



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

DEPARTAMENTO
METAL-MECÁNICA

CARRERA
INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR
DR. ROBERTO CARLOS GARCÍA GÓMEZ

PROYECTO
**DISEÑO Y DESARROLLO DE HERRAMIENTALES DE PRUEBAS Y
DISPOSITIVOS DE CALIBRACIÓN PARA LOS BANCOS DE
PRUEBAS FUNCIONALES, ESTRUCTURALES Y DE
DURABILIDAD DE LAS FLECHAS HOMOCINÉTICAS**

PRESENTA
EDÉN VILLARREAL ÁLVAREZ

No De Control: 12270087

PERIODO
ENERO-JUNIO 2016
CELAYA, GUANAJUATO, MÉXICO.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
ESTADO DEL ARTE	6
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	9
PROBLEMAS A RESOLVER	10
DESARROLLO DE ACTIVIDADES	11
Revisión De Los Bancos Del Laboratorio De Pruebas.....	14
Cámara Climática. I-15.....	15
Banco De Durabilidad. I-17	17
Banco De Fatiga. I-14-01.....	18
Banco De Torsión Estática. I-14-02	20
Herramientales De Transformación. 8 A 4 Barrenos.	22
PROPUESTAS DE DISEÑO	23
Propuesta De La Cámara Climática. I-15.....	23
Propuesta Del Banco De Durabilidad. I-17	28
Propuesta Del Banco De Torsión Estática y Fatiga. I-14-01&02.....	30
Herramientales De Interfaz Y De Protección.....	33
Ventajas De Adoptar Un Estándar En Los Herramientales De Prueba	38
DESARROLLO DE DISPOSITIVOS DE CALIBRACIÓN	39
Calibración: Banco De Prueba De Torsión Estática I-14-02 Y De Fatiga I-14-02, I-02-01, I-02-02.....	39
PROPUESTA DE CALIBRACIÓN	46
Selección De La Junta Universal De Hook.....	47
RESULTADOS	54
Herramientales Fabricados.....	54
Herramientales Instalados	63
Método De Calibración. Junta Universal De Hook.	71
CONCLUSIÓN.....	78
APENDICE	80
APENDICE A. TIPOS DE TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS.....	80



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**



APENDICE B. AJUSTES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES..... 84
APENDICE C. RODAMIENTOS 88
REFERENCIA..... 96



INTRODUCCIÓN

Los elementos mecánicos dentro de la industria, cuya finalidad es ser comercializados para distintos usos, algunos de mayor exigencia que otros, comúnmente necesitan llevar consigo alguna seguridad de que no fallaran a ciertas situaciones, para ello se lleva a cabo diferentes pruebas en las que se analizan su capacidad ante ciertos esfuerzos (cortantes, flexionantes), ciclos de vida en caso de ejes, resistencia a altas y bajas temperaturas, durabilidad, entre otras pruebas. En muchas partes del mundo estas pruebas son realizadas bajo condiciones controladas, con esto se asegura que los resultados obtenidos tengan una fiabilidad, además de que los elementos mecánicos enfocados a la industria aeroespacial, automotriz no siempre actúan en condiciones ideales lo que hace aún más difícil mantener un estándar acerca de las verdaderas fuerzas que intervienen durante los procesos, al igual que la temperatura, presión, ya que estos factores pueden ser afectados por condición de uso, años de la máquina, etcétera.

Estos elementos para ser probados necesitan de herramientas que ayuden a que no existan variaciones en las pruebas, esto se refiere a discrepancias en las fuerzas que interviene, torque, velocidad, aceleración, movimientos (axiales o radiales) o que disminuyan las mismas para obtener resultados confiables, además de asegurar que el elemento no sufrirá daño alguno provocado por el herramental de prueba.

El presente trabajo tiene suceso en el laboratorio de pruebas de una empresa manufacturera del ámbito automotriz, en donde se realizan ensayos a los elementos de transmisión de potencia o flechas homocinéticas, con la finalidad de verificar que cumplan los requerimientos expuestos en la norma ISO/TS 16949:2009 en donde a grandes rasgos se hace referencia a las especificaciones que solicitan los clientes que en este caso se tratan de las armadoras de vehículos, requerimientos técnicos de la industria automotriz además de las ISO 9001:2008 en gestión de calidad, ISO-14000 que trata de las responsabilidades ambientales de la empresa y del producto con el medio con el que convive. Con todo lo anterior, se describe que las CVJ's (Junta De Velocidad Constante, por sus siglas en inglés) deben de cumplir estándares de prueba distintas a las medidas de ensayo (torque, temperatura, velocidad, ángulo), a lo que se refiere es a los herramientas con los cuales son probados en los bancos de ensayo, dichos herramientas vienen dados por un estándar interno de la empresa a nivel mundial, sumando que en ocasiones el mismo estándar esta dictado por los clientes.

Además de tener herramientas que cumplan con el estándar también es necesario que los mismos bancos estén en perfectas condiciones, para arrojar resultados confiables y sobre todo verídicos, con los cuales se puedan validar proyectos y modelos de CVJ's, para ellos se requiere la obtención de dispositivos de calibración que den seguridad de que los bancos de prueba (Torsión, Fatiga, Durabilidad) en verdad ejercen la fuerza y torque, hacia el elemento como lo indica el panel de control, con ello contribuye a que los bancos se mantengan en óptimas condiciones para realizar pruebas fiables..

Actualmente existen herramientas de prueba para las flechas homocinéticas (CVJ's) pero estos tienen otra característica, están basados bajo otra norma lo cual ocasiona algunos inconvenientes cuando llegan especificaciones donde indiquen el uso de los herramientas estándar, por otro lado los dispositivos de calibración existentes cada día son más obsoletos y con menor margen dentro de los nuevos requerimientos de la industria automotriz. El desarrollo de los herramientas para que cumplan el estándar internacional para las pruebas, con ello tener la certeza de que las flechas son sometidas a ensayos confiables en el resultado, como producto de que los bancos están en perfectas condiciones y estrictamente calibrados y que aseguren la transmisión de fuerza, velocidad, y torque en las pruebas señaladas para cada tipo de flecha.

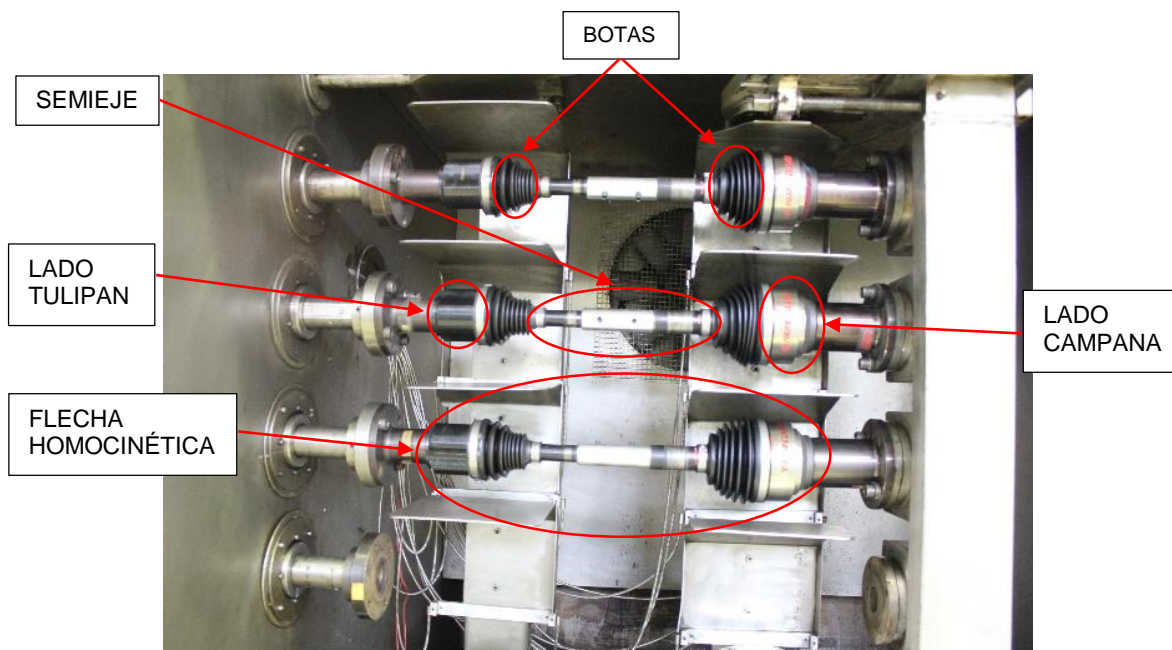


Figura. 1 Descripción De Una Flecha Homocinética

ESTADO DEL ARTE

En el laboratorio de pruebas de la empresa manufacturera GKN DRIVELINE de giro automotriz donde se llevan a cabo diferentes pruebas para las flechas homocinéticas, se tiene un detalle de que los herramientas de interfaz entre las flechas y los bancos no son estándares, con lo que se tiene una gran gama de herramientas para cada tipo de prueba, con ello se afecta entre otras la fiabilidad de la prueba, además de que existe la probabilidad de que ciertos modelos de flechas se deban de realizar la prueba bajo el estándar de la empresa lo cual ya ocasiona un problema, sumando que con los herramientas actuales no se asegura que las flechas no sufran alguna fuerza externa que afecte directamente a la prueba. Se debe de diseñar nuevos elementos de prueba, para adoptar el estándar de la empresa, y que a corto plazo sea el único medio de prueba, así se obtendrían muchas ventajas, la principal es homologar la dimensión del herramental en todos los bancos.

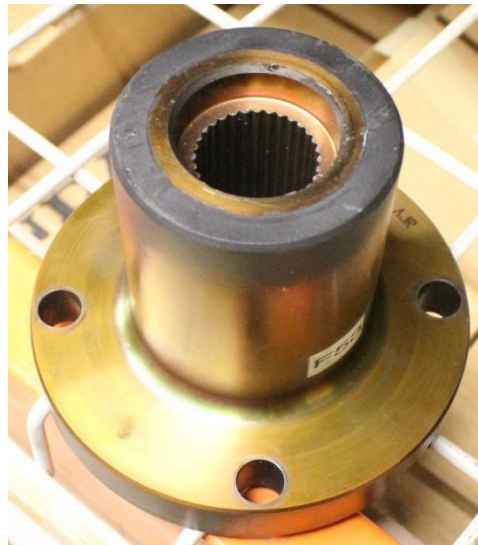


Figura. 2 Herramental De Prueba Actual

Para los dispositivos de calibración se tiene que en muchas ocasiones los equipos para calibrar a cada bancos no se encuentran en la planta esto se debe a que son equipos que frecuentemente están siendo enviados a otras plantas de la compañía alrededor del mundo, y se tiene que esperar a que regresen por unos días para poder calibrar a los bancos, mientras se espera la llegada del equipo, los bancos pasan grandes periodos con la misma calibración, con el uso y modificaciones debido a mantenimiento, esta calibración puede verse afectada, esto conlleva a que se arrastre un error mayor en cada prueba realizada.



Figura. 3 Equipo actual para la calibración de torque en banco de fatiga

El equipo para la calibración solo puede tenerse por una temporada en la planta para la disponibilidad de los bancos estos instrumentos viajan alrededor del mundo por las diferentes plantas de GKN en el mundo. Entonces cuando no se tiene la disponibilidad del equipo se utiliza un método para calibrar los bancos, utilizando elementos que podrían no garantizar la fiabilidad de la calibración.



JUSTIFICACIÓN

El diseño de los instrumentales que sirvan de interfaz entre los bancos y las flechas con un estándar internacional trae consigo muchos beneficios entre ellos que las pruebas adoptan una escala de seguridad mayor en cuanto a fiabilidad de resultados se refiera, además de que se homologan los instrumentales para reducir el número de los mismos, los bancos serán actualizados para poder recibir el nuevo estándar sin problemas, lo que coloca al laboratorio de pruebas de GKN Celaya en un margen internacional para realizar pruebas bajo las normas más estrictas dictadas por la industria automotriz.

En cuanto a los equipos de calibración es necesario desarrollar y diseñar un sistema y hacerse de instrumentos que puedan ser propiedad del laboratorio, y estén disponibles en cualquier momento, para realizar la calibración, según lo indique el programa de mantenimiento de los bancos de prueba.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar herramientas de interfaz entre las flechas homocinéticas y los bancos de prueba, además de equipo de calibración para los bancos de pruebas, del laboratorio de pruebas de la empresa GKN DRIVELINE.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar y desarrollar herramientas para homologar el interfaz entre las flechas homocinéticas y los bancos de prueba.
- Implementar un estándar internacional en las pruebas de las flechas homocinéticas con el uso de los herramientas de ciertas características impuestas por la industria automotriz.
- Desarrollar los equipos de calibración para uso permanente en la planta, que aseguren el buen estado de los bancos durante las pruebas.
- Disminuir la cantidad de herramientas en el almacén, con ello reducir el gasto en la fabricación de los mismos.
- Posicionar al laboratorio de GKN Celaya al nivel de otros laboratorios en el mundo mediante la adopción de un estándar internacional en los herramientas de prueba.



PROBLEMAS A RESOLVER

1. En el laboratorio de la empresa se realizan las pruebas con herramientas adaptados exclusivamente para cada tipo de banco, y eso ocasiona que se tenga un número considerable de herramientas en el almacén provocando sobrepoblación de los mismos.
2. Cada tipo de herramienta se limita su uso a las especificaciones de prueba, en donde se puede encontrar que algunas requieren ocho áreas de contacto para asegurar que no exista alabeo cuando se somete a pruebas con grandes velocidades, además de que el round out debe de ser lo más preciso posible.
3. La empresa cuenta con especificaciones para un herramienta estándar, pero no todos los bancos están adaptados para ese tipo de herramienta, por lo que se será necesario cambiar cabezales de los bancos para que así puedan alojar los nuevos herramientas con los requerimientos estándar.
4. Los instrumentos de calibración para los bancos de pruebas (Fatiga, estructurales) son equipos que tienen que ir a otros laboratorios para su uso, lo que provoca que las maquinas pasen largos periodos con una calibración que con el tiempo y uso se deteriora.
5. Algunos equipos de calibración existentes presentan desgastes importantes por lo que su eficiencia y precisión comienza a ponerse en duda, esto es suficiente para poner en tela de juicio los resultados que indiquen.

DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Se comenzó realizando una revisión a los herramientas existentes en el almacén, con la finalidad de familiarizarse y ver cuáles son las características de los cuales carecen y así poder iniciar el diseño y las primeras propuestas, se hizo una inspección de cada tipo de herramienta y para que banco estaba destinado, posteriormente se hizo una revisión del banco de prueba.

El diseño del herramienta estándar, el cual la finalidad es homologar su uso en los diferentes bancos del laboratorio se inicia a partir de los requerimientos de la empresa, donde se estipula el uso de herramientas con ocho áreas de contacto para asegurar la fijación del herramienta de prueba a la flecha homocinética, así como el uso de tornillos M12X1.75, para no causar afectaciones en la aplicación de torque y velocidad además de asegurar la posición, esto se consigue con el uso de ocho barrenos, con los cuales se cumplen las ocho áreas de contacto entre el herramienta de prueba y los cabezales de las máquinas, esto con la ayuda de pilotos que tiene los cabezales y los herramientas asegurando que el round out de la pieza sea mínimo.



Figura. 4 Herramiental de prueba de 8 barrenos

Este herramienta de prueba le cual se pretender implementar en todo el laboratorio, tiene como característica, el pilo estándar y como se puede observar en la figura 4 los 8 barrenos para alojar los tornillos que indica el estándar de la empresa.

Se debe de considerar que en la flecha homocinética sus extremos son diferentes, en dimensiones y características (lado campana y lado tulipán), por ello los herramientas que se usan contienen diferentes tipos de pilotos en donde la parte llamada campana su piloto es más chico que el lado tulipán que es más grande haciendo referencia a los pilotos.

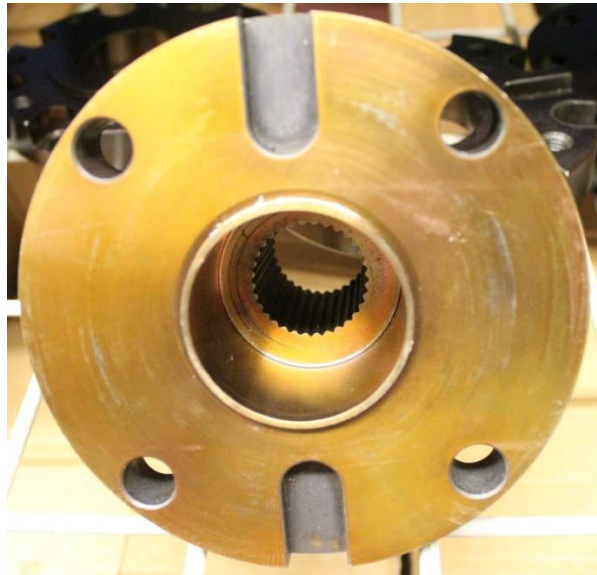


Figura. 5 Herramental de prueba lado tulipán

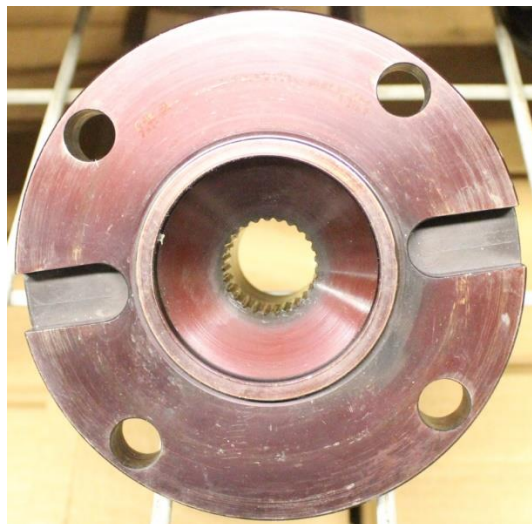


Figura. 6 Herramental de prueba lado campana

Es así que se tiene dos tipos de herramientas para las pruebas en flechas, por lo que el número de estos incrementa según el número de modelos de flechas homocinéticas a probar. Estos son los herramientas que van conectados a las flechas para posteriormente sujetarse a los bancos.

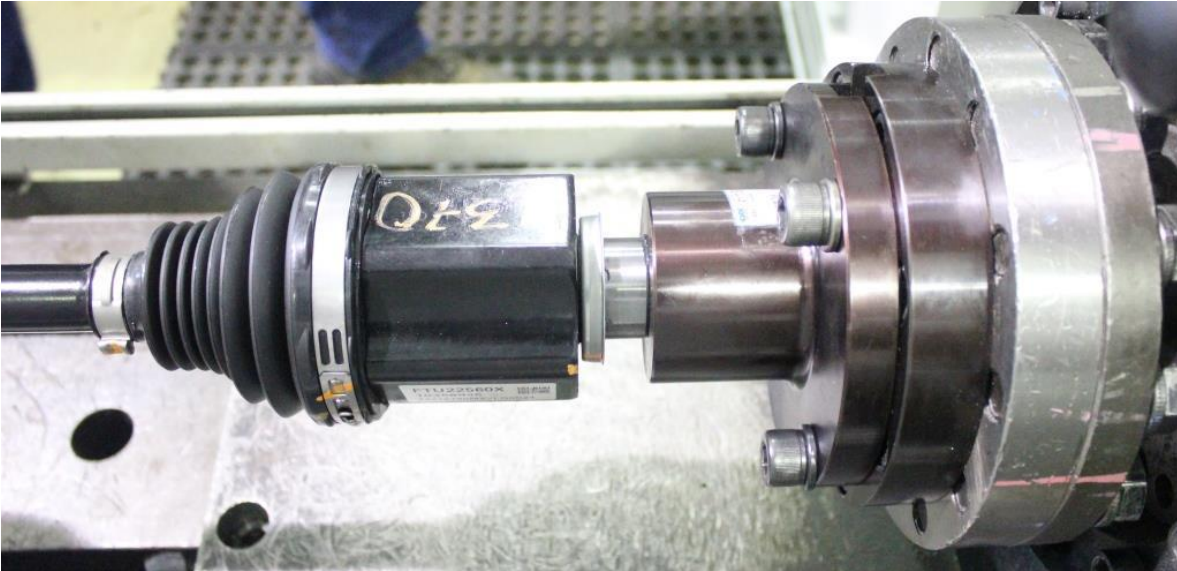


Figura. 7 Herramental de prueba conectado a la flecha y sujetado al banco de fatiga lado tulipán

Como se observa en la figura 6 entre el herramental de prueba y el cabezal del banco se encuentra un herramental de interfaz, el cual solo contiene conexión a 4 barrenos y los 8 del banco, los tornillos que se utilizan para ello son de medida estándar de $\frac{1}{2}$ " X 13 UNC

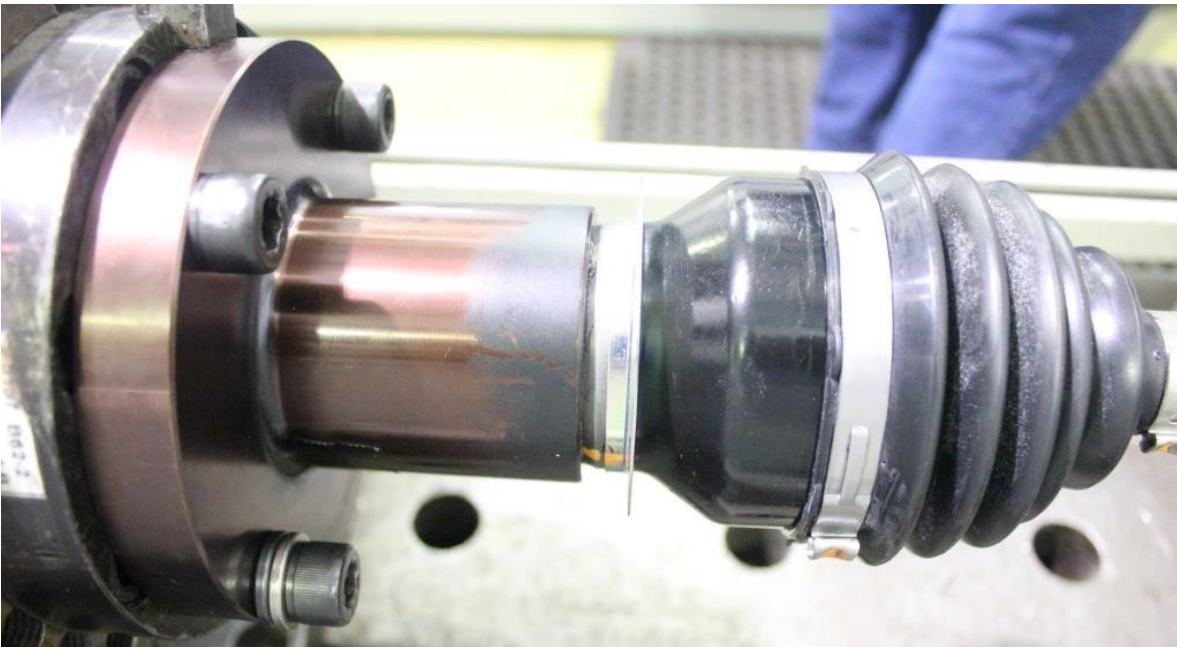


Figura. 8 Herramental conectado a la flecha y sujetado al banco de fatiga lado campana

Del lado campana no se instala ningún interfaz de conexión entre el herramental de prueba y el banco, además utiliza la medida estándar de tornillo $\frac{1}{2}$ " X 20 UNF, por lo que el técnico



de pruebas debe de tener conciencia de los tipos de tornillos que se manejan, y cuidar en no intercambiar de lado los tornillos, este es el estándar de pruebas que se viene manejando en la empresa.

