedras.

Verificación de sistema de aderezado:

Este proceso fue lento debido a que esta máquina anteriormente tenía el sistema de aderezado en otra posición. Se tuvo que habilitar desde cero. Se tuvieron muchos problemas dado que el perfil no se hacía correctamente, y las tolerancias geométricas eran muy cerradas.

Se verificaron todos los elementos anteriormente descritos. Cada cambio con su respectiva serie de pruebas.

El husillo del eje principal tenía juego de cerca de 0.030mm únicamente con la nariz, esto provocaría que cuando las piedras estuvieran montadas se reflejara aun más dicho juego.

Después de la investigación correspondiente de partes, el husillo se bajó y se cambiaron los rodamientos. Posteriormente el juego era prácticamente de cero.

Seguimos haciendo pruebas. En ellas nos dimos cuenta que el motor hidráulico del diamante se frenaba al entrar en contacto con las piedras. Se cambió dicho motor. El aderezado mejoró, y por mucho.

Después de todos estos cambios, ajustes en programación, y verificaciones, el perfil se maquinó bien y se pudo correr el estudio de habilidad.

Operación 60:

Debido a que esta operación se realizaba en un centro de maquinado igual que los de la op. 25, el *setup* fue el mismo. Con la diferencia que esta operación utilizaba un dispositivo de sujeción tipo "*Trunnion*" en donde necesariamente se requería a un especialista (Foto 51).

Coordiné la visita de los técnicos de Okuma para este fin. Estuvimos en esa máquina alrededor de 6 semanas. Y es que no sólo fue hacer la interfase entre controles.

Se presentó un problema serio. Teníamos un *backlash* en el eje Z, el cual no presentaba un patrón definido. Este juego que se presentaba era importante porque la tolerancia que tenía en esa característica era de 0.038 mm.

Hice varias pruebas de repetibilidad con diferentes parámetros y un *ballbar test* ^X. Determinamos que el *ballscrew* y sus rodamientos estaban dañados. Entonces se mandaron pedir las cotizaciones y acto seguido las ordenes de compra.

Cuando llegaron, inmediatamente se instalaron y se realizaron pruebas nuevamente. El comportamiento del eje Z mejoró y pudimos cumplir con la tolerancia que pedía el dibujo.

^{IX} El eje V, es donde está ubicado el pistón hidráulico que hace bajar los diamantes, para que se encuentren con las piedras, y que éstas adquieran la forma que se requiere para el rectificador.

^X Prueba que se realiza a centros de maquinado CNC, para determinar la precisión con la que todos sus ejes se mueven con respecto a la bancada y a si mismos.



Foto 51: Mesa tipo "Trunnion" para girar a 90°-270°-0°

Operación 70:

Este taladro fue liberado en la planta del cliente por personal del corporativo. Cuando llegó a la planta de México coordiné su desembarque y posicionamiento en piso de acuerdo a layout. Después su armado, conexiones eléctricas, neumáticas y de soluble. Recibí capacitación en planta por parte del proveedor.

A pesar de que esta máquina era nueva, no tenía la seguridad para evitar piezas fuera de especificación. Es por esto que coordiné la instalación de sensores de herramienta rota (como los descritos en la línea del 4015) y que se programara el PLC de la máquina de tal forma que la mesa no *indexara* (i.e. girara) si alguna de las 3 estaciones no hubiera completado su ciclo.

El sistema de sujeción por diseño contaba con un *poka yoke*^{XI} para la presencia del *tabmill* (maquinado en la operación 60) (Foto 52). Además de éste, le diseñé un poka yoke para la presencia de los planos de prebalanceo (maquinado en la operación 20). Ya que en alguna ocasión se presentó una pieza así con el cliente.

El tiempo ciclo en ésta máquina no tenía ningún problema.