Pero ahora se hace la propuesta de homologar el tamaño del piloto con el cambio de cabezales en los bancos y así utilizar un tipo de herramienta para todos los bancos, estandarizar el tamaño de los tornillos ahora se utilizara M12X1.75 y manejar un diámetro para todos los herramientas de interfaz son excepción de los bancos de pruebas estructurales. Con ello se da a entender de que será necesario modificar los cabezales de las máquinas, en algunas modificar en otras realizar un cambio total, para poder adoptar el estándar, con los ocho barrenos, y el tamaño de los pilotos.

Revisión De Los Bancos Del Laboratorio De Pruebas

Se comenzó con la revisión de todos los bancos, para realizar un levantamiento de que modificaciones se deben de realizar a cada máquina para la propuesta de mudar a los nuevos herramientas. En el laboratorio se realizan pruebas de fatiga, en donde se busca encontrar la falla en las flechas, a que torque y en qué frecuencia (Hz) ocurrió la falla, las otras fallas que se presentan en los elementos son la deformación plástica, la fluencia en los estriados, esto se realiza en el banco I-14-01, también se hacen pruebas de torsión, aquí la flecha es sometida a un esfuerzo torsional hasta el punto de fluencia y posteriormente a la ruptura del metal, el objetivo es encontrar a que fuerza par falló el elemento, aquí también es muy común encontrar deformación plástica en los estriados, esfuerzos cortantes, esto se realiza en el banco I-14-02, se cuenta con cámaras climáticas, donde se hacen uso de sistemas de calentamiento y de enfriamiento, con el fin de probar a los guardapolvos de grasa en las flechas, ocurre que la grasa sufre cambios en sus propiedades a causa de los cambios de temperatura, esto provoca que las retenes fallen y se rompa el polímero del que está fabricado, en estas cámaras las flechas con sometidas a distintos ángulos, a revoluciones menores, simulando su uso en un vehículo convencional, esto se realiza en las cámaras I-15 e I-20, además se hacen pruebas de durabilidad, en donde se comprueban la resistencia de los materiales en largos periodos, las flechas se ponen a girar a distintas revoluciones por varios días, todo con la finalidad de probar los elementos internos del elemento, su desgaste por fricción, su exposición a altas temperaturas, se presentan fallas como, la rotura de elementos por su uso rudo, deformaciones por el choque continuo entro ellos.

Entre otras pruebas que se realizan se encuentra la de ruido que consiste en verificar que la flecha no tenga elementos sueltos y provoque algún disturbio, el banco de vibraciones, en donde se busca encontrar las fallas por vibración, y su frecuencia de resonancia, el banco de Backlash, esta prueba se hace para comprobar el estado de sujeción de todo el ensamble de la flecha, el juego interno que tiene el elemento, además de pruebas cuasi-estáticas, pruebas salinas, para comprobar su resistencia a la corrosión, pruebas sumergidas para verificar que no existan filtraciones. A los bancos que se le realizara una modificación serán los que no tienen la posibilidad de adoptar el estándar de 8 barrenos, por lo que no todos los bancos serán intervenidos, para esta modernización.

Cámara Climática. I-15

Se comenzó con la cámara climática I-15 para las pruebas de botas (guardapolvos) en esta máquina se manejan temperaturas altas de hasta 150°C y a la baja puede llegar a indicar -40°C, para probar la calidad de las botas y de la grasa, en esta cámara las revoluciones son muy altas, el torque es bajo, se manejan revoluciones de hasta 2,800 rpm, pero las pruebas están muy por debajo de esa cantidad, además de que el material del cabezal debe de ser un acero adecuado para las prueba con las temperaturas mencionadas.



Figura. 9 Cámara climática I-15. Cold And Hot Boot Test Rig

Se le hizo un levantamiento de los cabezales con los que cuenta la cámara y ver cuáles serían los posibles inconvenientes para uso de los nuevos herramientas con el estándar de ocho barrenos de sujeción.

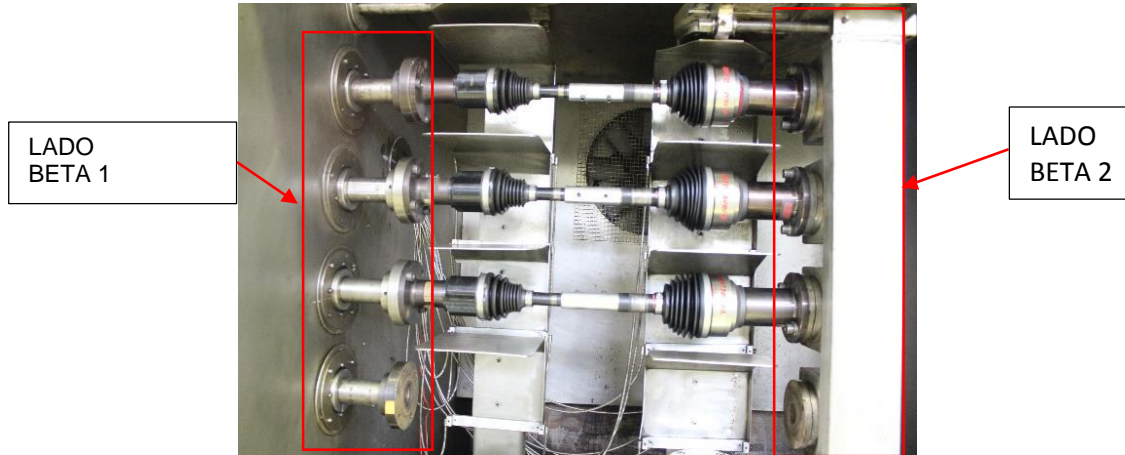


Figura. 10 Flechas instaladas en cámara climática I-15

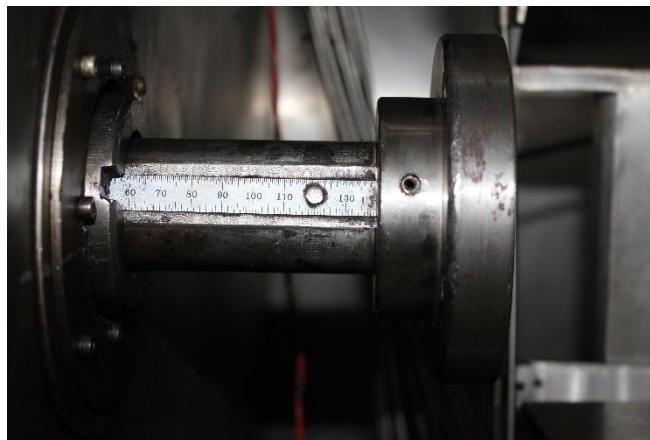


Figura. 11 Cabezal Lado Beta 1. Climatic Chamber

De los problemas a los que se podría encontrar para reemplazar los cabezales de la cámara climática fue que el diámetro para adoptar el estándar tendría que ser mayor y el espacio entre cabezales fue una de las preocupaciones. Pero se hizo la revisión de la longitud disponible y resulto ser adecuado para los nuevos cabezales.



Figura. 12 Cabezal lado Beta 2. Climatic Chamber

Del mismo modo se hizo la revisión de la longitud disponible en el lado de beta 2 de la cámara, y se obtuvieron los mismos resultados, y sin problemas si puede cambiar el diámetro de los cabezales de la cámara climática.

En la cámara climática no será necesario utilizar algún herramental de interfaz, por lo que se omite su diseño y solo se enfoca en la realización de una propuesta para los cabezales que pueda ser capaz de albergar el estándar y la configuración actual de prueba para evitar el uso de algún otro herramental.

Banco De Durabilidad. I-17

Se continuó con el banco de prueba de durabilidad, nuevamente se realizó una revisión de los cabezales y ver cuáles son las características y ver la posibilidad de albergar los nuevos herramientas. Fue turno del banco I-17, se hicieron las observaciones necesarias para la posibilidad del cambio de herramientas.

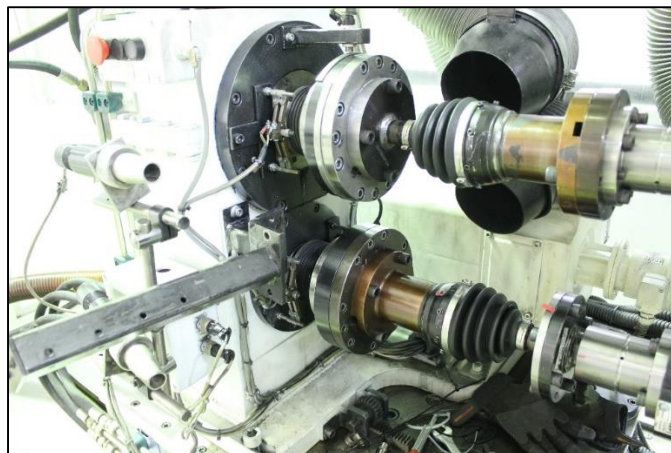


Figura. 13 Endurance Test

En este banco se encontró que utiliza un cabezal de protección para la celda de carga que trae la máquina, y este su diseño es distinto, viene sujetado por 12 tornillos M16 y trae 4 barrenos de tornillo estándar para adoptar los herramientas de prueba además de dos cuñeros, en este tipo de pruebas los torques son bajos pero las revoluciones son muy altas, por lo que asegurar que el desplazamiento de los herramientas no exista o sea mínima es de mucha importancia, la importancia de diseñar un cabezal que pueda soportar las temperaturas que se generan en el rotor del cabezal del banco, seleccionar un acero y tratamiento que cumplan con lo necesario para poder ser utilizado en este tipo de pruebas.

Se decidió cambiar el cabezal de protección para adoptar el tipo de piloto estándar y pasar de 4 a 8 barrenos para la sujeción de los herramientas de prueba, eliminando así el uso de cuñas en los herramientas, además de que se homologa los herramientas para otras máquinas, reduciendo así la cantidad de herramientas que se deben de utilizar.

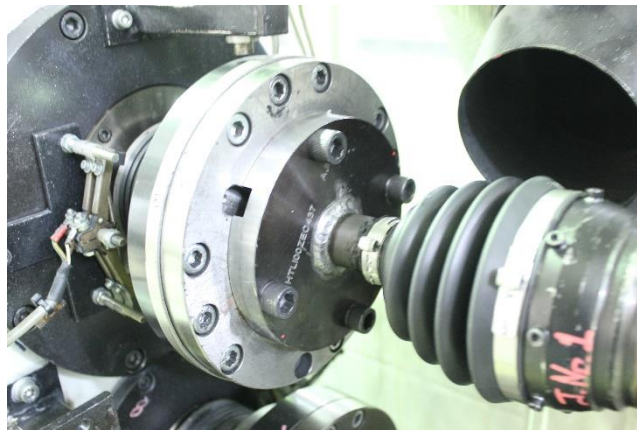


Figura. 14 Cabezal de la I-17

Con el cambio de cabezales en la maquina se quita el problema de que solo se pueden probar campanas o tulipanes, con ello se deja a criterio el tipo de prueba y lo que se desea probar, ya que cualquier herramental estándar de la empresa podría montarse y ser utilizado en la prueba.

Banco De Fatiga. I-14-01

Se procedió a realizar lo mismo con los bancos estructurales de fatiga, en donde se tuvo que realizar el diseño de nuevos cabezales para la aplicación de los nuevos herramientas, este banco tiene la característica de que como su nombre lo indica provoca la falla por fatiga en las flechas homocinéticas, comúnmente en el semieje, o la junta deslizante (Lado Tulipán), en él se maneja un torque alto, entre 2,500 a 3,000 N-m, por lo que se requiere

un herramental que pueda soportar estas cargas, y un cabezal que sea la interfaz entre el actuador y la flecha que adsorba todas esas irregularidades para que el torque transmitido sea lo más puro posible.



Figura. 15 Test Fatigue Rig. I-14-01

En ambos extremos los cabezales actuales son diferentes, por lo que se tiene que considerar cuáles serán los cambios a realizar en este banco. Comenzamos con el lado tulipán se encontró que su cabezal actual tiene 8 barrenos M16 para sujeción al banco y 8 barrenos M12, por lo que lo único que se debe hacer es una modificación para poder recibir herramientas de ocho barrenos, sin cambiar el cabezal actual, y con ello proteger la celda de carga y realizar las pruebas con toda la normalidad.

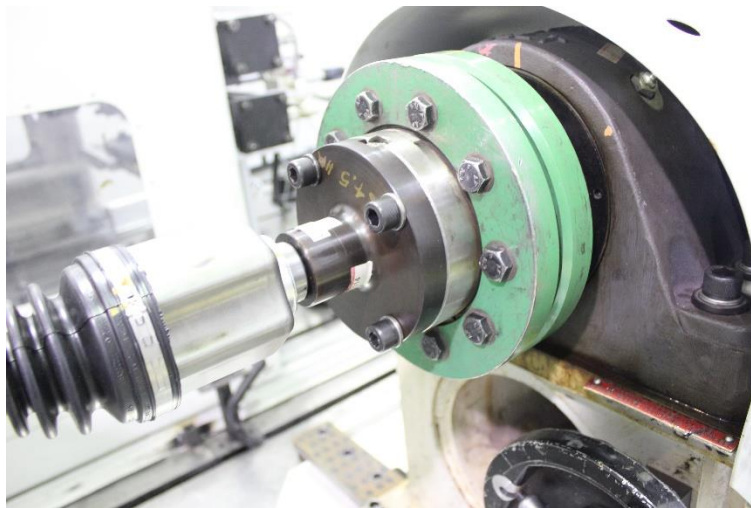


Figura. 16 Lado Tulipán o Junta Deslizante. Test Fatigue Rig

Del lado campana se encontró que el cabezal tiene la posibilidad de albergar herramientas de 8 y 4 barrenos, y tiene cuñeros, pero el estado en el que se encuentra es de deterioro avanzado por el uso con torque y frecuencia, así que se toma la decisión de diseñar un cabezal que supla el actual, y que solo tenga la característica estándar, de 8 barrenos y piloto macho de 90mm de diámetro.

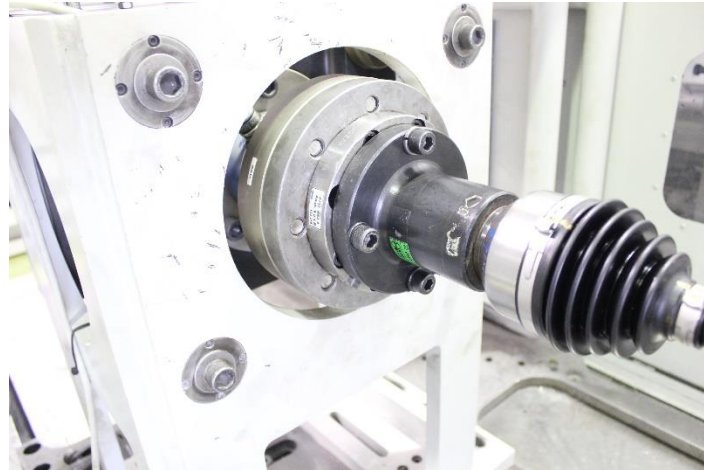


Figura. 17 Lado Campana O Junta Fija. Test Fatigue Rig

Banco De Torsión Estática. I-14-02

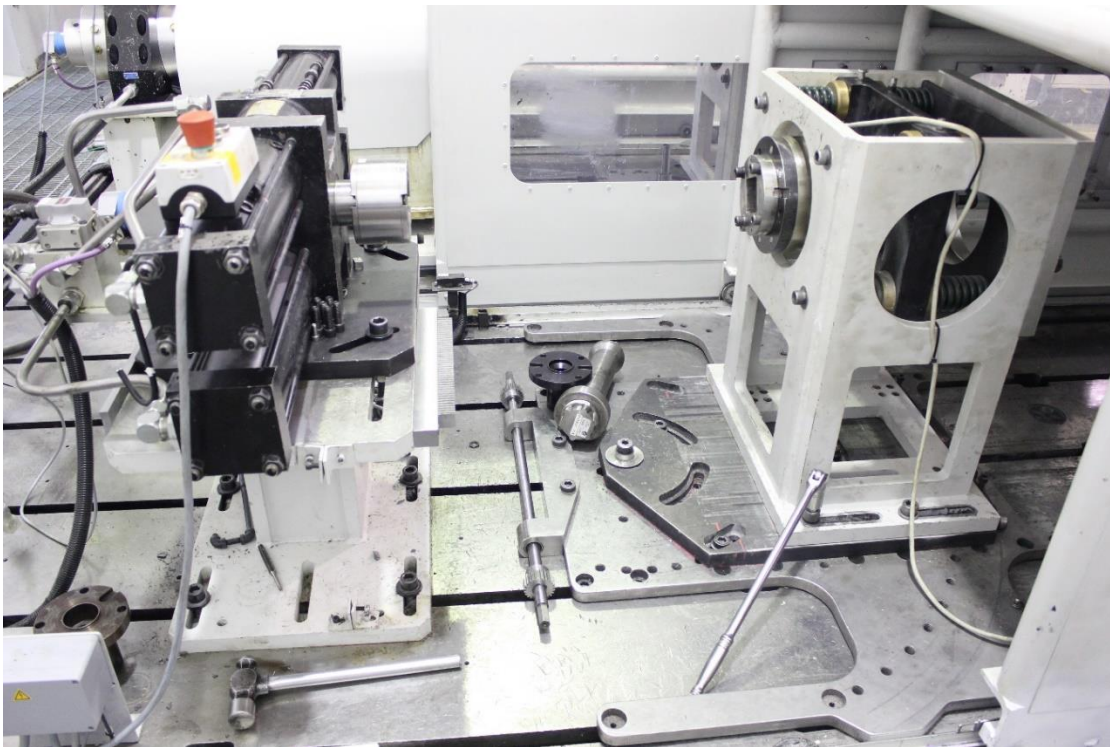


Figura. 18 Banco De Torsión Estática. Torsion Static Rig

En este banco se encontraron características similares al banco de fatiga, en el cabezal lado campana, tiene un diseño similar, y se opta por diseñar un mismo cabezal para ambos. En este banco el momento par es mucho mayor al de fatiga está se encuentran entre 8,000 a 8,500 N-m por lo que para elegir el material del cabezal debe de considerarse ese dato, ya que se requiere que pueda soportar también esa misma carga.

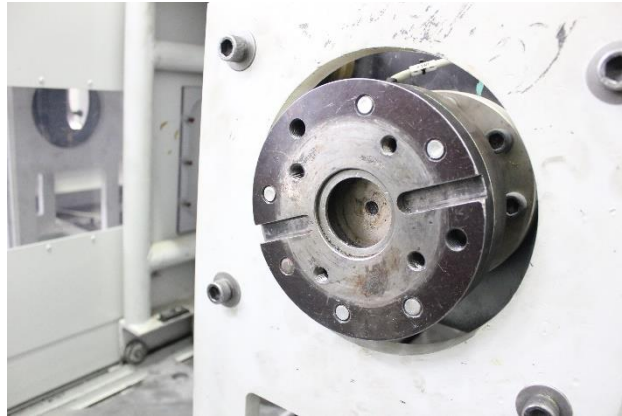


Figura. 19 Lado Campana. Test Torsion Static

La diferencia con respecto a la de fatiga es que este cabezal solo tiene para herramientas de 4 barrenos, en lo demás es similar. Por ello se diseñara un cabezal para ambos bancos.

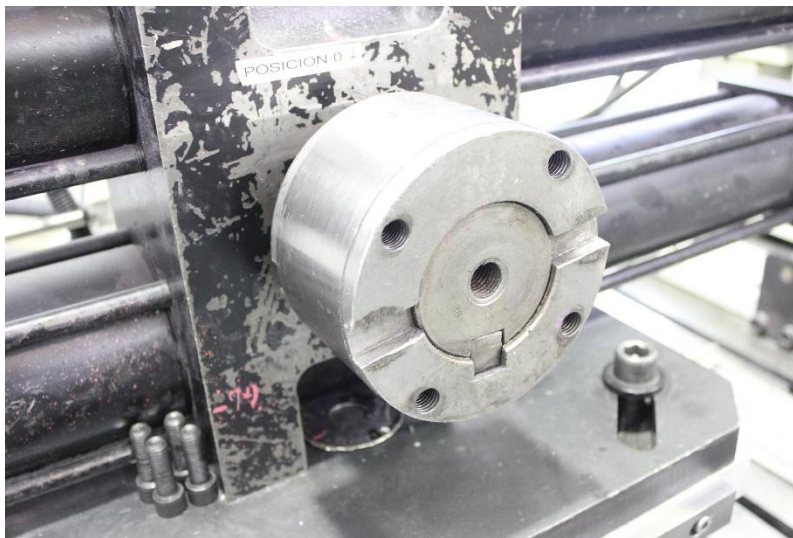


Figura. 20 Cabezal Lado Tulipan. Test Torsion Static

En el lado tulipán se encuentra un cabezal de mayor volumen, el motivo es que la torsión aplicada por el actuador es aproximadamente de 8 a 8,5 kN-M y el elemento debe de soportar esta gran cantidad de fuerza-par. Se diseñara un nuevo cabezal en donde contenga los 8 barrenos y eliminar las cuñas.



Estos son los únicos bancos que requieren modificaciones y cambios para poder adoptar el estándar de 8 barrenos en el laboratorio, además del diseño unos herramientas que servirán de apoyo en las máquinas para el uso aun de herramientas de 4 barrenos, que en un periodo corto se dejaran de usar y así manejar una sola medida de herramientas.

Herramientales De Transformación. 8 A 4 Barrenos.

Una vez que los cabezales hayan sido cambiados al estándar, solo podrán colocarse herramientas de prueba que tenga 8 barrenos, pero el laboratorio aun cuenta con un número importante de herramientas de 4 barrenos, así que para evitar el desecho de esa cantidad de piezas, se opta por diseñar un herramental de transformación, para pasar de 8 a 4 barrenos, y con ello poder seguir haciendo uso de esos elementos hasta su deterioro total, cada vez con menos frecuencia claro esta ya que la prioridad en las pruebas será utilizar los herramientas de 8 barrenos.

PROPUESTAS DE DISEÑO

Se realizó la propuesta de diseño para cada problema presentado en los bancos, siempre siguiendo el estándar de la empresa, se hicieron los modelados en 3D haciendo uso de un software de diseño en este caso fue el Inventor Fusion, en donde se realizaron todas las propuestas de los cabezales y adaptadores y los planos se realizaron en el software de diseño AutoCAD, se hizo el uso de estos programas, ya que la empresa me brindo la licencia de ambos para hacer uso completo de los paquetes.

Propuesta De La Cámara Climática. I-15

Se hizo la propuesta de los nuevos cabezales de la cámara climática, se realizó la observación de que se puede albergar ambas configuraciones de barrenos tanto de 8 y 4, y así no utilizar herramientas de transformación, ya que el torque usado es bajo y los cabezales no están sometidos a grandes esfuerzos que puedan causar algún daño severo durante las pruebas.

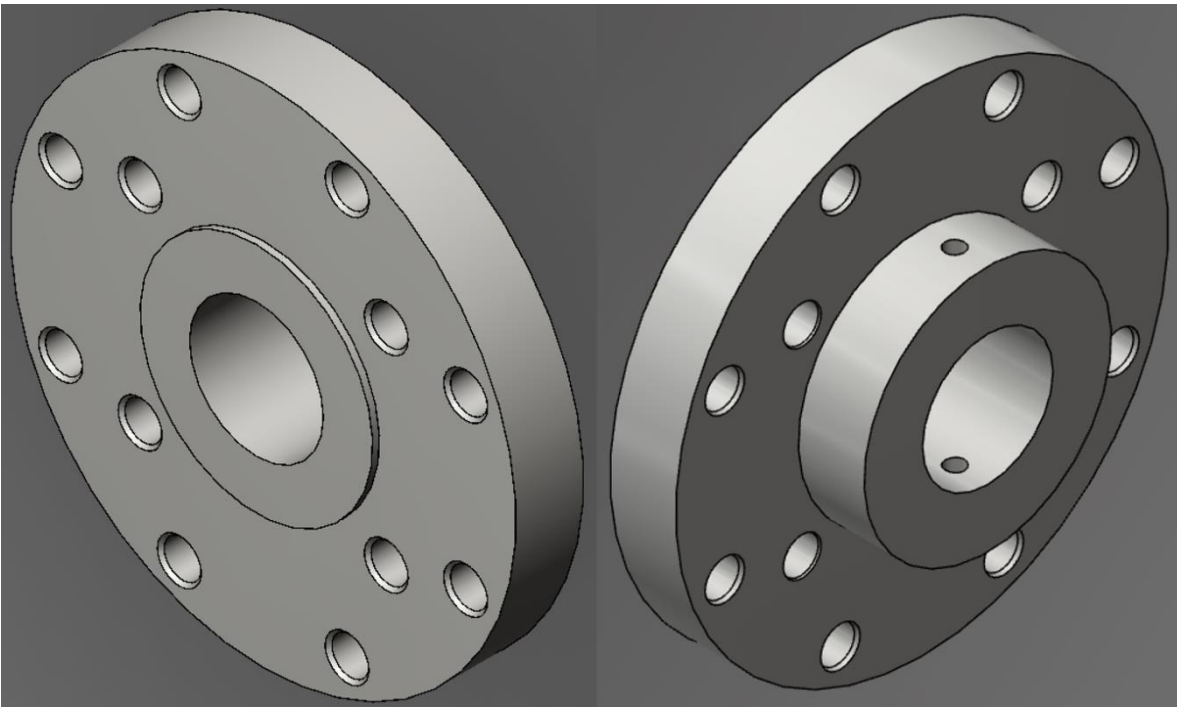


Figura. 21 Propuesta del cabezal Beta 1. Climatic Chamber I-15. Inventor Fusion 2013.

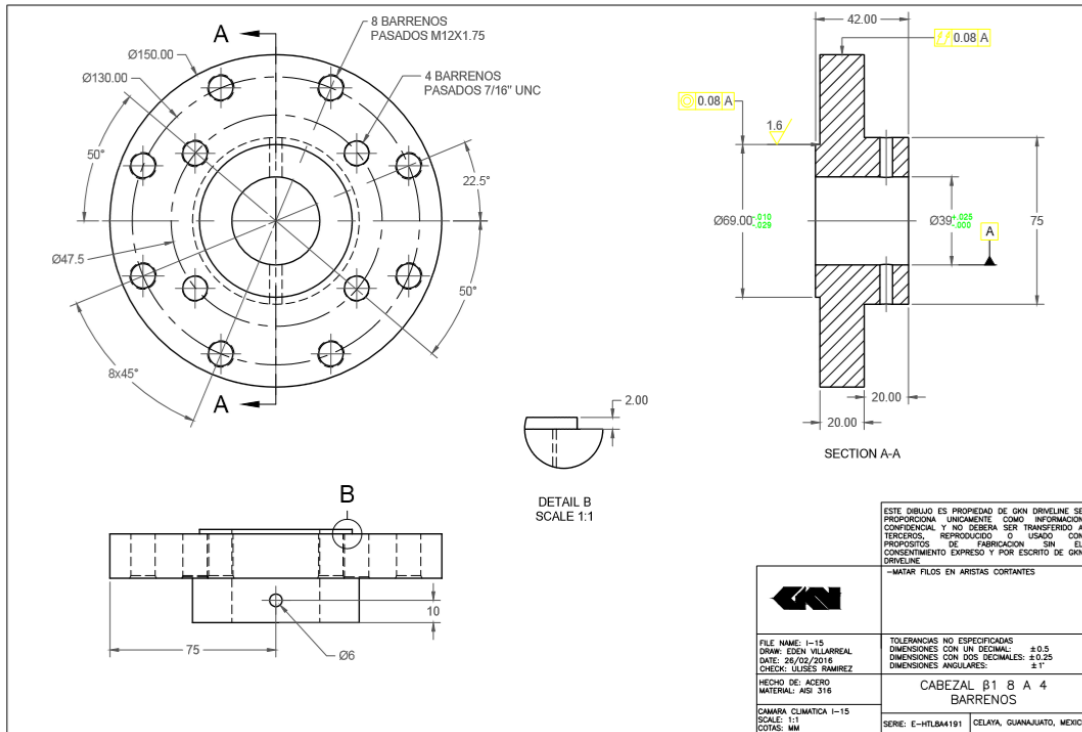


Figura. 22 Plano de la propuesta Beta 1. Climatic Chamber. AutoCad 2012

Para este cabezal se propone que el material de fabricación sea un acero inoxidable, para que sea capaz de soportar los cambios de temperatura y evite proporcionalmente la oxidación que es muy importante cuidar.

Tabla 1 Propuesta Del Cabezal Beta 1

CÁMARA CLIMÁTICA I-15	
Diámetro Mayor	El diámetro de es 150mm como lo marca el estándar de la empresa.
Diámetro de los 8 barrenos	El diámetro es de 130mm como circulo base, según el estándar.
Diámetro de los 4 barrenos	El diámetro es de 95mm conservando el diseño de los antiguos cabezales para el uso de los herramientales de las mismas características.
Diámetro del piloto	El diámetro del piloto es de 69mm también se conserva la medida de los anteriores cabezales.
Material	Acero Inoxidable, AISI 306, por sus propiedades ante la corrosión y su dureza

Como se aprecia en el plano de la figura 22 y en la Tabla 1, se conservan algunas cuestiones de los cabezales anteriores, en el estándar marca que el piloto debe de ser macho y de diámetro 90mm, pero en la propuesta se indica un diámetro 69mm de los anteriores herramientales, esto se debe a que los herramientales de 4 barrenos tiene ese medida en su piloto, entonces se debe de tomar una decisión acerca de cómo poder montar el estándar con el diámetro de 90mm, y la solución que se dio fue el uso de un arillo, que pueda completar el diámetro estándar y para el uso de los nuevos herramientales, este arillo tendría las mismas propiedades que los cabezales y sería un elemento de uso continuo.

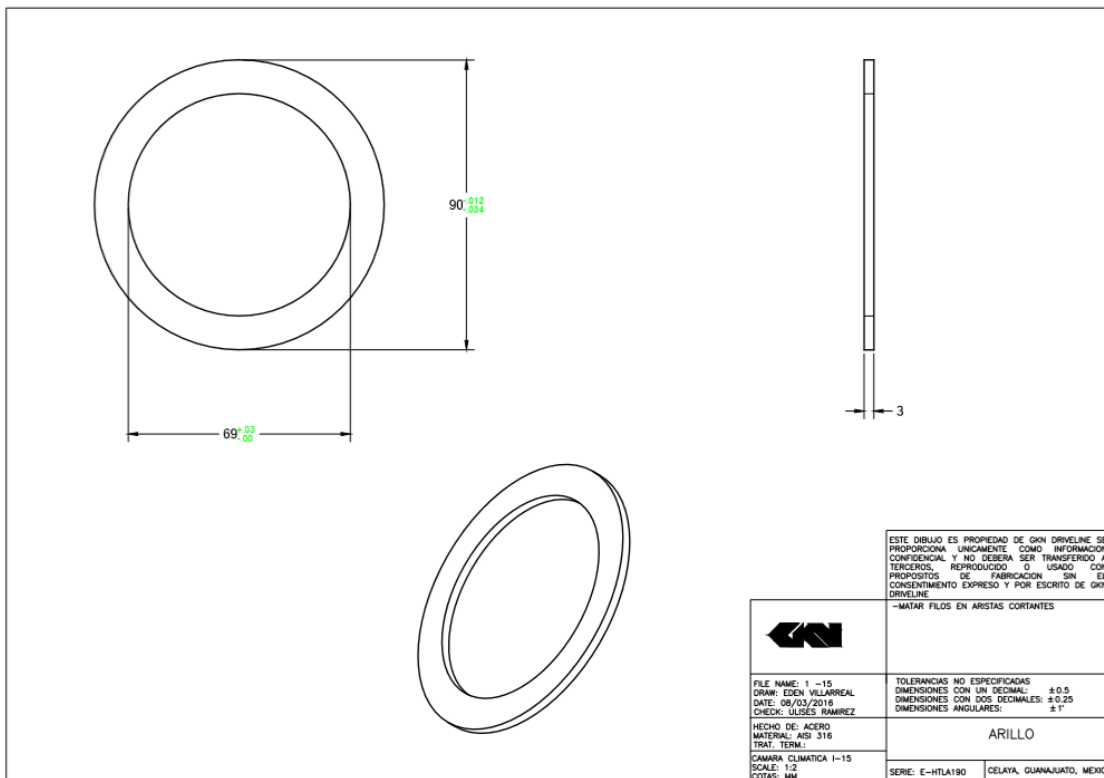


Figura. 23 Plano del arillo de propuesta. Climatic Chamber I-15. AutoCad 2012

Se pretende que con esta propuesta se pueda solventar esta problemática de los diámetros de los pilotos, de lo contrario se deberá tomar una decisión acerca de cuál será el diámetro que se usará, y esto podría desembocar en el diseño y desarrollo de dos tipos de cabezales y cambiarlas cuando ya no existan herramientales de 4 barrenos lo cual representaría realizar un trabajo extra que afectaría el tiempo de las pruebas ya que sería necesario intervenir la máquina para realizar el cambio de cabezales.

También se hizo la propuesta del cabezal Beta 2, el detalle de este cabezal es que esta unido con el eje forman el mismo cuerpo, además de otros detalles para que pueda ser instalado en la cámara climática.

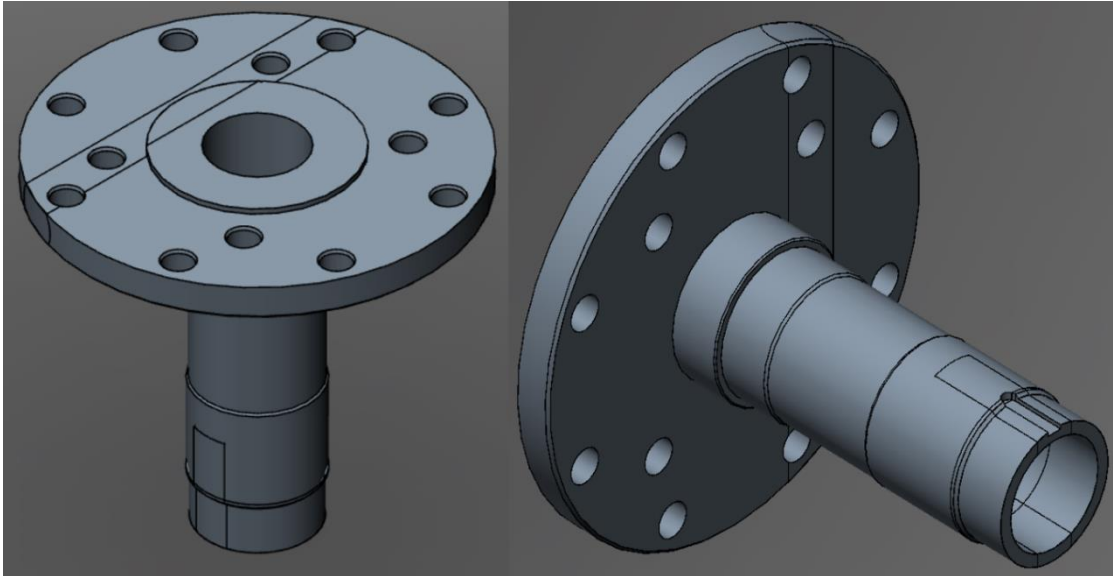


Figura. 24 Propuesta del cabezal Beta 2. Climatic Chamber I-15. Inventor Fusion 2013.

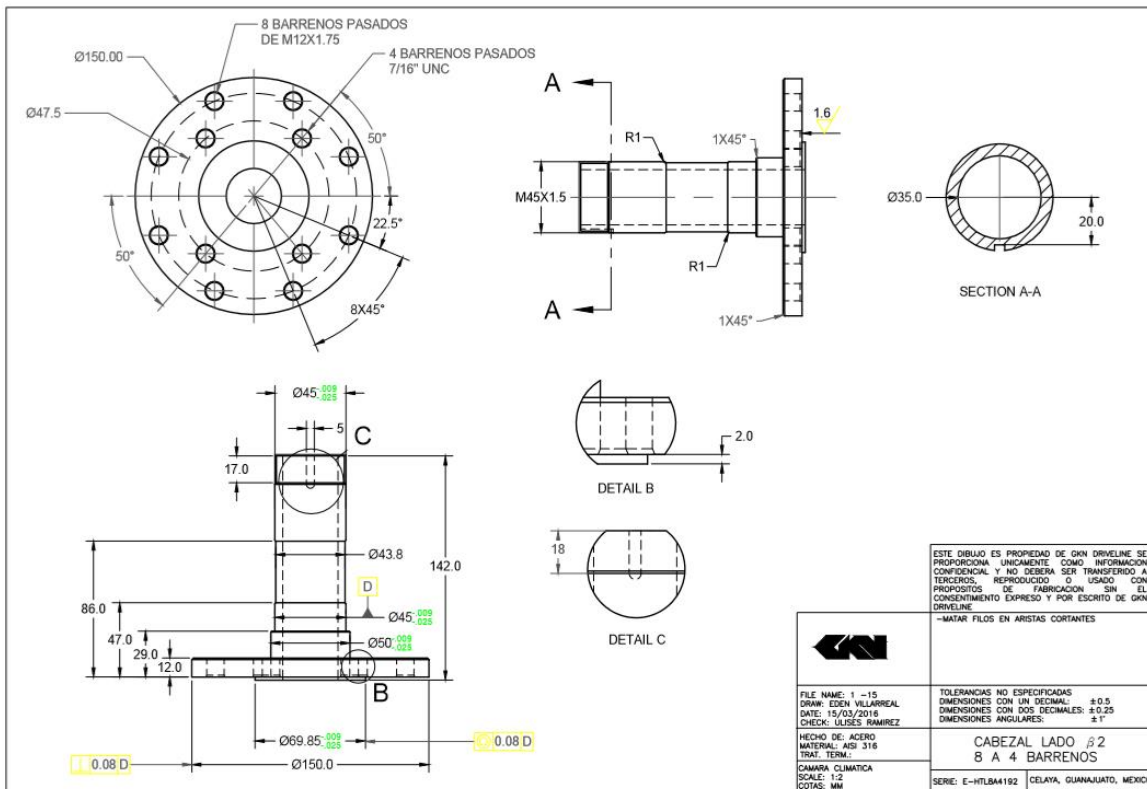
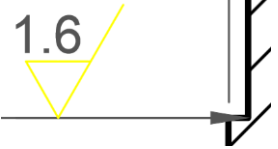

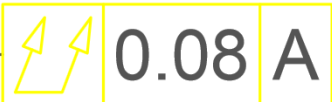

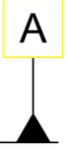


Figura. 25 Plano De La Propuesta Beta 2. Climatic Chamber I-15. AutoCad 2012.

Tabla 2 Detalles de los ajustes y tolerancias de plano de las figuras 22 y 25

	<p>Aspeza De Superficie: Un buen terminado de máquina se produce bajo condiciones controladas con velocidades relativamente altas, puede ser especificado para ajustes cerrados y empleado en todas las partes que se someten a presión.</p>
	<p>Tolerancia Geométrica De Posición¹. Concentricidad: El eje del cilindro menor es coaxial respecto al eje de referencia y debe de estar dentro de un cilindro de diámetro $t=0.08$ cuyo eje coincide con la referencia.</p>
	<p>Tolerancia Geométrica De Posición¹. Alabeo Radial: La tolerancia de oscilación total radial no debe de sobrepasar más de 0.08 mm, en cualquier punto de la superficie especificada, durante varias revoluciones alrededor del eje de referencia y con movimiento axial relativo entre la pieza y el instrumento de medida.</p>
	<p>Tolerancia Geométrica De Posición¹. Perpendicularidad: El eje del cilindro debe estar comprendido en una zona cilíndrica de 0.08 mm de diámetro perpendicular a la superficie.</p>
	<p align="center">Indicación de referencia.</p>
<p> $\text{Ø}69.00_{-0.029}^{-0.010}$ $\text{Ø}39_{-0.000}^{+0.025}$ </p>	<p>Ajustes forzados: los ajustes forzados constituyen una clase de especial de ajustes con interferencia normalmente caracterizados por mantener la presión interna constante a lo largo de la gama de medidas. La interferencia varía de forma casi directamente proporcional al diámetro y la diferencia entre sus valores máximo y mínimo es pequeña, con el fin de mantener la presión resultante dentro de los límites razonables².</p>

¹ De acuerdo con la norma ISO 2768-2:1989 sobre "Tolerancias para cotas geométricas sin indicación individual de tolerancia"

² Jensen Cecil, Helsel D. Jay y Short R. Dennis. Dibujo y diseño en Ingeniería. 6ª edición. McGraw Hill. Tabla 48. Ajustes básicos preferentes.

Propuesta Del Banco De Durabilidad. I-17

En este caso, también se tuvieron que conservar detalles de los cabezales actuales, para no tener que modificar en gran medida el cabezal la máquina y dar una solución sencilla al cambio.