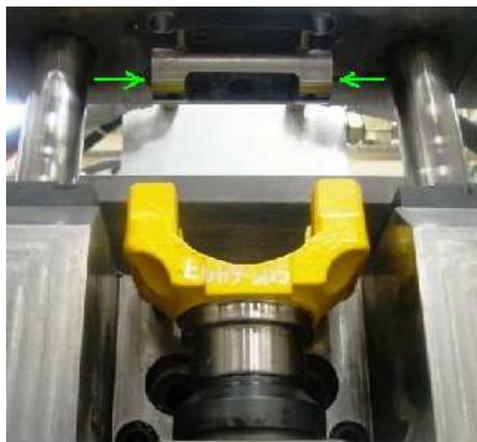


Foto 52: Poka Yokes en dispositivo de sujeción, Op. 70

^{XI} Palabras japonesas que significan "A prueba de error". Y son dispositivo que sirven para evitar errores humanos en el proceso de manufactura.

Operación 80/90:

La prensa que se consideró para esta operación, resultó ser una máquina muy sencilla. Prácticamente con dos cilindros neumáticos y un sensor de presencia de manga.

Si dejaba esta prensa así, corría el riesgo de entregar al cliente el producto final fuera de especificación. Debido a que ésta era la última operación, hice los siguientes cambios:

- Instalación de verificador de cuerdas mecánico. Este sistema fue nuevo en la planta (solo se habían utilizado sensores inductivos). Se cotizó, nos hicieron una visita para demostrar el producto y se realizó la compra (Foto 52).

- Instalación de sensores adicionales. Estos fueron:

- Sensor de presencia de deflector en estación 2 (Foto 53).
- Sensor de correcto ensamble de deflector en estación 2.
- Sensor de presencia de deflector en estación 3 (Foto 54).

- Posteriormente el PLC se programó de tal forma que el orden de funcionamiento era:

Estaciones 1-2-3 verificando que todos los sensores cumplieran. Si el ciclo no se realizaba de esa manera, la máquina no daba ciclo o se alarmaba.

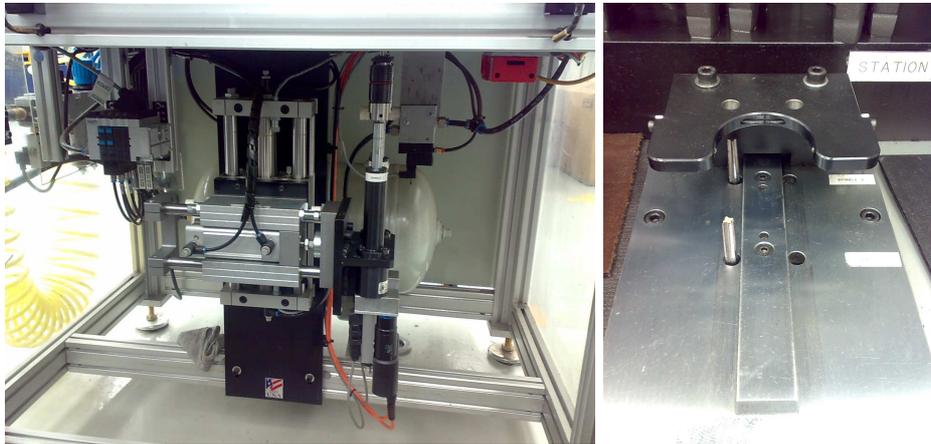


Foto 52: Verificación de cuerdas, estación 1.



Foto 53: Ensamble de deflector, Estación 2.



Foto 54: Ensamble de manga, Estación 3

3.3.6 Documentación:

Era mi responsabilidad la realización de toda la documentación necesaria para el proyecto. Es decir, el cliente nos proporcionaba el plano de la pieza a su último nivel y de ahí, había que realizar lo siguiente:

1. Plan de control.
2. Diagrama de Flujo.
3. AMEF (i.e. Análisis de Modo y Efecto de Falla).
4. Hojas de Proceso.
5. Ayudas visuales.
6. Instructivos.
7. Listas de herramientas.
8. Listas de *gages*.

Plan de control:

Es una herramienta que ayuda en la manufactura de productos de calidad y que sirve poder alcanzar los requerimientos del cliente. Provee una descripción detallada del proceso, para evitar variaciones en el mismo y por ende variaciones del producto.