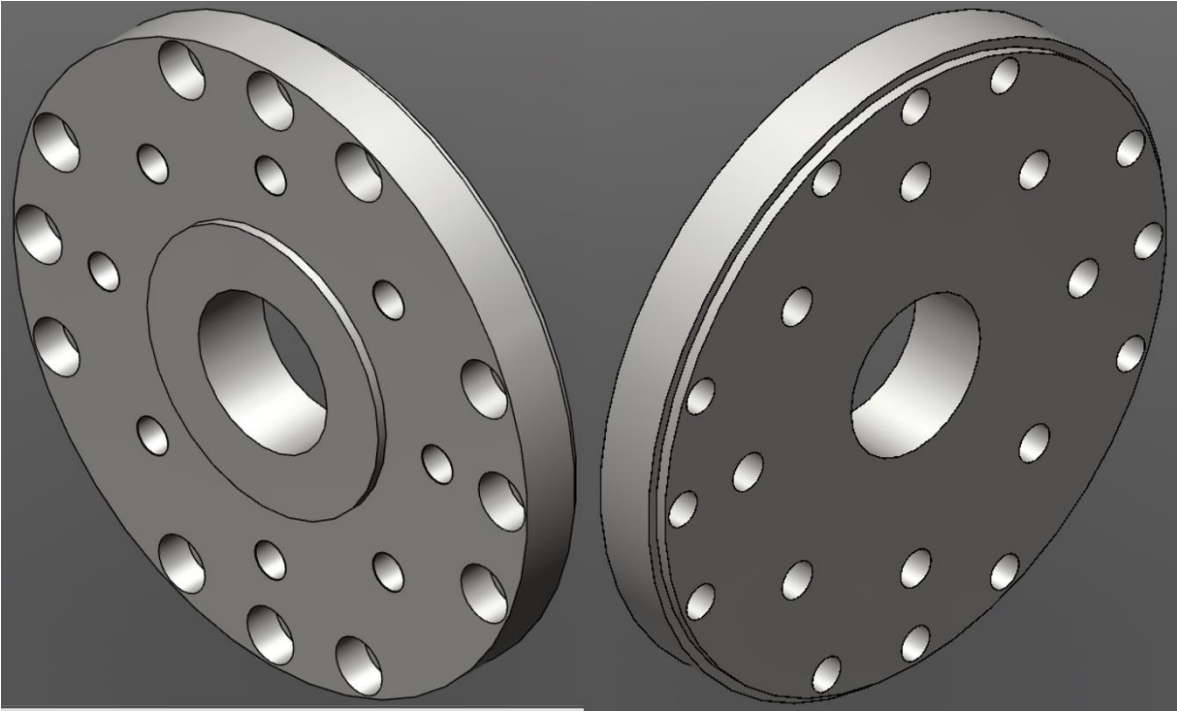


Figura. 26 Propuesta Del Cabezal 12 a 8 Barrenos. Endurance Test. Inventor Fusion 2013.

En este caso el cambio del diámetro de piloto si se efectuó, ya que en esta máquina solo se usaran herramientas estándar, de ahí que el piloto de 90mm de diámetro será el que se utilice.

El material a utilizar para este cabezal se propuso un acero SAE 8620, por sus propiedades dúctiles, resistencia al impacto, además de que se le someterá a un proceso térmico para aumentar su dureza y así prevenir probables puntos frágiles.

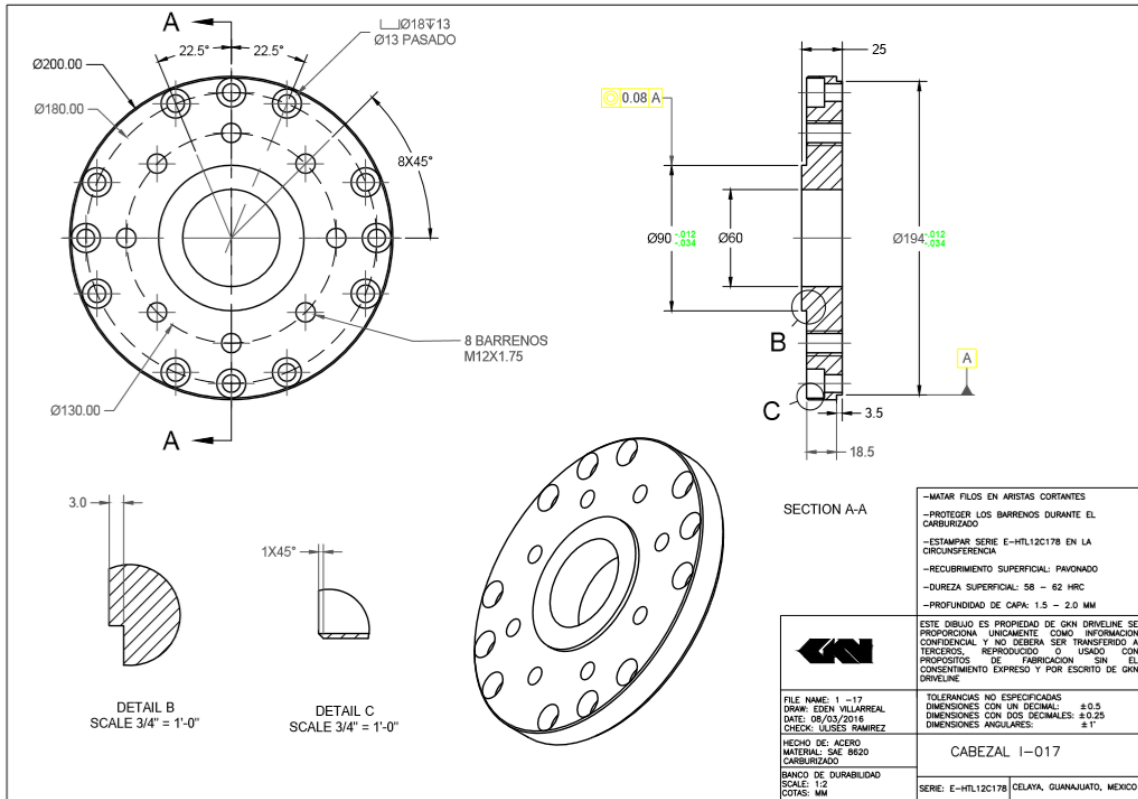


Figura. 27 Plano De La Propuesta De La I-17³

Tabla 3 Propuesta Del Banco De Durabilidad I-17

BANCO DE DURABILIDAD I-17	
Diámetro Mayor	El diámetro de es 200mm se conserva el diámetro del cabezal anterior.
Diámetro de los 8 barrenos	El diámetro es de 130mm como circulo base, según el estándar.
Diámetro de los 12 barrenos	El diámetro es de 180mm conservando el diseño de los antiguos cabezales para la sujeción a la celda de carga de la máquina.
Diámetro del piloto	El diámetro del piloto es de 90mm como lo marca el estándar de la empresa
Material	Se elige un acero SAE 8620 por sus propiedades de dureza.

³ Jensen Cecil, Helsel D. Jay y Short R. Dennis. Dibujo y diseño en Ingeniería. 6ª edición. McGraw Hill. Tabla 48. Ajustes básicos preferentes

Propuesta Del Banco De Torsión Estática y Fatiga. I-14-01&02

Las propuesta de diseño para estos bancos se reduce en que el cabezal lado campana será el mismo para ambos, y que en el banco de torsión estática lo único que se cambiara será su cabezal del lado tulipán, por cuestiones de adoptar el estándar y que además dicho elemento se encuentra deteriorado y se le hace la propuesta de cambio total.

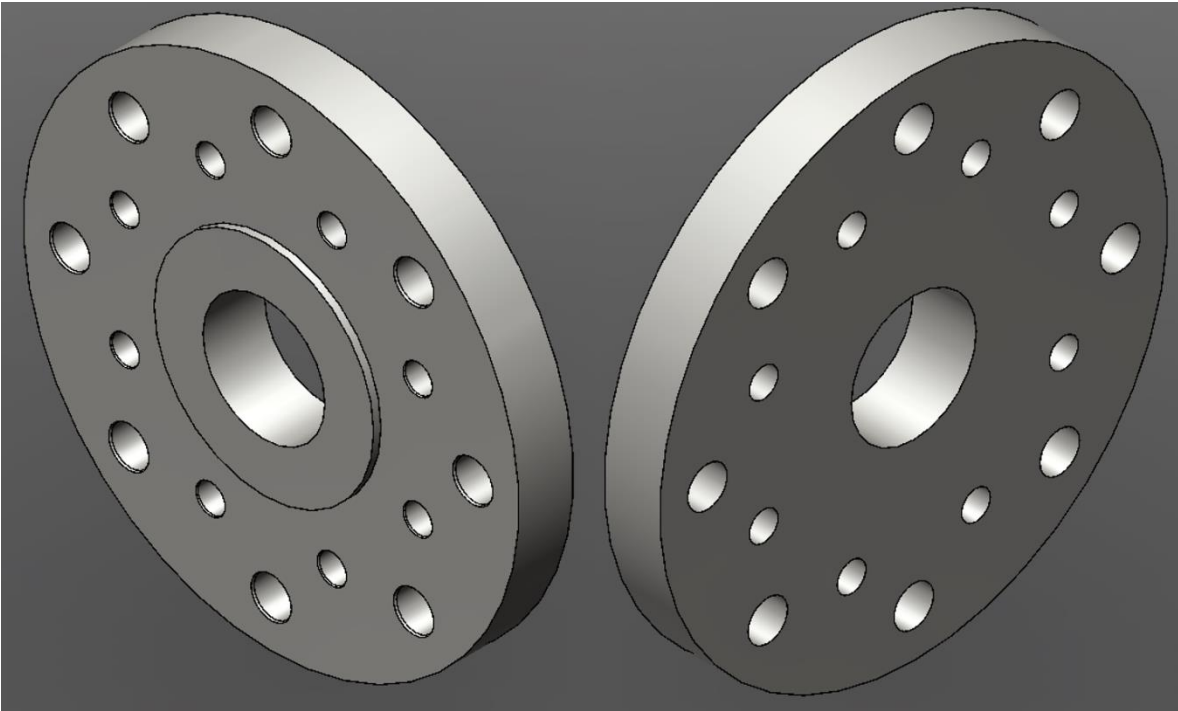


Figura. 28 Propuesta Cabezal Campana. Test Torsion Static & Fatigue. I-14-01&-02

Para ambos bancos del lado campana se propone el mismo cabezal, con el objetivo de ahorrar en la fabricación de algún otro cabezal.

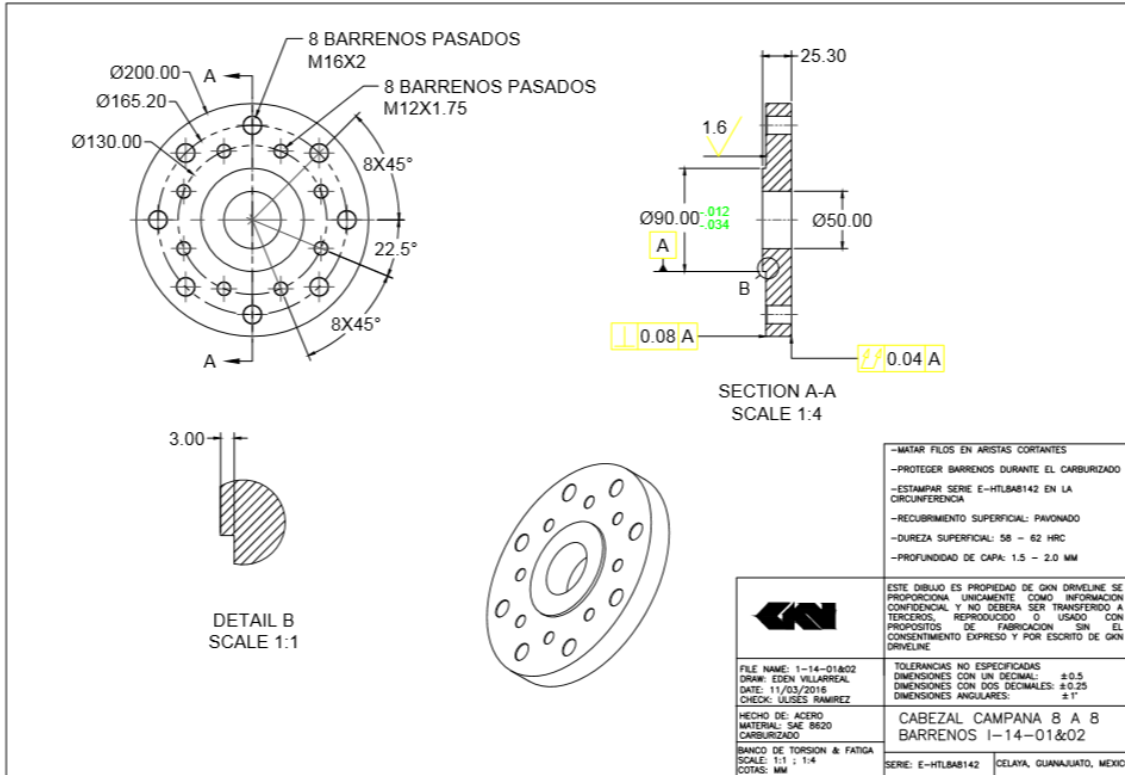


Figura. 29 Plano De La Propuesta Del I-14-01&-02

Tabla 4 Propuesta Del I-14-01&02

BANCO DE TORSION ESTATICA Y FATIGA I-14-01&02	
Diámetro Mayor	El diámetro de es 200mm se conserva el diámetro del cabezal anterior.
Diámetro de los 8 barrenos M16	El diámetro del circulo base es de 165.20mm, se mantiene.
Diámetro de los 8 barrenos M12	El diámetro es de 130mm como lo marca el estándar de la empresa.
Diámetro del piloto	El diámetro del piloto es de 90mm como lo marca el estándar de la empresa
Material	Se elige un acero SAE 8620 por sus propiedades de dureza.

Para el lado tulipán, como se mencionó anteriormente se propone el cambio total del cabezal, el diseño de este elemento es mucho más robusto que los anteriores, ya que soporta grandes cantidades de torque, en caso de hacer un diseño más ligero puede que sufra daños que obliguen a cambiarlo en un periodo más corto. Partiendo de ahí es que se toma las bases del diseño actual para realizar la propuesta del cabezal.

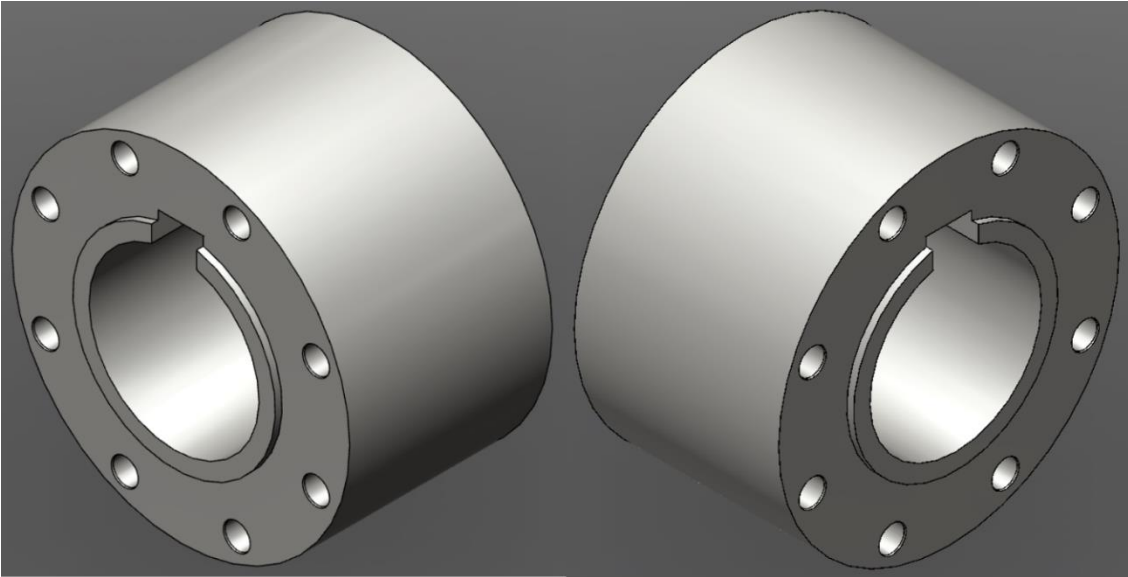


Figura. 30 Propuesta Cabezal Tulipán. Test Torsion. I-14-02

Se maneja un diseño similar al anterior cabezal, el actuador del banco trae acoplado un eje, en donde se monta el cabezal, es prácticamente el diseño de un cilindro, se mantiene la cuña, se le agrega el piloto del que el antiguo cabezal carecía.

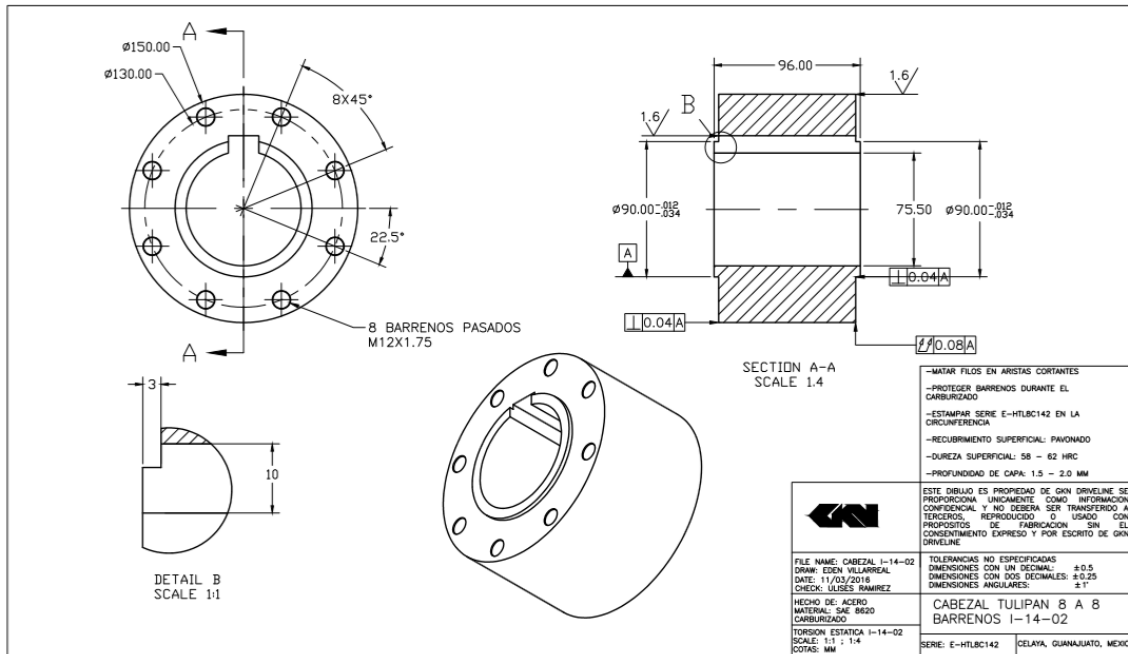


Figura. 31 Plano De La Propuesta I-14-02



Tabla 5 Propuesta Banco De Torsión Estática I-14-02

BANCO DE TORSION ESTATICA I-14-02	
Diámetro Mayor	El diámetro de es 150mm como lo indica el estándar de la empresa.
Diámetro de los 8 barrenos M12	El diámetro del círculo base es de 130mm, como lo indica el estándar de la empresa.
Diámetro de los 8 barrenos M12	El diámetro es de 130mm como lo marca el estándar de la empresa.
Diámetro del piloto	El diámetro del piloto es de 90mm como lo marca el estándar de la empresa
Material	Se elige un acero SAE 8620 por sus propiedades de dureza.

Se hace la presentación de los diseños, con los que se pretende adoptar en todo el laboratorio el estándar de prueba de la empresa, en cada diseño se muestra las ventajas de realizar el cambio de configuración en los herramientas de prueba.

Herramientales De Interfaz Y De Protección

Los herramientas de interfaz son aquellos que solo serán utilizados cuando se tenga un cabezal de ocho barrenos y se pretenda utilizar un herramienta de prueba de 4, es ahí donde entraran estos tipos de herramientas, ya que los pilotos de los herramientas de prueba de 4 barrenos tienen diámetros diferentes, ya sea tulipán o campana, y por ende estos elementos de interfaz estarán configurados para alojar los pilotos, en si fungirán de cabezales temporales.

En el otro sentido, para los de protección solo se hará énfasis en los que serán colocados en las maquinas con la modificación de 8 barrenos y las que ya tengan esta característica, se usan herramientas de protección, el motivo es que en algunas pruebas las fuerzas que intervienen son altas, existen factores externos que provocan ruido al sistema de control al arranque en algunas máquinas específicamente en la de torsión estática, lo que puede provocar daños en primera al cabezal instalado, a la celda de carga, al herramienta de prueba, y a las flechas mismas. Estos herramientas tienen que ser los que tomaran el rol de cabezal, su característica es que son herramientas de 8 barrenos a 8 barrenos.

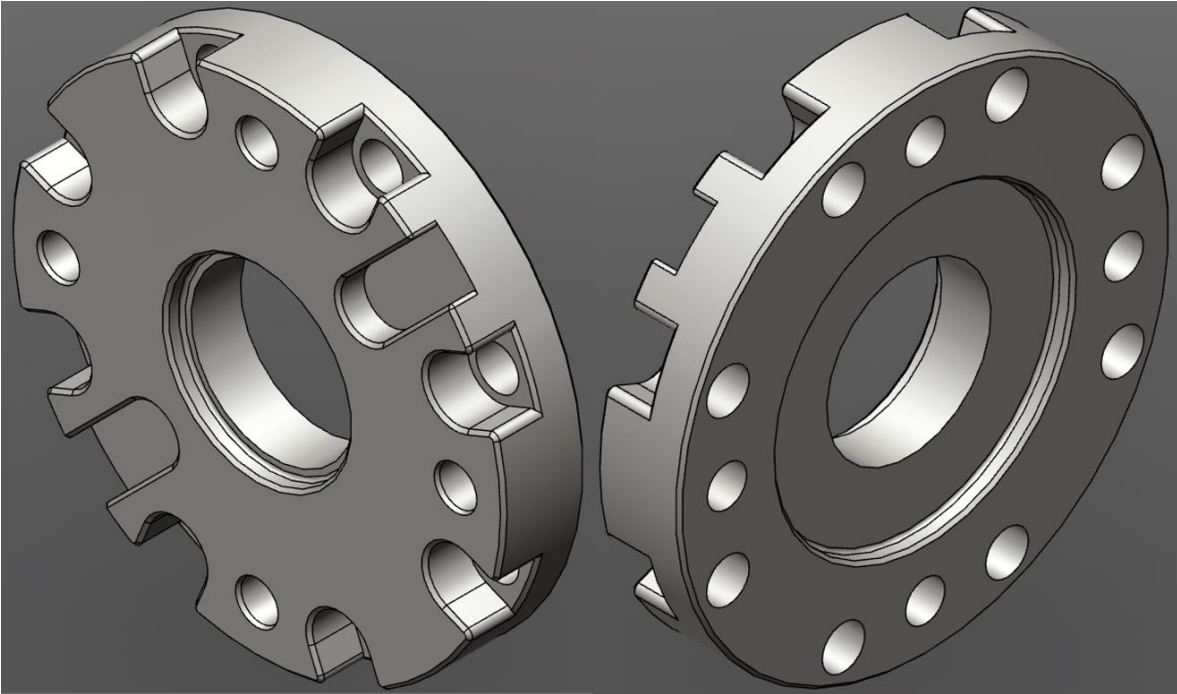


Figura. 32 Propuesta Herramental De Interfaz Lado Campana

Estos herramentales de interfaz tienen piloto hembra, ya que los herramentales de prueba tienen piloto macho, por la parte trasera también lleva piloto para colocarse en el cabezal de la máquina, y es piloto hembra, con el diámetro estándar.

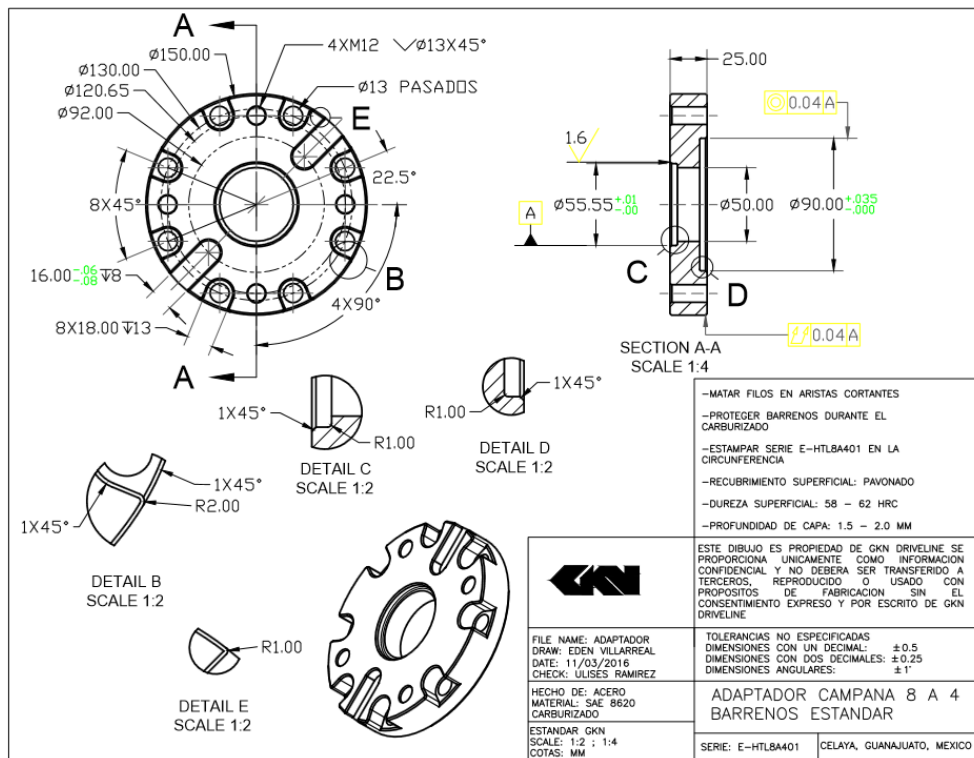


Figura. 33 Plano De La Propuesta Del Herramental De Interfaz De 8 A 4 Barrenos

Los detalles a destacar de aquí es que esté herramental lado campana es, que lleva dos pilotos de distintas medidas, en la parte de los barrenos con caja se dejó abiertos, ya que la pared entre la caja y el borde era mínimo entonces se hizo una modificación para evitar ruptura en esos puntos.

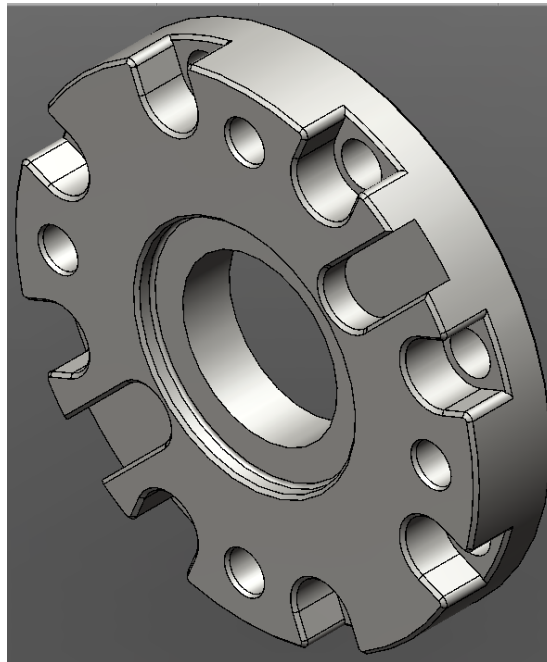


Figura. 34 Propuesta Herramental De Interfaz Lado Tulipán

La única diferencia aquí es el diámetro del piloto de enfrente, es más grande con respecto al piloto del lado campana. Los diseños son muy similares.

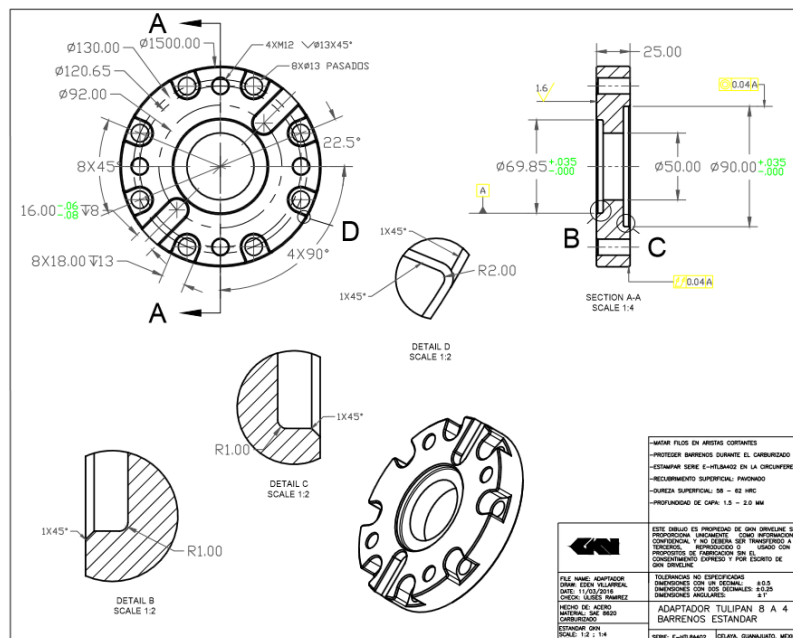


Figura. 35 Plano Del Interfaz Lado Tulipán

Tabla 6 Herramental de Interfaz

HERRAMENTAL DE INTERFAZ	
Diámetro Mayor	El diámetro de es 150mm como lo indica el estándar de la empresa.
Diámetro de los 8 barrenos M12	El diámetro es de 130mm como lo marca el estándar de la empresa.
Diámetro de los barrenos con caja	El diámetro es de 130mm siguiendo el estándar
Diámetro del piloto	El diámetro de enfrente para el lado campana es de 55.55mm y el tulipán es de 69.85mm, el piloto trasero es de 90mm para ambos.
Material	Se elige un acero SAE 8620 por sus propiedades.

El herramental de protección tienes similitudes con el de interfaz la diferencia que el de protección tiene piloto estándar por ambos lados, uno macho y el otro hembra respectivamente, no lleva cuñas.

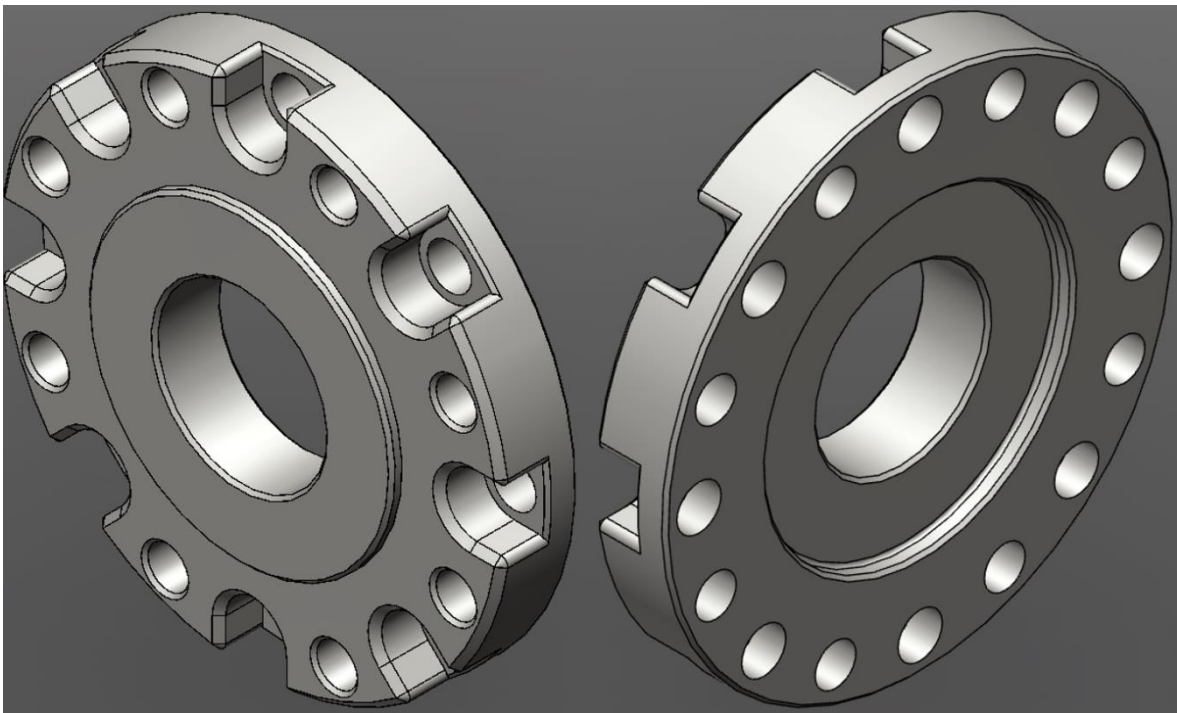


Figura. 36 Propuesta De Herramental De Protección

En total llevará 16 barrenos, 8 de ellos M12x1.75 y los otros serán pasados con caja, sus pilotos del mismo diámetro, esto será utilizados en las máquinas donde los cabezales estén expuestos a grandes cantidades de torque, y estos serán de gran ayuda para conservarlos, sobre todo se destaca que se continua bajo los requerimientos del estándar de prueba.

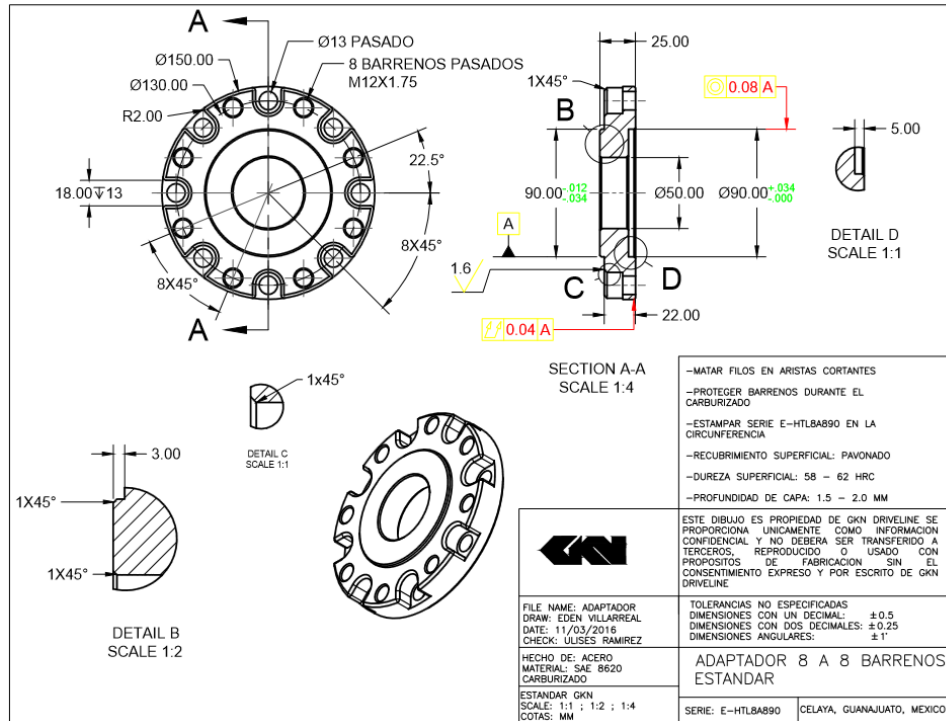


Figura. 37 Plano De La Propuesta De Protección

Tabla 7 Herramental De Protección

HERRAMENTAL DE PROTECCION	
Diámetro Mayor	El diámetro de es 150mm como lo indica el estándar de la empresa.
Diámetro de los 8 barrenos M12	El diámetro es de 130mm como lo marca el estándar de la empresa.
Diámetro de los barrenos con caja	El diámetro es de 130mm siguiendo el estándar
Diámetro del piloto	El diámetro por ambos lados es de 90mm, al frente tiene piloto macho y por detrás piloto hembra.
Material	Se elige un acero SAE 8620 por sus propiedades.



Ventajas De Adoptar Un Estándar En Los Herramentales De Prueba

Se argumenta durante la presentación de las propuestas, las ventajas que traería al laboratorio el uso del herramental estándar en las pruebas de las flechas homocinéticas, aquí se enlistan las más importantes.

- Se podrán realizar pruebas provenientes de otras partes del mundo de la misma empresa.
- Se adopta el estándar de prueba que indica la empresa para todos los laboratorios del mundo.
- Se reduce la cantidad de herramentales existentes en el almacén, ya que se homologan las medidas para distintos bancos.
- Se reduce el tiempo de montaje entre una prueba y otra, ya que no será necesario el uso de otros adaptadores para la sujeción de los herramentales de prueba.
- Posicionar al laboratorio de GKN Celaya al nivel de otros laboratorios en el mundo mediante la adopción de un estándar internacional en los herramentales de prueba.

Entre las desventajas que se podrían presentar, en principio sería el tiempo que estarían paradas las máquinas para la instalación de los nuevos cabezales, que en teoría no se requiere de mucho tiempo, por lo que, fuera de ello no se le encuentra algún inconveniente al realizar estas modificaciones.



DESARROLLO DE DISPOSITIVOS DE CALIBRACIÓN

Una de las principales unidades a medir cuando se trata de calibración en los bancos de prueba, es el torque, la velocidad, entre otras, pero siendo específicos el torque es de lo más importante. Mantener un control estable en esta variable ayudan a que las pruebas sean mucho más viables, puedan asegurar que las flechas pasan las pruebas sin que se ponga en duda que algún imperfecto por parte de la maquina tuvo que ver con el detalle de pasar o no el ensayo.

En el laboratorio de pruebas de GKN CELAYA se requieren equipos de calibración para los bancos de prueba estructurales y de durabilidad, se necesita asegurar de alguna manera que la calibración de los equipos en las celdas de carga se realice de forma correcta, siguiendo las especificaciones de calibración y los requerimientos de banco.

Con anterioridad se realizaban estas calibraciones con un equipo ortodoxo los cuales no aseguraban en un 100% que se realizaran correctamente, se necesitaba asegurar la medición del torque, que esté fuera transmitido de manera correcta de extremo a extremo sin interrupciones, con poca discrepancia en la cantidad de torque transmitido.

Calibración: Banco De Prueba De Torsión Estática I-14-02 Y De Fatiga I-14-02, I-02-01, I-02-02

La calibración de estos bancos se realizaba con unos instrumentos que a pesar de ser muy rudimentarios cumplen en parte lo requerido en la calibración de los bancos, sus limitantes van desde asegurar la fuerza aplicada hasta el posicionamiento de los mismos.

El banco de fatiga I-14-01 comparado con la de torsión I-14-02 son bancos físicamente muy parecidos pero tienen especificaciones distintas, en primera por que realizan pruebas diferentes, por ende sus características de función varían.

Tabla 8 Torsion Fatigue Test Rig I-14-01

- > **Manufacturing Year; 1998**
- > **Rig Supplier; Burkert E. Porter Machinery CO. / Servotest**
- > **Specification**
 - **Torque: $\pm 3,000$ Nm, ± 14 Nm**
 - **Frequency: 0.1 Hz - 6.0. Hz**
 - **Angle: $-45^\circ \rightarrow +45^\circ$, $\pm 0.3^\circ$**
 - **Shaft length: 0 to 1500 mm**
- > **Features**
 - **Servotest control**
 - **Servo hydraulic feedback control**
 - **Torque loading uni- and bidirectional**
 - **Load Ramp: Sine, square and triangle**
 - **Hydraulic Actuator 3000 Psi**



Figura. 38 Torsion Fatigue Test Rig I-14-01. Test Laboratory

Ahora los otros bancos de fatiga hablo del I-02-01&02 son de la misma manufactura por ende están contruidos de la misma forma, características similares, hacen la misma prueba pero por beneficio propio del laboratorio actúan en frecuencias distintas, diferentes test bach para distintos modelos de flechas.

Tabla 9 Torsional Fatigue Test Rig I-02-01&-02

<p>> Manufacturing Year; 1993</p> <p>> Rig Supplier; Schenck Pegasus</p> <p>> Specification</p> <ul style="list-style-type: none">• Act 1 Torque: $\pm 2,200 \text{ Nm}, \pm 14 \text{ Nm}$• Act 2 Torque: $\pm 3,500 \text{ Nm}, \pm 13 \text{ Nm}$• Frequency Act 1: $0,1 \text{ Hz} - 6.0 \text{ Hz}$• Frequency Act 2: $0.1 \text{ Hz} - 5.0 \text{ Hz}$• Act 1 Angle: $-58^\circ \rightarrow +58^\circ, \pm 0.2^\circ$• Act 2 Angle: $-60^\circ \rightarrow +60^\circ, \pm 0.13^\circ$• Shaft length: $300 \text{ to } 1100 \text{ mm}$ <p>> Features</p> <ul style="list-style-type: none">• MTS control since 2007.• Servo hydraulic feedback control• Torque loading uni- and bidirectional• Load Ramp: Sine, square, triangle, trapezoid



Figura. 39 Torsional Fatigue Test Rig I-02-01&-02. Test Laboratory

Como se mencionó anteriormente el banco de torsión estática I-14-02, es muy parecida a la de fatiga, pero con el distintivo que las pruebas cambian y por obviedad las especificaciones también.

Tabla 10 Static Torsion Test Rig I-14-02

<ul style="list-style-type: none">> Manufacturing Year; 1998> Rig Supplier; Burkert E. Porter Machinery CO. / Servotest> Specification<ul style="list-style-type: none">• Torque: $\pm 8,500$ Nm, ± 8 Nm• Frequency: N/A• Angle: $-180^\circ \rightarrow +180^\circ$, $\pm 0.6^\circ$• Shaft length: 0 to 1500 mm> Features<ul style="list-style-type: none">• Servotest control.• Servo hydraulic feedback control.• Torque loading uni- and bidirectional.• Hydraulic Rotary Actuator (Rack & Pinion)
--

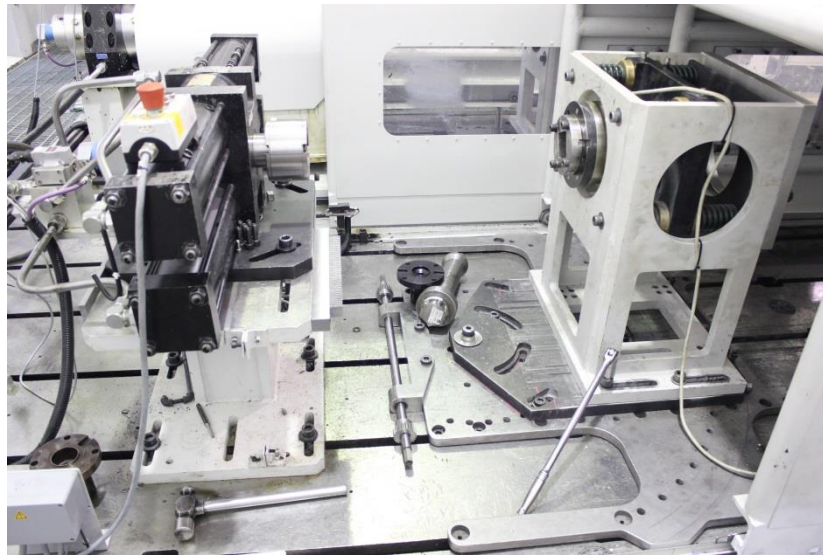


Figura. 40 Static Torsion Test Rig I-14-02. Test Laboratory

Anteriormente se hacía uso de una técnica muy conocida para realizar la calibración en los bancos consistía básicamente en conectar una viga al actuador, aplicar una fuerza al otro extremo del mismo con una grúa (gato hidráulico), con un Inclinómetro (nivelador) se calcula el ángulo del brazo y con una celda de carga la fuerza aplicada en la viga, se tomaban esos

datos y se calculaba el torque aplicado en la celda del actuador, obviamente conociendo la longitud exacta de la viga para asegurar lo más posible el cálculo del torque.