Describe las acciones requeridas, paso por paso en el proceso, para asegurar que todas las salidas del proceso estén bajo control. Durante la producción regular, el plan de control sirve para monitorear el proceso y los métodos de control usados para controlar la parte o las características del producto.

Este documento se debe de actualizar cada que el diseño cambie, el proceso o los sistemas de medición.

Para realizarlo me reunía con los departamentos de calidad, producción y otras gentes involucradas con el proceso. Con las aportaciones de todos se hacía dicho documento. Se hace por operación, y básicamente contiene la siguiente información:

Encabezado: Debe de contener la descripción del producto, su número de parte, el nombre del proveedor, persona de contacto clave, miembros del equipo de trabajo, fecha en la que se crea el documento y la de la última modificación.

En la parte central del documento:

Parte/Numero de proceso: Número de operación.

Nombre de proceso/Descripción de operación: se escribe una breve descripción de la operación.

Maquina/Dispositivo: Descripción de la máquina en la que se realiza la operación.

No de ID: Número de identificación de la característica, de acuerdo al plano identificado.

Producto: Característica a evaluar.

Proceso: Es una característica que se genera como control interno.

Producto/Proceso/especificación: Se agrega la característica a dimensionar, con su tolerancia.

Técnica para evaluación de mediciones: Se indica el número de identificación del equipo de medición a usar.

Muestra: El tamaño de la muestra, así como su frecuencia de inspección.

Método de control: Número de identificación del formato de captura.

Plan de reacción: De acuerdo a una lista ya establecida, se indica qué es lo que tiene que hacer el operador en caso de que algo falle.

Diagrama de Flujo:

Documento generado en su totalidad por mí. Está basado en el diseño de proceso y el estudio de tiempos.

Consiste en expresar gráficamente las distintas operaciones que componen el proceso, estableciendo su secuencia cronológica, indicando en cada operación cuando el producto se procesa, se almacena y se transporta.

Con esta herramienta se permite la visualización de las actividades innecesarias y verifica si la distribución del trabajo está equilibrada, o sea, bien distribuída en las personas, sin sobrecargo para algunas mientras otros trabajan con mucha holgura.

La simbología que utilice fue la siguiente:



AMEF:

Es el Análisis de modos y efectos de fallas potenciales. Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

Existen dos tipos de AMEFs: De diseño y de Proceso. En esta planta se realizan únicamente AMEF de proceso, debido a que no se diseña el producto.

En el periodo de estancia en esta empresa, realicé 3 AMEFs trabajando en equipo con los departamentos de Calidad y Producción. Los realizábamos por operación, y les ingresábamos la siguiente información:

Encabezado:

Debe de contener el tipo de AMEF, el número de parte, áreas involucradas, plantas afectadas, año del vehículo, fecha de último cambio de ingeniería, responsable de elaboración y fecha, número de revisión y fecha.

Cuerpo:

Descripción del proceso: Se anota una descripción simple de la operación que se está analizando.

Modo de falla potencial: Es la manera en que una parte o ensamble puede potencialmente fallar en cumplir con los requerimientos específicos del proceso.

Efectos de falla potencial: Se trata de identificar las consecuencias potenciales del modo de falla; esta actividad debe de realizarse a través de la tormenta de ideas y una vez identificadas las consecuencias, deben introducirse en el modelo como efectos.

Se debe asumir que los efectos se producen siempre que ocurra el modo de falla.

Severidad: El primer paso para el análisis de riesgos es cuantificar la severidad de los efectos, éstos son evaluados en una escala del 1 al 10 donde 10 es lo más severo.

Causas de fallas potenciales: Se describen los errores específicos descritos en términos de algo que puede ser corregido o controlado.

Ocurrencia: Es la probabilidad de que una causa en particular ocurra y resulte en un modo de falla durante la vida esperada del producto.

Controles actuales: Los controles actuales son descripciones de las medidas que previenen que ocurra el modo de falla o detectan el modo de falla en caso de que ocurran.