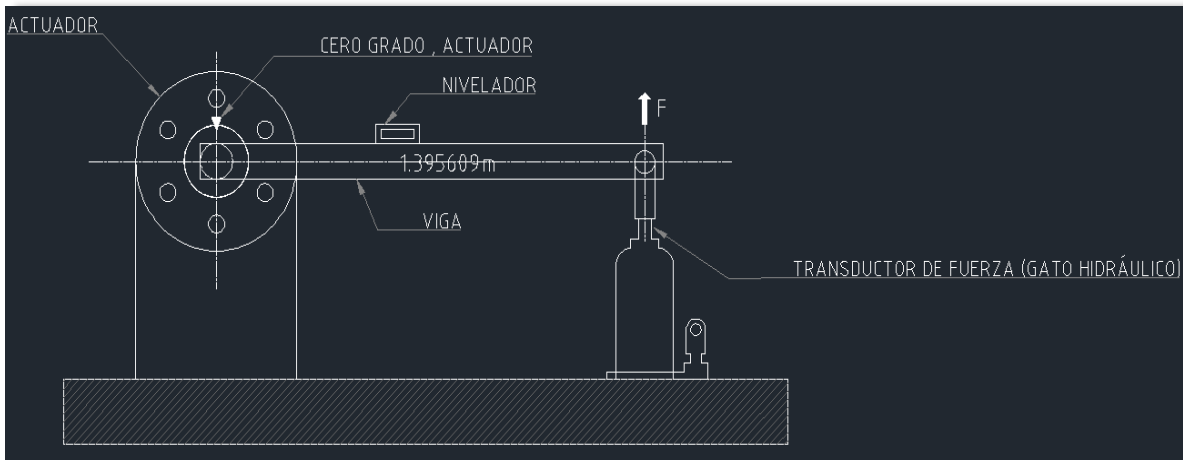


Figura. 41 Descripción Grafica del método anterior para la calibración de torque. Test Lab

A grandes rasgos esto se realiza en los bancos para calibrar el torque, basándose en las especificaciones de la máquina, y se toman datos del error y discrepancia cuyos datos debían estar dentro del margen permisible para la máquina, de ser necesario se tomarían acciones de mantenimiento correctivo, para corregir lo más pronto posible todos esos errores y a la post realizar de nuevo la calibración y asegurarse de que la maquina se encuentra en óptimas condiciones de operación.

Como se mencionó los instrumentos utilizados pueden llegar a ser muy rudimentarios pero cumplían con lo requerido hasta un punto de vista muy reservado.

El equipo que se utiliza para hacer la calibración por medio del método de brazo de palanca son:

Tabla 11 Equipo de calibración. Anterior

Material:	Imagen:
1. Herramental	
2. Viga $d = 1.395609$ (m)	

3. Tornillo Sujetador	
4. Gato hidráulico “ Tipo Botella”	
5. Inclínómetro (Nivelador)	
6. Celda de Carga. EATON	
7. Display EATON. Lebow	

La desventaja más grande para realizar la calibración con este método es que solo se puede hacer hacia un lado, lo que quiero decir es que solo en un sentido, ya que al utilizar una viga es imposible girarlo hacia el otro sentido, que por la ubicación de las maquinas no se puede instalar la viga y los demás materiales del otro extremo, esto nos limita a solo tomar lecturas en un sentido y dejar en cierta forma en incertidumbre el torque en el sentido opuesto al calibrado.



Figura. 42 Método actual para la calibración de torque

Como se puede apreciar en la figura 42 la viga para la calibración solo se puede instalar de un lado ya que en el lado contrario hay otra máquina que impide su instalación. Cabe mencionar que solo se calibra el lado donde se encuentra la celda de carga del banco ya que del lado contrario es la parte donde se induce el torque por medio de los elementos hidráulicos ahí se realiza la calibración con un equipo que solo hace lectura del torque de salida y no asegura que el torque es transmitido hacia el otro extremo.

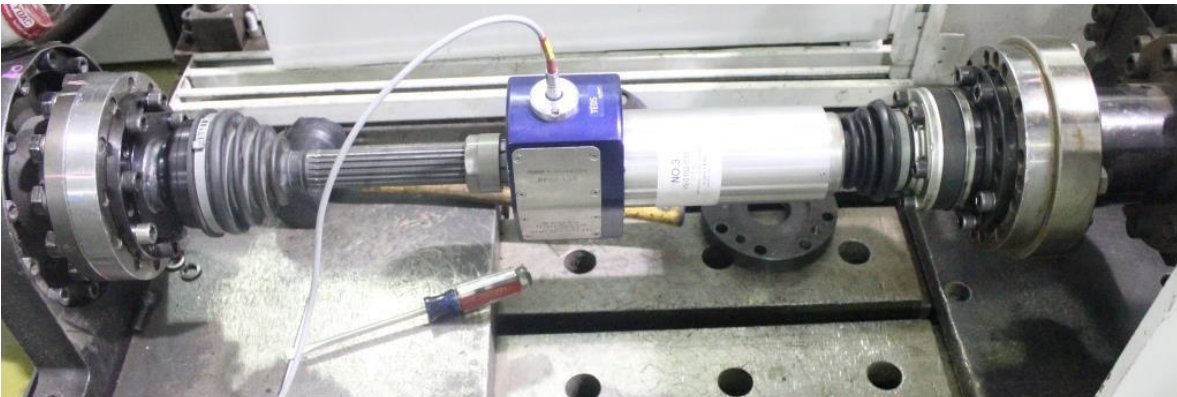


Figura. 43 Equipo de calibración de torque

Este equipo cuenta con una celda de torque en medio de su longitud, con ello realiza un lectura del torque introducido pero no puede realizar una lectura del torque que llega a la celda de carga del banco de prueba, con esto se asegura de que el toque introducido es el que en realidad está pasando, pero se debe de asegurar que ese torque en verdad se transmita hasta la celda de carga y esta realice correctamente la lectura.

PROPUESTA DE CALIBRACIÓN

El objetivo de desarrollar un nuevo método para calibrar los bancos se basaba en que se necesita mayor seguridad a la hora de realizar la actividad, reducir el error y acercarse al desempeño óptimo en los actuadores.

Se propone una manera más eficaz de realizar la calibración, en donde se toma en cuenta lo siguiente:

- Asegurar la transmisión de torque lo más eficaz posible en toda la flecha
- Asegurar la calibración de torque en ambos sentidos $+180^\circ$, -180° .

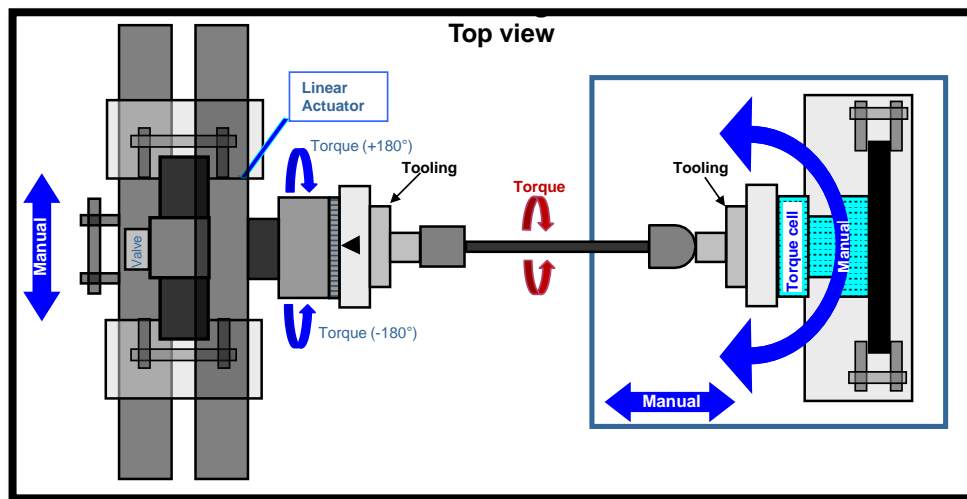


Figura. 44 Propuesta Para Realizar La Calibración De Los Bancos De Prueba

Esto se puede lograr con el uso de una junta universal de Hook o flecha cardan, se elige este tipo de flecha ya que tiene la propiedad de transmitir de una manera muy eficaz el torque cuando se encuentra a 180° y esta es la manera en cómo se hace la calibración en los actuadores de los bancos.

Basándose en las especificaciones de los bancos mencionados anteriormente se realiza la búsqueda y selección de una flecha cardan, que cumpla con los requerimientos de calibración. Como se trata de distintos bancos con diferentes propiedades, se debe de tomar la decisión de seleccionar una cardan que cubra todos ellos. Siendo así, la junta universal de Hook que se solicita es la cual tenga la capacidad en torque de 10 kNM (Kilo Newton-Metro) para los bancos de fatiga y de torsión.

Selección De La Junta Universal De Hook

La búsqueda de la junta universal de Hook o flecha cardán se realiza en distintas empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de flechas, pero en todas en las que se solicitó información, solo tenían disponibles flechas con capacidad de 5 kNm los cuales no serían de utilidad para realizar la calibración.

Se hizo una solicitud de información a una compañía dedicada a la manufactura de componentes de maquinaria agrícola, situada en Alemania, ellos nos enviaron un catálogo en donde venían distintas flechas con diferentes especificaciones y fue ahí donde se encontró la flecha que se requiere para la calibración de los bancos.

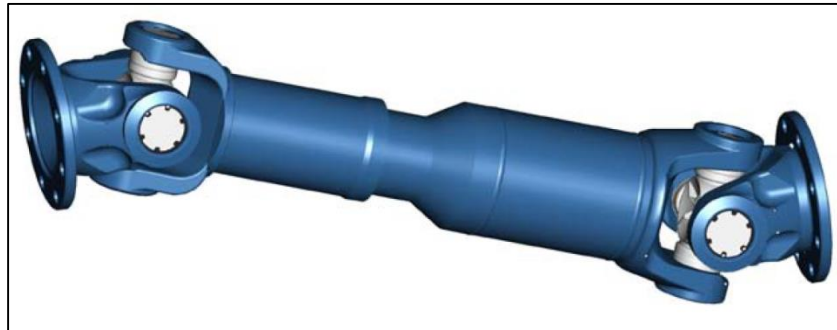


Figura. 45 Junta Universal De Hook o Flecha Cardán

Los datos obtenidos del catálogo para la flecha requerida son las siguientes.

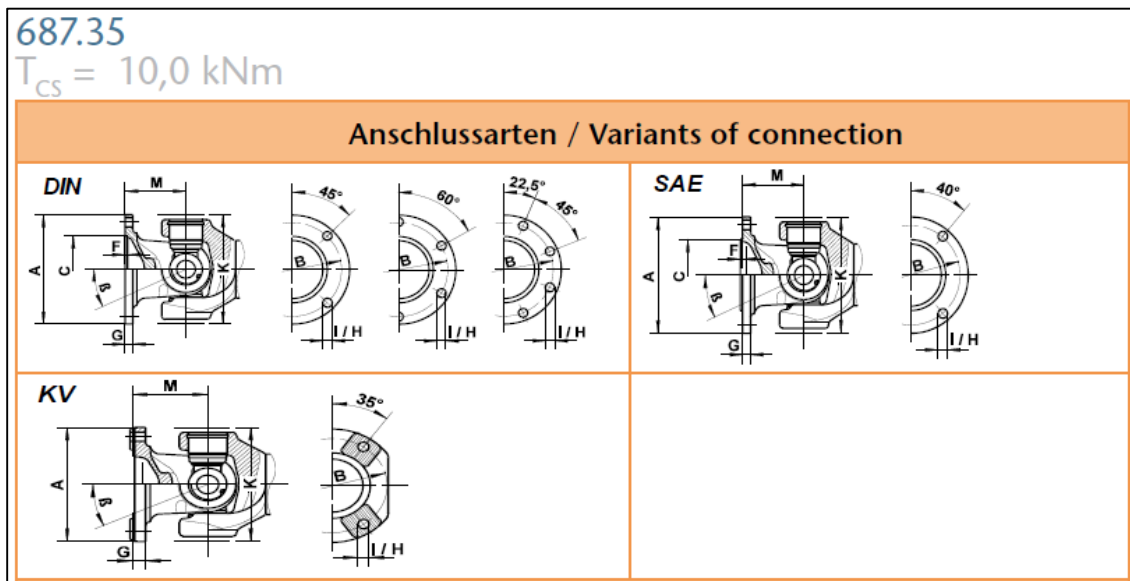


Figura. 46 Catálogo De Flechas cardán

Ausführungsarten / Variants of design			
0.02		9.01	
0.02 IM		9.03	
0.03		9.04	
0.04		7.02	
116			

- Auch mit Lager und Längenausgleich lieferbar.
 - Available with bearing and movement.

- Auch mit Lager lieferbar.
 - Available with bearing.

Weitere Ausführungen auf Anfrage lieferbar! More designs available on request!

Figura. 47 Catálogo De Flechas cardán

Se encontraron distintas medidas y modelos para el mismo requerimiento de flecha, la cuestión era ver cuál de todas era la más útil, considerando precio y tamaño.

687.35
 $T_{CS} = 10,0 \text{ kNm}$

		687.35											
T_K	kNm	7,7											
T_{DW}	kNm	2,9											
L_c		0,0128											
		DIN				SAE				KV			
T_{FR}	kNm	7,3	12,0	7,3	12,0	6,0	6,0	---	---	---	---		
K	mm	144											
β	°	25				35				25			
A	mm	150	180	150	180	174,6	174,6	120	155	120	155		
$B^{+0,1}$	mm	130	155,5	130	155,5	155,52	155,52	100	130	100	130		
C^{H7}	mm	90	110	90	110	168,23	168,23	---	---	---	---		
F	mm	3	3	3	3	3	3	---	---	---	---		
G	mm	10	12	10	12	9,5	9,5	14	16	14	16		
$H^{+0,2}$	mm	12,1	14,1	12,1	14,1	10,1	10,1	11	13	11	13		
I		8	8	8	8	8	8	4	4	4	4		
M	mm	95	90	95	90	88	88	75	75	75	75		
S	mm	100x3		85x5		100x3		85x5		100x3			
W		54 x 1,5											

Figura. 48 Información Acerca de la flecha cardan

0.02	Lz_{min}	mm	582	572	681	671	568	667	542	542	641	641
	La	mm	110	110	190	190	110	190	110	110	190	190
	G_g	kg	24,0	25,6	25,2	26,4	25,4	25,8	20,4	21,7	23,8	25
	G_r	kg	7,18	7,18	9,9	9,9	7,17	9,9	7,17	7,17	9,9	9,9
	Jm_g	kgm ²	0,043									
	Jm_r	kgm ²	0,0169	0,0169	0,0158	0,0158	0,0169	0,0158	0,0169	0,0169	0,0158	0,0158
0.02	C_s	Nm/rad.	$1,18 \times 10^5$									
	C_r	Nm/rad.	$1,72 \times 10^5$		$1,6 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,72 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,72 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	
	Lz_{min}	mm			842	832		828			802	802
	La	mm			200	200		200			200	200
	G_s	Kg										
	Jm_g	Kgm ²										
0.03	C_s	Nm/rad.										
	Lf_{min}	mm	379	369	399	389	365	385	339	339	359	359
	G_g	kg	18,0	19,6	16,0	17,6	17,3	17	13,7	15,2	15	16,2
	Jm_g	kgm ²	0,04									
0.04	C_s	Nm/rad.										
	Lf_{min}	mm	412	407								
	D	mm	65	65								
	X	mm	48	48								
116	M1*	mm	106	106								
	Lf_{min}	mm	445	445								
	D	mm	65	65								
	X	mm	48	48								
9.01	M1*	mm	106	106								
	Lz_{max}	mm	550	540	634	624	536	620	510	510		
	La_{max}	mm	110	110	190	190	110	190	110	110		
	Lz_{min}	mm	510	500	514	504	496	500	470	470		
9.03	La_{min}	mm	70	70	70	70	70	70	70	70		
	Lz_{max}	mm	484	474			470		444	444		
	La_{max}	mm	110	110			110		110	110		
	Lz_{min}	mm	419	409			410		384	384		
9.04	La_{min}	mm	45	45			50		50	50		
	Lf	mm	380	360	380	360						
7.02	Lf	mm	190	180	190	180	176	176	150	150		

Figura. 49 Información Acerca de la flecha cardan

La flecha seleccionada del catálogo es la siguiente.

0.02	Lz_{min}	mm	582
	La	mm	110
	G_G	kg	24,0
	G_R	kg	7,18
	Jm_G	kgm ²	0,043
	Jm_R	kgm ²	0,0169
	C_G	Nm/rad.	$1,18 \times 10^5$
	C_R	Nm/rad.	$1,72 \times 10^5$

Figura. 50 Información De La Flecha Seleccionada

Tabla 12 Especificaciones de la flecha cardan

T_k = Catalogue torque T_{DW} = Fatigue torque T_{CS} = Functional limit torque T_{FR} = Friction torque Lc = Bearing capacity factor W = Involute spline G_G = Weight of shaft for Lz_{min} G_R = Weight per 1000mm tube IM = Extra large movement	Jm_G = Moment of inertia of shaft for Lz_{min} Jm_R = Moment of inertia per 1000 mm tube C_G = Torsional stiffnes of shaft for Lz_{min} C_R = Torsional stiffnes per 1000 mm tube
---	--

Se tomó en cuenta la longitud de la flecha homocinética más larga que se prueba en el laboratorio, para no tener una cardan que sea más larga, que igual puede funcionar pero no se requiere tanto, así que se limitó a lo necesario.

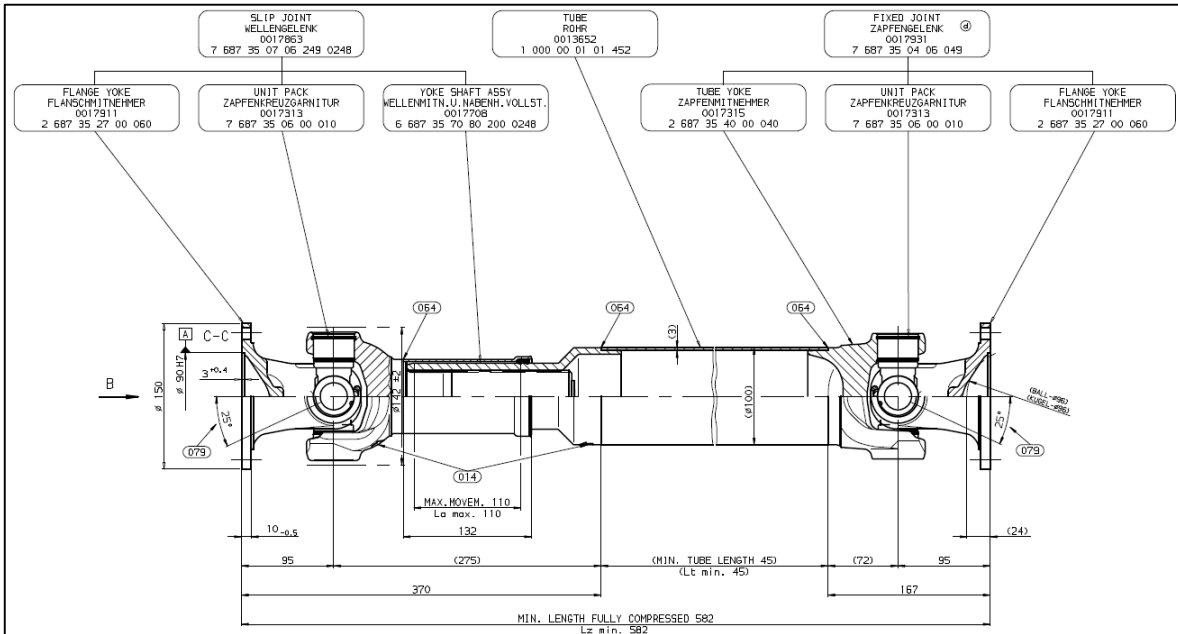


Figura. 51 Características De La Flecha Cardán

Fuente: Proveedor

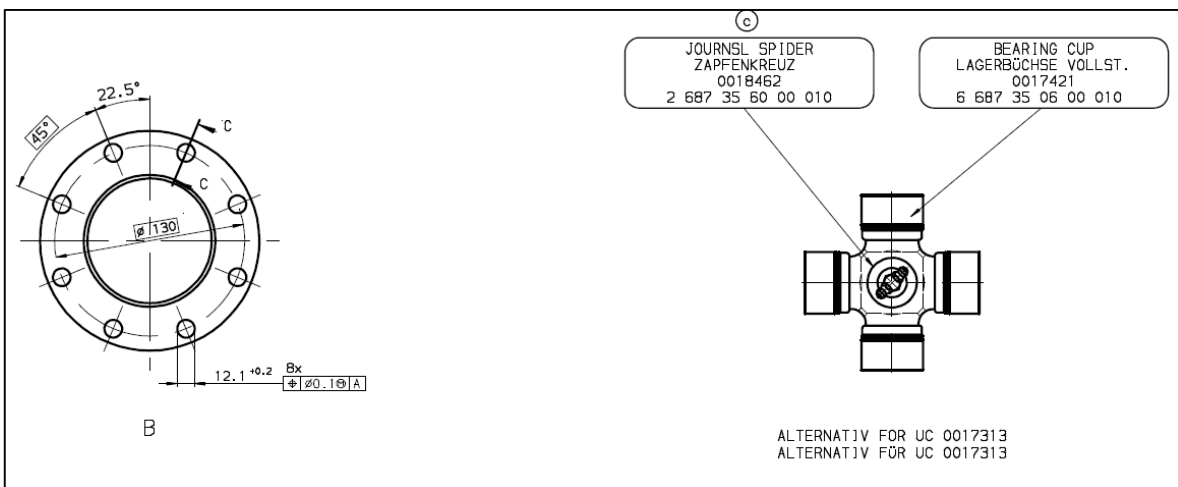


Figura. 52 Plano De la Junta Y Adaptador De La Flecha Cardán

Se logró conseguir una flecha cardán con un adaptador de 8 barrenos de la misma configuración que los herramientales de las máquinas, en caso de no ser así hubiese sido necesario diseñar uno para poder adaptarlo a los cabezales de las máquinas.



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**



-	D	UC- Nummer geändert.	13.03.2003	TREFFER
-	C	ZKR geändert	29.11.2002	TREFFER
-	B	Zeichnung neu erstellt	15.05.2002	TREFFER
Mod. No. Änder. Nr.	Letter Buchst.	Modification - To be modified on CAD only Änderung - Änderungen nur mit CAD	Date Datum	Name Name
Regulations concerning Copyright, Productliability and Safety- Direction see STD 1016-000		Richtlinien betreffend Urheberrecht, Produkthaftung und Sicherheits- hinweis siehe STD 1016-005		
Material / Werkstoff		Heat treatment / Warmbeh.	Raw part / Rohteil	
-		-	-	
Tolerancing Tolerierung ISO 8015		Tolerance not specified Allgemeintoleranz ISO 2768 m-K	Weight Fertiggewicht - kg	Scale Maßstab 1:2, -
Projection Projektion		Date Datum	Name Name	Description / Benennung Size / Größe -
Drawn / Gezeichnet	22.11.1994	Treffer	SLIDING SHAFT GELENKWELLE	
Checked / Geprüft	-	H.P.		
Released / Freigegeben	-	-		
Divisional Code -		Ident No. / Sach Nr. -	Sheet / Blatt 1	of / von -
		Origin / Ursprung 000, -	Replacement for / Ersatz für -	
		0 687 35 92 00 500		
GKN Automotive Driveline Division		© 1999	GKN Service International GmbH Rösrath/Germany	CAD A1

Figura. 53 Cuadro De Datos Información Técnica De La Flecha Cardan

Proveedor:

GKN Land Systems

Aftermarkets & Services

Headquarters:

GKN Service International GmbH

Nussbaumweg 19-21

51503 Rösrath / Germany

www.gknservice.com





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**



Factura de compra por parte de la planta de Hamburgo Alemania para GKN Celaya


 GKN LAND SYSTEMS		<p>GKN Service International GmbH Ottensener Strasse 150 22525 Hamburg Telefon: 01638803656 Telefax: 040-54009043 VG: 000032</p>								
<p>GKN Service International GmbH - Ottensener Strasse 150 - 22525 Hamburg GKN Driveline Carr. Panamericana Km284; 2da Fracc de Crespo 38110 CELAYA, GTO MEXIKO</p>		<p>Quotation 200039529</p> <table border="1"> <tr> <th>Customer</th> <th>Date</th> <th>Page-no.</th> </tr> <tr> <td>1900</td> <td>04.05.2016</td> <td>1 / 2</td> </tr> </table>			Customer	Date	Page-no.	1900	04.05.2016	1 / 2
Customer	Date	Page-no.								
1900	04.05.2016	1 / 2								
<p>Your Inquiry : Miguel Almanza from : 28.04.2016 Quotation valid to : 01.07.2016 Contact person : Mr. FRERICHS</p>		<p>SHIPPING ADDRESS GKN Driveline Carr. Panamericana Km284; 2da Fracc de Cr 38110 CELAYA, GTO MEXIKO</p>								
Pos No.	Item-No. Designation	Quantity	U-Price	Value EUR						
	<p>Dear Sirs and Madams, thank you for your inquiry. We are glad to offer our products as below:</p>									
010	<p>6873592005000000 GW 150 8x12 25° 100x3 La110 Carden Shaft type 687.35 design 0.02 Compressed length LZ = 582 mm, Length compensation LA = 110 mm Tube = Ø 100 x 3 mm Flange Ø 150 mm / 8 x Ø 12 mm Revolutions per minute 2000 1/min Deflection angle static = 25° Functional torque limit = Tcs 10 kNm weight per each shaft = 24,3 kg Expected delivery 2-3 weeks after order or individual arrangement</p> <p>stat.customs code: 8483 1050 country of origin: Germany</p>	1 PCE	311,00	311,00						
	Net total amount	EUR		311,00						
	Total amount	EUR		311,00						

Figura. 54 Factura De Compra

RESULTADOS

Dado el inicio que se tuvo con lo herramentales en los bancos de pruebas (Estructurales, Cámara Climática, Durabilidad) los primeros resultados se obtuvieron al tiempo que los planos fueron aprobados y mandados al proveedor para su fabricación, lo único que quedaba era recibir los mismos, verificar que estén acorde al diseño.

Herramentales Fabricados

Los primeros en llegar fueron los herramentales de protección de 8 a 8 barrenos, los cuales fueron recibidos y posteriormente verificados para corroborar que estén acorde a diseño, y no existan problemas cuando se pongan en funcionamiento.



Figura. 55 Herramental De Protección 8 A 8. Fabricado

Se le puede notar el color oscuro al herramental, el cual denota el tratamiento térmico al que fue sometido, el carburizado, para mejorar sus propiedades de dureza. Le hizo un check list verificando cada punto indispensable, como las tolerancias expuestas en el plano.

HOJA CONTROL DE FABRICACION										FOLIO	
CLIENTE: Gvd		NOMBRE PZA: Adaptador Cam		MATERIAL: B6-20		DUREZA: 59-61 Rc		MAQUINADO:		FECHA: 19 Mayo 2016	
ORDEN COMPRA: E192857		NUM. DISEÑO: E-ITTL0890		TRATAMIENTO:		TEMPLE: <input checked="" type="checkbox"/> PAVONADO <input type="checkbox"/>		OPERADOR:			
ORDENÓ: Antonio Aguilar		CANTIDAD FAB.: 8 pza.		FACTURA:		OPERADOR:					
	Cota 1	Cota 2	Cota 3	Cota 4	Cota 5	Cota 6	Cota 7	Cota 8	Cota 9	Cota 10	Result
1	90.00	150.02	50.02	90.00	24.98						ok
2	90.00	149.89	49.98	90.00	25.15						
3	89.99	149.88	49.96	90.00	25.09						
4	90.00	150.03	49.95	90.01	25.17						
5	89.99	149.88	49.99	90.00	24.90						
6	90.00	149.99	49.99	90.02	25.02						
7	89.99	150.03	49.97	90.01	24.95						
8	90.00	149.95	49.99	90.00	25.18						
9											
10											

COMENTARIOS:	HORA	CORTE	TORNEADO	FRESADO	HILO	RECTIFICADO	METROLOGIA <i>[Signature]</i> NOMBRE / FIRMA
	Inicio						
	Termino						
	FIRMA OPERADOR						

Figura. 56 Análisis Dimensional A La Pieza De Protección

Basándose del análisis dimensional presentado en la figura 46 y haciendo una comparación con lo indicado en las tolerancias del diseño, el herramental es aceptado.

Los siguientes herramientas en fabricarse son los de acero inoxidable para la cámara climática I-15. Los cuales fueron recibidos y llevados a la verificar para asegurarse de que estén correctos y puedan ser aceptados.



Figura. 57 Cabezal Beta 1. Climatic Chamber

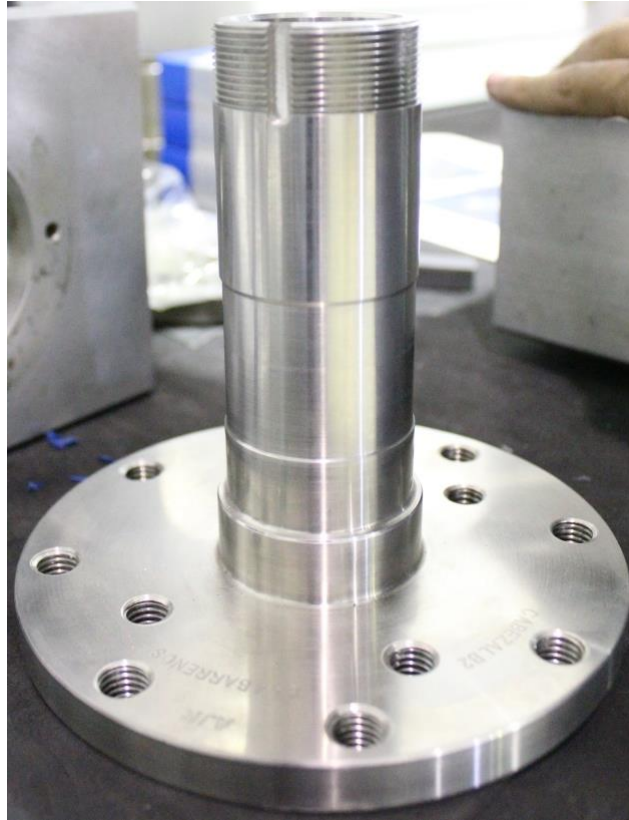


Figura. 58 Cabezal Beta 2, Climatic Chamber

La figura 47 y 48 son los cabezales de la cámara climática I-15, estos están fabricados de acero inoxidable porque estarán expuestos a temperaturas muy bajas hasta -50°C y altas que alcanzan 140°C , así que el acero inoxidable ayuda a que puedan permanecer expuestos a estos cambios de temperatura sin provocar grandes daños al material.

CLIENTE: SKL		NOMBRE PZA: Cabezal lado 2		MATERIAL: INOX 316		DUREZA: —		MAQUINADO:		FOLIO	
ORDEN COMPRA: EE123182		NÚM. DISEÑO: E-HI-BA4192		REF. EQ.:		TRATAMIENTO:		OPERADOR: Erick RC		FECHA: 07/05/16	
ORDEN: Lomas		CANTIDAD FAB.: 4		TEMPLE: <input type="radio"/> PRONADO: <input type="radio"/>		FACTURA:					
	Cota 1	Cota 2	Cota 3	Cota 4	Cota 5	Cota 6	Cota 7	Cota 8	Cota 9	Cota 10	Result
Ø	150	Ø69.85	Ø50	Ø45	142	86	47	29	12	17	ok
DEL.	.5	.025	.025	.025	.5	.5	.5	.5	.5	.5	ok
1	150.005	69.84	49.98	44.98	142.0	86	47.0	29	12.1	17.1	ok
2	149.98	69.84	49.98	44.98	141.98	85.99	46.9	28.98	12.03	17.3	ok
3	149.96	69.83	49.99	44.98	141.98	85.9	47.1	28.95	12.05	17.0	ok
4	150.01	69.83	49.98	44.98	141.93	85.9	47.	28.95	11.95	17.15	ok
5											
6											
7											
8											
9											
10											

COMENTARIOS:	HORA	CORTE	TORNEADO	FRESADO	HILO	RECTIFICADO	METROLOGIA
	Inicia						
Termino							
FIRMA OPERADOR			Erick				

Figura. 59 Análisis Dimensional Cabezal Cámara Climática

Se hizo la recepción del cabezal del banco de torsión estática I-14-02, se aplicó el mismo procedimiento, con la excepción que se dio principal atención si recibió el tratamiento térmico específico, ya que este herramental estará expuesto a grandes torques.

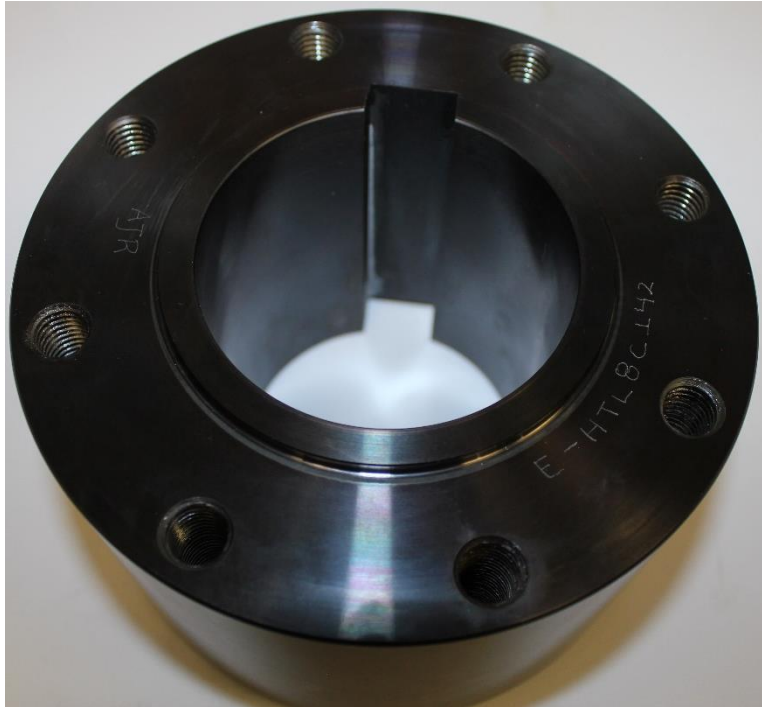


Figura. 60 Cabezal lado tulipán. Torsion Rig. I-14-02

Se le pidió al proveedor un testigo del tratamiento, es un trozo de material que es sometido al tratamiento térmico en el mismo instante que el herramental, que después es cortado para dar muestra de que si paso por ese proceso.

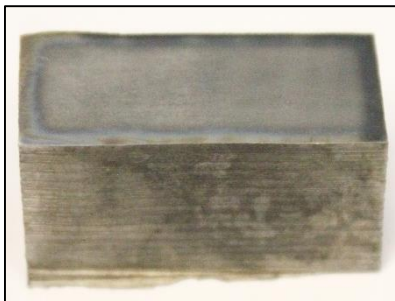


Figura. 61 Testigo

Esté es analizado para tener la certeza de que el material cumple con la dureza con la que fue requerida.



TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



TEMPLE
GRUPO TRATAMIENTOS TÉRMICOS

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE QUERÉTARO, S.A. DE C.V.
Y TRANSFORMACIÓN POR INDUCCIÓN, S.A. DE C.V.

MEZQUITAL No. 4 Y 7 COL. SAN PABLO C.P. 76130 QUERÉTARO, QRO.
TELÉFONOS OFICINAS 217 99 24 - 218 24 19 (FAX) EXT. 126
TELÉFONOS TALLER 217 09 44 - 217 19 98 - 9188 713726
www.grupotq.com.mx E-MAIL: itq@prodigy.net.mx

Empresa Certificada en
"ISO/TS 16949 2009"

FOLIO No. **28386** No. Parte: **SN HTLBC 142**

Cliente: PAULINA JUAREZ RODRIGUEZ Lote: **423** Fecha: 26/05/16

Descripción: **PIEZA** Nivel de Cambio: Horario: **3**

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS Y/O ESPECIFICACIONES	MÉTODO DE MEDICIÓN	DISPOSICIÓN	
			Aceptado	Rechazado
APARENCIA	<input checked="" type="checkbox"/> 1. SIN RESIDUOS <input type="checkbox"/> 4. SIN REBABA	VISUAL	1. <input checked="" type="checkbox"/>	1.
	<input type="checkbox"/> 2. SIN OXIDO <input type="checkbox"/> 5. PLANIDAD		2.	2.
	<input type="checkbox"/> 3. SIN GOLPES <input type="checkbox"/> 6.		3.	3.
			4.	4.
			5.	5.
			6.	6.
DIMENSIONAL	Dureza Superficial: 58/62 RC	DIMENSIONAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Dureza de Nucleo:	DIMENSIONAL		
	Capa Total: 1.5mm MIN	DIMENSIONAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Capa Efectiva:	DIMENSIONAL		
	Longitud Temple:	DIMENSIONAL		
AUDITORIA DE EMPAQUE	MATERIAL EMPACADO DE ACUERDO A HOJA DE INSTRUCCIÓN DE EMPAQUE	VISUAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
	ACOMODO EN EL TRANSPORTE	VISUAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
	ESTIBA EN EL TRANSPORTE	VISUAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
	IDENTIFICACION DE LOS PRODUCTOS EMBARCAADOS	VISUAL	<input checked="" type="checkbox"/>	

TEMPERATURA DE PROCESO: TIEMPO DE PERMANENCIA: No. DE LOTE DEL CLIENTE:

LAS PIEZAS AMPARADAS EN ESTE CERTIFICADO FUERON PRODUCIDAS SEGUN ESPECIFICACIONES PROPORCIONADAS. LOS RESULTADOS DE INSPECCION RECIBO, PROCESO Y FINAL ESTAN ARCHIVADOS Y DISPONIBLES PARA SU REVISION.

INSPECTOR ASEG. DE CALIDAD GERENTE DE ASEG. DE CALIDAD

HOJA DE REGISTRO DE DATOS

Tamaño de Muestra: Piezas:

CARACTERÍSTICA Y/O ESPECIFICACION				CARACTERÍSTICA Y/O ESPECIFICACION				CARACTERÍSTICA Y/O ESPECIFICACION			
No.	APARENCIA	DUREZA	CAPA TOTAL	No.	APARENCIA	DUREZA	CAPA TOTAL	No.	APARENCIA	DUREZA	CAPA TOTAL
1	<input checked="" type="checkbox"/>	61	1.5mm	31				61			
2	<input checked="" type="checkbox"/>			32				62			
3	<input checked="" type="checkbox"/>			33				63			
4	<input checked="" type="checkbox"/>			34				64			
5	<input checked="" type="checkbox"/>			35				65			
6				36				66			

Figura. 62 Análisis Del Tratamiento Térmico Al Material

El análisis del tratamiento térmico indica que si está acorde a como se le pidió al proveedor, con lo que el herramental es aceptado y está a la espera de ser instalado.

Los adaptadores de protección de 8 a 4 barrenos llegaron al laboratorio y debían de ser revisados, se tratan de los herramentales para el lado junta deslizante (tulipán) que se utilizan para la mayoría de los bancos de prueba.



Figura. 63 Herramental De Interfaz Junta Deslizante

Este herramental también fue sometido a un tratamiento térmico para mejorar su dureza debido a que será expuesto a esfuerzos en torsión y velocidades muy altas.

HOJA CONTROL DE FABRICACION											FOLIO	
CLIENTE: GKD		NOMBRE PZA: Adaptador tuj		MATERIAL: 86-20		DUREZA: 58-62		MAQUINADO:		FECHA: 30/04/16		
ORDEN COMPRA: E19287		NÚM. ORDEN: H118A 402		REF. EQ.:		TRATAMIENTO:		OPERADOR:				
ORDEN: Antonio A.		CANTIDAD FAB.: 100		TEMPLE: <input checked="" type="checkbox"/> FAVONADO <input type="checkbox"/>		OPERADOR:		FACTURA:				
	Cota 1	Cota 2	Cota 3	Cota 4	Cota 5	Cota 6	Cota 7	Cota 8	Cota 9	Cota 10	Result	
Ø	150	69.85	50	90	1.25						ok	
1	149.99	69.83	50.02	90.01	25.12							
2	149.94	69.86	50.01	90.03	25.02							
3	150.10	69.88	50.00	90.02	25.15							
4	149.90	69.90	49.94	90.09	25.15							
5	150.04	69.85	50.03	90.01	24.97							
6	150.03	69.83	49.96	90.12	25.15							
7	150.08	69.88	50.00	90.02	25.02							
8	150.16	69.87	50.02	90.02	25.08							
9	149.86	69.86	49.95	90.06	25.10							
10	150.03	69.87	49.96	90.01	25.08							

COMENTARIOS:		HORA	CORTE	TORNEADO	FRESADO	HILO	RECTIFICADO	MICROLOGIA
		Inicia						
		Termino						
		FIRMA OPERADOR						NOMBRE/FIRMA

Figura. 64 Análisis Dimensional Herramental Junta Deslizante

HOJA CONTROL DE FABRICACION											FOLIO
CLIENTE: GKN		NOMBRE PZA: Adaptador Julip			MATERIAL: P6-20		DUREZA: 58-62		MAQUINADO:		FECHA: 30/05/16
ORDEN COMPRA: 2142857		NÚM. DISEÑO: HTLGA 402			REF. EQ.:		TRATAMIENTO:		OPERADOR:		
ORDENO: Antonio A.		CANTIDAD FAB: 18 pz.			TEMPLE: <input checked="" type="checkbox"/> PAVONADO		OPERADOR:		FACTURA:		
Cota 1	Cota 2	Cota 3	Cota 4	Cota 5	Cota 6	Cota 7	Cota 8	Cota 9	Cota 10	Result	
φ 150	φ 69.85	φ 50	φ 90	L 25						ok	
1	150.07	69.87	49.95	90.03	25.15						
2	150.08	69.90	50.03	90.02	25.17						
3	150.03	69.83	50.05	90.03	25.10						
4	150.05	69.85	50.00	90.00	25.05						
5	150.01	69.88	50.06	90.00	25.09						
6	150.17	69.87	50.04	90.02	25.11						
7	150.08	69.82	50.03	90.00	25.10						
8	149.97	69.88	50.05	89.98	25.07						
9											
10											
COMENTARIOS:				HORA	CORTE	TORNEADO	FRESADO	HILO	RECTIFICADO	METROLOGIA	
				Inicio						 NOMBRE / FIRMA	
				Termino							
				FIRMA OPERADOR							

Figura. 65 Análisis Dimensional Junta Deslizante

Hasta el momento es la mayor cantidad de herramientas recibidos, con un total de 18 adaptadores de junta fija. Representa una gran inversión para lograr la introducción del estándar de GKN en las pruebas de las flechas homocinéticas.

Haciendo un seguimiento, los cabezales del banco de durabilidad llegan a la planta y pasan por el mismo proceso, verificar que cumplan con lo establecido en el plano de diseño.



Figura. 66 Cabezal Banco De Durabilidad I-17. Endurance Test Rig.

HOJA CONTROL DE FABRICACION										FOLIO	
CLIENTE: SIN	NOMBRE PZA: Cabezal I-017		MATERIAL: 86-20	DUREZA: 58-62	MAQUINADO:						FECHA: 30/05/16
ORDEN COMPRA: FT12857	NUM. DISEÑO: 6-814220178		REF. EQ.:	TRATAMIENTO:							
ORDEN: América A	CANTIDAD FAB.: 8 Pz.		TEMPLE:	OPERADOR:							
	Cota 1	Cota 2	Cota 3	Cota 4	Cota 5	Cota 6	Cota 7	Cota 8	Cota 9	Cota 10	Result
	Ø200	Ø90	Ø60	Ø194	L25						ok
1	200.02	90.00	59.98	194.00	25.12						
2	199.97	90.02	59.97	193.96	25.07						
3	199.96	90.01	60.00	194.02	25.10						
4	199.98	90.01	59.98	193.95	25.06						
5	199.96	90.04	60.00	194.00	25.03						
6	199.92	90.02	59.95	194.03	25.12						
7	200.00	90.00	60.01	194.00	25.06						
8	199.92	90.01	59.92	193.96	25.06						
9											
10											

COMENTARIOS:	HORA	CORTE	TORNEADO	FRESADO	HILO	RECTIFICADO	METROLOGIA
	Inicio						
							<i>[Firma]</i>
							NOMBRE/FIRMA

Figura. 67 Análisis Dimensional Cabezal Banco De Durabilidad I-17

Las medidas del análisis dimensional están dentro de las tolerancias indicadas en el plano, siendo así el herramental es correcto y aceptado.