Detección: La detección es una evaluación de las probabilidades de que los controles del proceso propuestos (listados en la columna anterior) detecten el modo de falla, antes de que la parte o componente salga de la planta.

NPR: El Número de Prioridad de Riesgo (RPN en ingles) es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir:

$$NPR = S \times O \times D$$

Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas.

Acción (es) recomendada (s): Cuando los modos de falla han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deberán dirigirse primero a los problemas y puntos de mayor grado y características críticas. La intención de cualquier acción recomendada es reducir los grados de ocurrencia, severidad y/o detección. Si no se recomienda ninguna acción para una causa específica, se debe indicar así.

Área/individuo responsable y fecha de terminación (de la acción recomendada): Se registra el área y la persona responsable de la acción recomendada, así como la fecha objetivo de terminación.

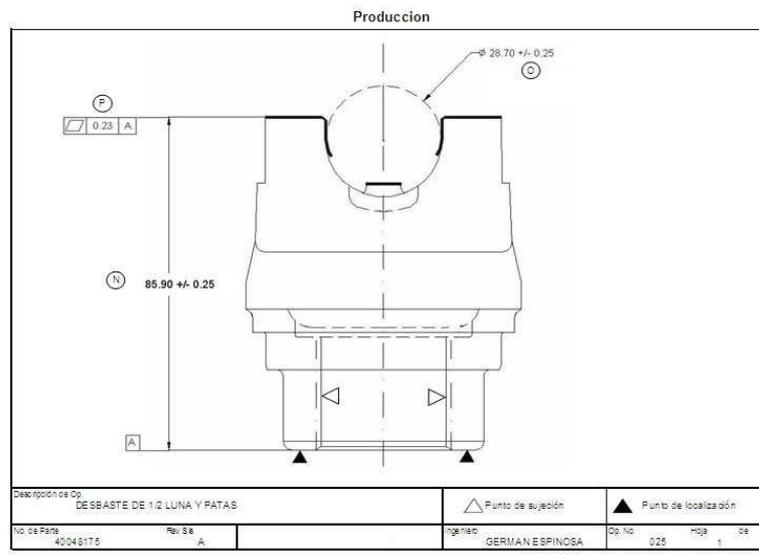
Acciones tomadas: Después de que se haya completado una acción, se registra una breve descripción de la acción actual y fecha efectiva o de terminación.

NPR resultante: Después de haber identificado la acción correctiva, se estiman y registran los grados de ocurrencia, severidad y detección finales. Se calcula el NPR resultante.

Hojas Proceso:

Este tipo de documento es realizado en su totalidad por mí. Se realizan para tener definidas las actividades a realizar por operación. Se dividen en tres: Hoja de dibujo, hoja de herramientas, y hoja de inspección.

En la hoja de dibujo, se muestra la pieza con las características que se maquinan únicamente en esa operación, así como con sus medidas correspondientes (Esquema 29):



Esquema 29: Ejemplo de hoja de dibujo.

inspección y el número del formato de hoja de inspección, en donde se tienen que anotar resultados (Esquema 31).

Produccion										
ID en plano	Insp. Obj. No.	Característica	Descripción de gage	No. De Gage	Can.	tipo	Frecuencia de inspección	Notas	Defecto	Orden
-	N	ALTURA TOTAL 95.9±0.25 mm (86.15±0.65 mm)	GAGE VARIABLES MASTER	SGN008470 SIM-2390			VER NOTA "A"			
-	O	DIAMETRO DE MEDIALUNA 28.70±0.25 mm	GAGE VARIABLES MASTER	SGN008470 SIM-2390			VER NOTA "A"			
-	O	DIAMETRO DE MEDIALUNA 28.70±0.25 mm	GAGE PASA	SGN001348			VER NOTA "A"			
-	P	PLANICIDAD 0.23 MAX I B	GAGE VARIABLES MASTER	SGN008470 SIM-2390			VER NOTA "A"			
								REGISTRAR RESULTADOS EN HOJA DE REG. DE INSP. NO. AC-026-06-1		
Instrucciones de inspección			Aprobado por:		Aceptar caso de defecto. Reportar si pieza si un defecto es encontrado. Separe una pieza del ultimo chequeo. Verifique si la pieza ultima pieza despues de cada cambio de herramientas en la maquina.					
No de parte 40048175			Rev. Sis A		Ingeniero GERMAN ESPINOSA		Op. No. 026		Hoja de 3	
MFG003002 Rev. Rel Fecha: 31-Ago-2007										

Esquema 31: Ejemplo de Hoja de Instrucción e Inspección.

También lleva un cuadro de referencia, en donde se anota:

1. Número de parte con último nivel de ingeniería.
2. Nombre del ingeniero.
3. Número de operación.
4. Aprobación de la hoja, por el responsable de control de documentos.

Ayudas Visuales:

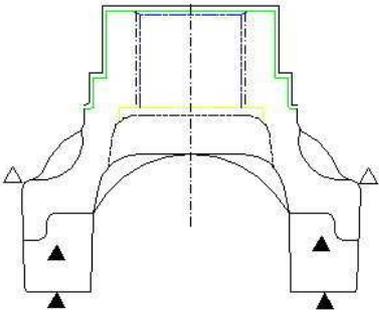
Es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. Se realizan para facilitar el trabajo de los operadores, inspectores, y cualquier gente involucrada en la línea de producción.

Sirven de guía para el mejor entendimiento de lo que se realiza en cada operación, para conocer la vida útil de cada herramienta, para que sepan donde ubicar el material en proceso, los productos defectuosos, etc.

Debido a las características del proceso y las normas de calidad que había que cubrir, hacer este tipo de documento era muy frecuente. Al hacerlo tenía que dar de alta el número de documento, avisar al encargado de control de documentos, publicarla y posteriormente dar aviso a los departamentos involucrados (Esquemas 32 y 33)

NO. DE PARTE : 40048175 8.6 E

MAQUINA: TORNO HORIZONTAL OKUMA & HOWA Número de Operación : 28A/28B



No. DE HERRAMIENTA	No. DE OFFSET	DESCRIPCION DE LA SEC.	CODIGO DE HTA.	FRECUENCIA DE CAMBIO/VILO
T03	03	ACABADO DE NARIZ	WNMG 332C GP2	150 PZAS POR HUSILLO
T05	05	ACABADO DE DIAM. INT.	WNMG 332C GP2	150 PZAS POR HUSILLO
T07	07	ACABADO DE WASHER FACE	DCMT 11T308 JE	200 PZAS POR HUSILLO

PRESION DE CHUCK: 8 KG/CM2

Fecha De Emisión : FEBRERO 2008	AY05028-1	Elaborado Por : Germán Espinosa
Fecha De Rev. : Release	Número De Rev. : Rel.	Aprobado por : Ing. Abel Tlalpa

Esquema 32: Ejemplo de ayuda visual para cambio de herramientas.

AYUDA VISUAL

Línea de Producción:	" Pinion Flange 8.6 Enhanced"
No. de Operación: 80/90	Descripción: Identificación de Piezas



Certificar el correcto ensamble, presencia y calidad de cuerdas con puntos amarillos, uno en cada extremo de la pieza.

REV NO.: REL	AV0508090-5	ELABORADO POR: G. ESPINOSA
FECHA DE REV.: 02/JUL/08	FECHA DE EMISION: 02/JUL/08	APROBADO POR: A. TLATELPA

Chassis Group

Esquema 33: Ejemplo de ayuda visual para identificación de piezas.

Como se puede ver, en ambas ayudas se debe de incluir la siguiente información:

- Fechas de emisión y revisión.
- Número de ayuda visual.
- Persona que elaboró y revisó.
- Número de operación.
- Número de parte.

En la parte central se coloca la información que se requiere difundir al personal involucrado.

Instructivos:

En la línea era necesario que hiciera instructivos para los operadores. Estos instructivos los hacía de la manera más sencilla y tratando de usar un lenguaje simple, así como usar imágenes para facilitar la comprensión del mismo.

Era mandatario que hiciera instructivos para:

- Encendido de maquinaria.
- Puesta a punto en piezas piloto.
- Uso de *gages*.
- Características especiales a considerar en maquinaria.
- Uso de *poka Yokes*.

Cada instructivo, debía de tener un encabezado, en donde tenía que poner el número de parte, operación/maquinaria, en dónde aplicaba, nombre de la línea y título del instructivo. Además de un pie de página, en donde indicaba la fecha de emisión, el número de instructivo, quién elaboró y autorizó, así como el número y fecha de revisión.

3.3.7 Aplicación en línea de disciplinas organizacionales. 7 S's

Dado el hecho de que ésta era una línea de producción nueva, con operadores nuevos, era necesario aplicar una disciplina para que todo estuviera ordenado y limpio.

Fue mi responsabilidad aplicar una disciplina para lograrlo. Y ésta fue la de las 7 S's.

Beneficios:

- Seguridad industrial
- Operadores entrenados y motivados
- Confiabilidad de los equipos
- Control del proceso
- Flexibilidad
- Productividad

1. Seguridad: Lo ideal es generar un programa de seguridad, en el que se pueda tener todo documentado. Como pueden ser: responsabilidades definidas, investigación de incidentes, evacuaciones, prevención de fuego, lock out/tag out, etc.
2. Espíritu: En donde la actitud es la base de todo. En donde uno se debe de comprometer a trabajar en equipo con respeto. Y sobre todo, "hacer lo que decimos"
3. Seleccionar: Se trata de identificar y remover lo que no se necesita. En donde hay que seleccionar, separar y disponer
4. Orden: Para poder mantener todo en su lugar lo ideal es usar lo siguiente: Tableros de herramientas, marcaje de áreas, etiquetas y códigos de colores.
5. Limpieza. El operador es responsable de su área.
6. Estandarizar: En donde se tienen que hacer auditorias periódicas para lograr el objetivo.
7. Autodisciplina: siempre aplicar los puntos anteriores. Para verificarlo, se utilizan tableros de desempeño.

3.4 Conclusión:

El diseñar y coordinar todas las actividades descritas en este capítulo, además de llenarme de muchas experiencias profesionales, significó un cúmulo de satisfacciones personales. Aprendí que el trabajo en equipo, es básico para que todo proyecto resulte exitoso.

CAPÍTULO 4 – CONCLUSIONES FINALES

Trabajar en la industria automotriz, definitivamente es una buena experiencia profesional. Pero, no es tarea fácil. Es un lugar en donde tienes hora de entrada, pero no de salida. En donde diario se tiene que dar lo mejor de sí para resolver problemas, aportar ideas innovadoras, cumplir con objetivos; todo esto exige una constante actualización en las tecnologías utilizadas por dicha industria. Todo esto en conjunto coadyuva a tener un proceso robusto y confiable, para satisfacer las necesidades del cliente.

Uno de los contras de este tipo de industria, es que - como todos los negocios - depende de la demanda del producto final, que en este caso son camionetas de rango medio, las cuales no son artículos de primera necesidad. Si estas camionetas no se venden como se tenía proyectado, afecta a toda la cadena de distribución (a esta planta).

Es un hecho que en esta empresa pude aplicar todos los conocimientos que adquirí durante cinco años de carrera, aunado a la capacitación obtenida por parte de la misma y de manera proactiva, me dan todos los elementos para desarrollar una mejor labor en el ámbito profesional. Ejemplo de ello es el lanzamiento de la nueva línea de producción, que si bien recordamos se basó plenamente en una coordinación con otros profesionales de diversas áreas y equipos interdisciplinarios a fin de llevarlo a cabo de manera exitosa.

Hay que resaltar la importancia que tiene la formación académica que brinda esta Facultad de Ingeniería, que además de ser en conocimientos generales y técnicos, es en valores humanos. Dichos valores son importantes en el día a día dentro de cualquier empresa. Valores como la responsabilidad, puntualidad, compromiso e integridad significan una constante que todo profesionalista debe poseer, para proporcionar un trabajo de calidad y ser una carta de presentación para cualquier otra empresa.