Los herramientas de los bancos de fatiga I-14-01 y 02 son recibidos, posteriormente revisados, ya que estos son idénticos, para el lado de junta fija (Campana) en el banco de prueba.



Figura. 68 Cabezal Lado Junta Fija. Fatigue Test Rig

HOJA CONTROL DE FABRICACION										FOLIO	
CLIENTE: Gkd		NOMBRE PZA: Cabezal Camp.		MATERIAL: B6-20		DUREZA: 58-62 Rc		MAQUINADO:		FECHA: 30/Ago/16	
ORDEN COMPRA: 692859		REF. EQ.:		TRATAMIENTO:		TEMPLE: <input checked="" type="checkbox"/> PAVONADO		OPERADOR:		FACTURA:	
ORDENO: Arbol A.		NUM. DISEÑO: MT-228 142		CANTIDAD FAB.: 2 pz							
Def.	Cota 1	Cota 2	Cota 3	Cota 4	Cota 5	Cota 6	Cota 7	Cota 8	Cota 9	Cota 10	Result
	∅200	∅90	∅50	L25.30							ok
-1	199.90	89.99	50.02	25.38							
2	199.95	89.98	50.03	25.32							
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
COMENTARIOS:		HORA	CORTE	TORNEADO	FRESADO	HILO	RECTIFICADO	METROLOGIA			
		Inicio						NOMBRE / FIRMA			
		Termino									
		FIRMA OPERADOR									

Figura. 69 Análisis Dimensional, Cabezal De Fatiga

Se les hizo el análisis a las medidas de mayor importancia en el cabezal, los cuales no alteren en nada las pruebas en las flechas homocinéticas.

Continuando con la recepción de los herramientales los últimos en llegar fueron los de transformación de 8 a 4 barrenos lado junta fija (campana) esté represento el mayor número de herramientales fabricados 30 fueron los elementos que se mandaron a fabricar.



Figura. 70 Herramental De Interfaz Junta Fija

Herramientales Instalados

Ya con los herramientales recibidos quedaba nada más realizar un plan para instalarlos en caso de los cabezales y para los herramientales de interfaz y de protección solo quedaba que se usaran cuando fueran necesarios. Se acoplo al plan de pruebas que tienen en laboratorio para hacer los cambios de cabezales sin perjudicar las horas útiles de trabajo de cada banco a intervenir así que se buscó los intervalos de tiempo en donde se hacen cambios de flechas a probar.

Para el caso del banco de durabilidad I-17 su fecha de calibración está cerca y la maquina tendría que ser intervenida así que se aprovecharía ese lapso de tiempo para realizar el cambio de cabezales además de que los herramientales de protección entrarían en acción para sujetar el equipo de calibración de torque.

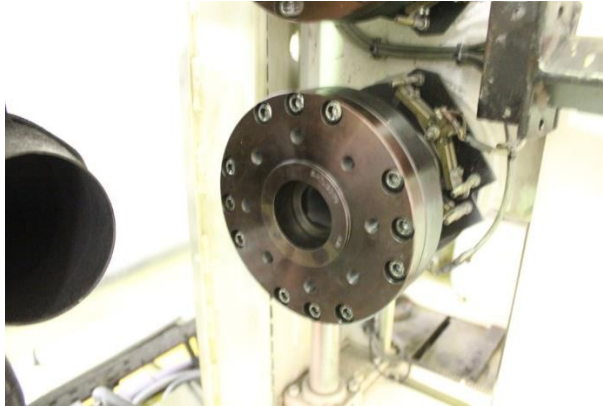


Figura. 71 Cabezal I-17. Endurance Test Rig

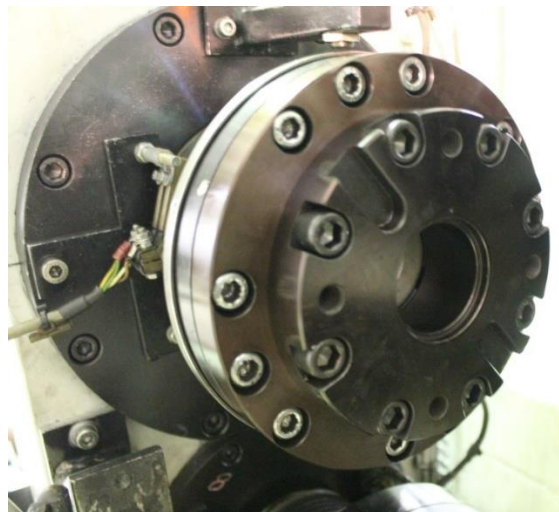


Figura. 72 Cabezal e interfaz lado tulipán instalados

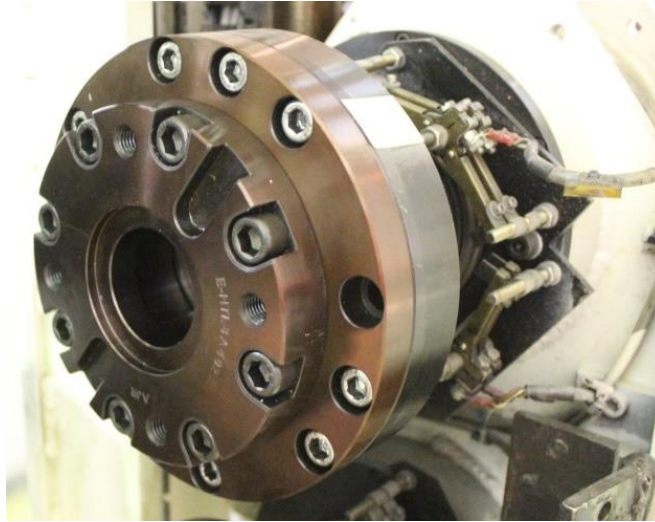


Figura. 73 Cabezal y herramienta de interfaz lado campana instalados

Ya con los herramientas instalados se realizó la calibración del banco con el equipo de torque de inducción en este banco la celda de carga se encuentra solo del lado tulipán y del lado campana no existe ninguna resistencia por lo que el troque se transmite de forma ideal.

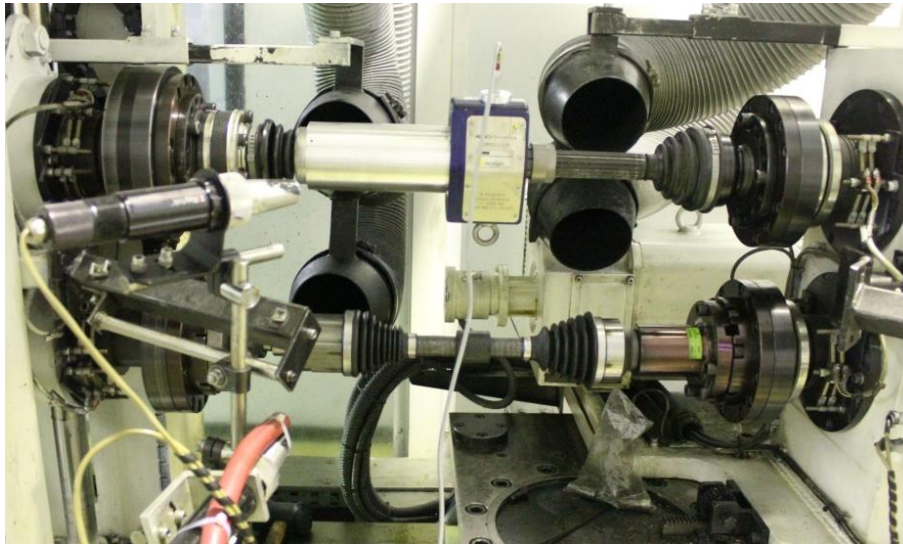


Figura. 74 Calibración del banco I-17

Después de la calibración se realizó el montaje de las flechas homocinéticas a probar se hizo un chequeo del alabeo de cada cabezal para cerciorarse de que no tengan una cantidad significativa lo permisible en alabeo para cada cabezal es de 0.5 mm los ocho cabezales están por debajo de él limite indicado por las especificaciones y solo se le dio

un pequeño monitoreo para asegurarse de que no existe ningún problema con el uso de los nuevos cabezales.

En el banco de durabilidad se puede observar el uso de los herramientas de interfaz de 8 a 4 barrenos para la calibración dicho herramientas se les conservo para el montaje de las flechas ya que no tenían la especificación de los 8 barrenos.

Para la cámara climática se comenzó en el lado beta 2 para la instalación de los cabezales ya que estos van colocados en unos bloques con otros componentes que ayudan al correcto funcionamiento del mismo.



Figura. 75 Soporte lado beta 2. Chamber Climatic I-15.

En la figura 75 se observa a grandes rasgos de cómo se compone el soporte del lado beta 2, no se logra ver los bloques de los que se menciona en donde van colocados los cabezales, para ello se realizó un modelado de todo el soporte por distintos objetos, el primero de ellos para asegurar el correcto ensamble de los bloques con los cabezales y sus componentes como son los rodamientos, empaques, camisas y venas de lubricación y otros elementos que complementan el bloque de sujeción, además el modelado será de utilidad para cuando se realicé el mantenimiento en el soporte, ya sea de los elementos del bloque o algún otro componente en general, lubricación de los tornillos sinfín además de que el

modelado fue de gran utilidad para la planta GKN BRASIL ya que ellos necesitaban rehabilitar una máquina idéntica y este modelado fue de gran apoyo para ellos.

En el modelado se hizo tomando de referencia cada elemento del soporte se dimensionó y a la post se realizó el modelado en el Inventor Fusion.

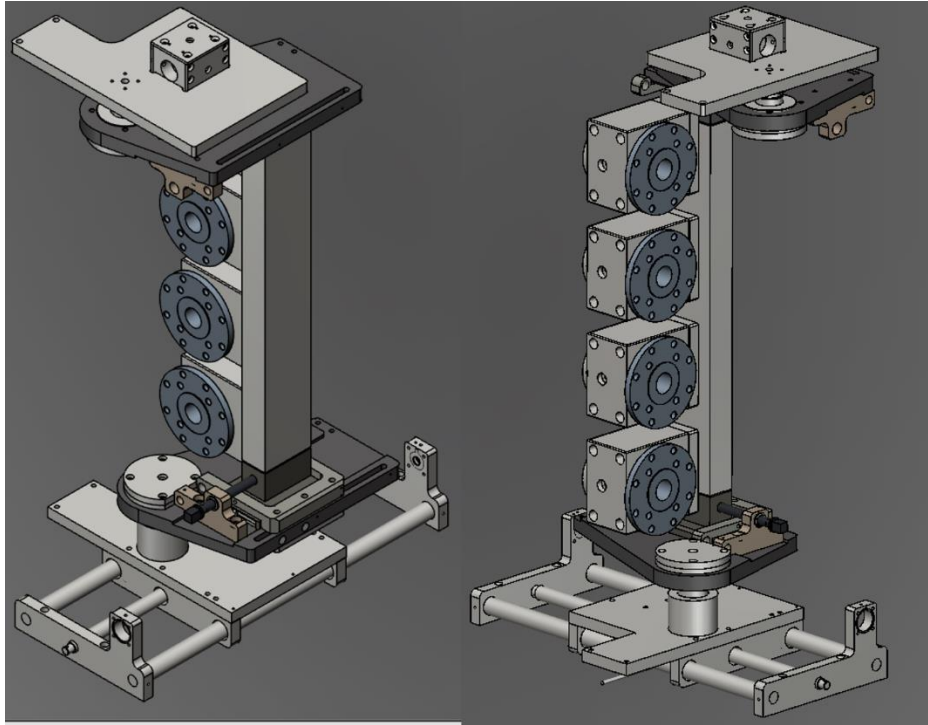


Figura. 76 Modelado 3D del lado beta 2. Cámara Climática

Para cuestiones de realizar un ensamble adecuado se tomó de apoyo el modelado de uno de los bloques para saber de qué forma se colocan cada elemento.

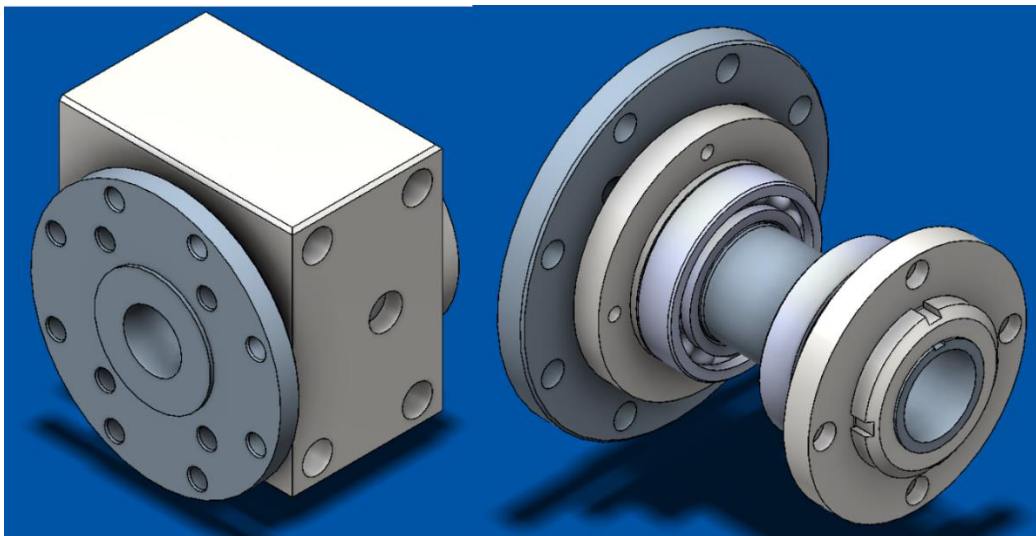


Figura. 77 Bloque del lado beta 2. Cámara Climática

Una vez hecho el respaldo en el modelado se procedió a realizar el ensamble con los cabezales fabricados para la cámara climática.

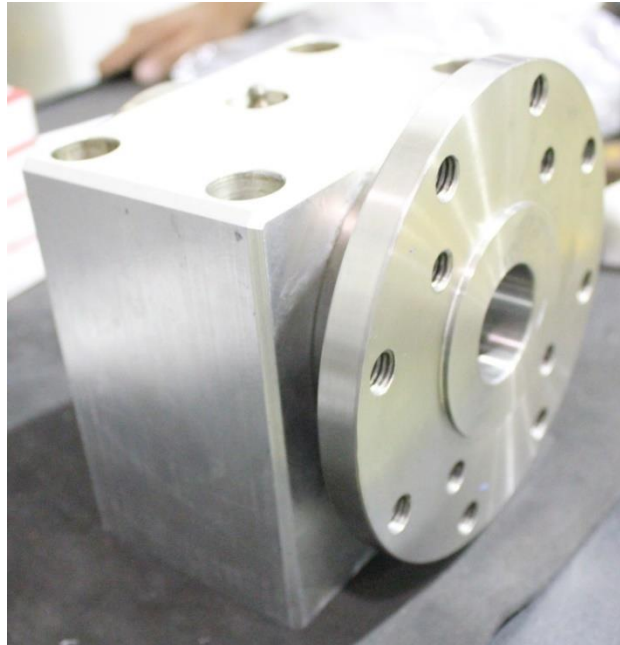


Figura. 78 Bloque del cabezal lado beta 2. Cámara Climática

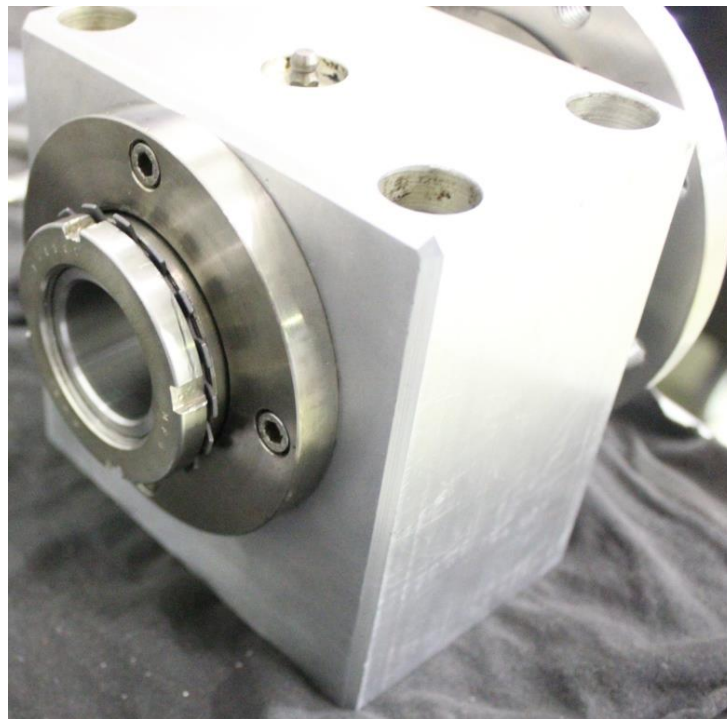


Figura. 79 Parte posterior del bloque

Dentro de los bloques se encuentran dos rodamientos de la marca SKF, son rodamientos especiales modelo SKF 6009-2Z contra la expansión térmica ya que estos estarán



expuestos a temperaturas muy altas y bajas así que su coeficiente de expansión esta dado a un punto que cuando se expanda no sobre pase los límites de ajustes que tiene el rodamiento con respecto al alojamiento en el bloque.

Se trata de cojinete de bolas de sistema métrico con ranura profunda, blindado. Los rodamientos apantallados (2Z) cuentan con dos placas metálicas que evitan la entrada de polvo y partículas. Son rodamientos equipados con dos juntas de baja fricción. Estos tienen un funcionamiento versátil y resistente, al mismo tiempo que requieren poco mantenimiento. Los rodamientos de bolas de ranura profunda son los más usados gracias a su diseño sencillo y a su idoneidad para altas velocidades. Se destaca que:

- Principalmente indicado para las aplicaciones donde el anillo del rodamiento gira
- Si el anillo exterior gira hay peligro de pérdida de grasa del rodamiento a velocidades altas
- La separación C3 y el estándar están disponibles.

Tabla 13 Especificaciones del rodamiento. Cámara Climática⁴

Diámetro de entada	45 mm
Diámetro de salida	75 mm
Tipo de rodamiento de bola	Ranura profunda
Anchura del anillo	16 mm
Tipo de extremo	Apantallado
Numero de filas	1
Valor nominal de carga estática	14.6 kN
Material de la rejilla	Acero
Tipo de anillo	Plano
Valor nominal de carga dinámico	22.1 kN
Tipo de calibre	Paralelo
Velocidad de referencia	20000 rpm
Velocidad de limitación	10000 rpm

Para la instalación de este cabezal se requirió mucho trabajo por la instalación de en cada bloque ello represento tiempo pero al final el diseño resulto funcional y sin inconvenientes.

⁴ SKF. (2006). Catálogo General. Suecia. Grupo SKF.

Estos bloques no han sido montados en la base del lado beta 2 ya que para ello se necesita desmontar por completo dicha base, así que se programa un fecha que coincida con el mantenimiento preventivo para realizar el montaje y así no intervenir en dos ocasiones la máquina y tenga un mejor aprovechamiento en horas de prueba. Pero en el modelado de la figura 76 se puede observar cómo se vería ya instalados en la máquina.

Para el caso de los cabezales del lado beta 1 no fue mucho inconveniente ya que estos solo van sujetos a un eje por medio de un perno, y el eje transmite el torque desde la parte motriz hacia la cámara climática.

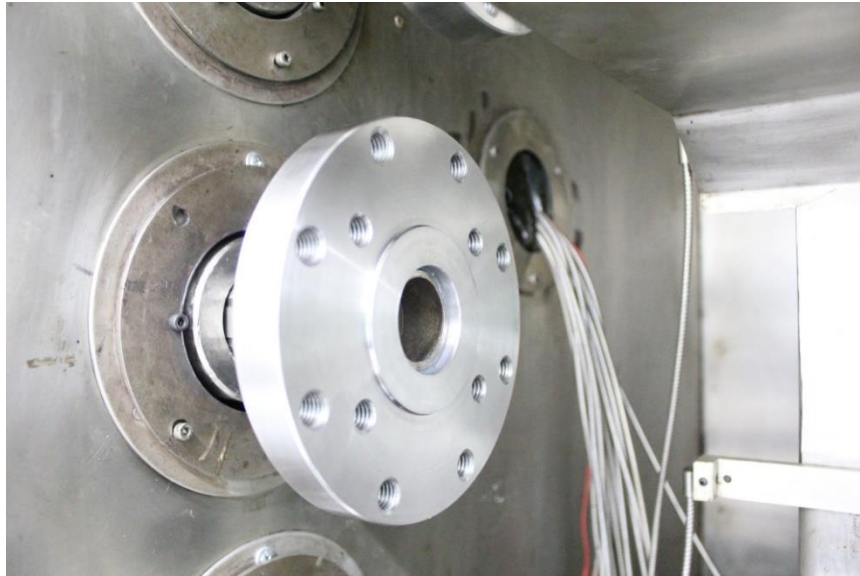


Figura. 80 Cabezal lado beta 1 instalado. Cámara Climática

Para los cabezales del banco de torsión estática se realizó el cambio del mismo del lado junta fija (campana) ya que este banco se encontraba con la disponibilidad para ello, su programa de pruebas dio la opción de realizar el cambio.

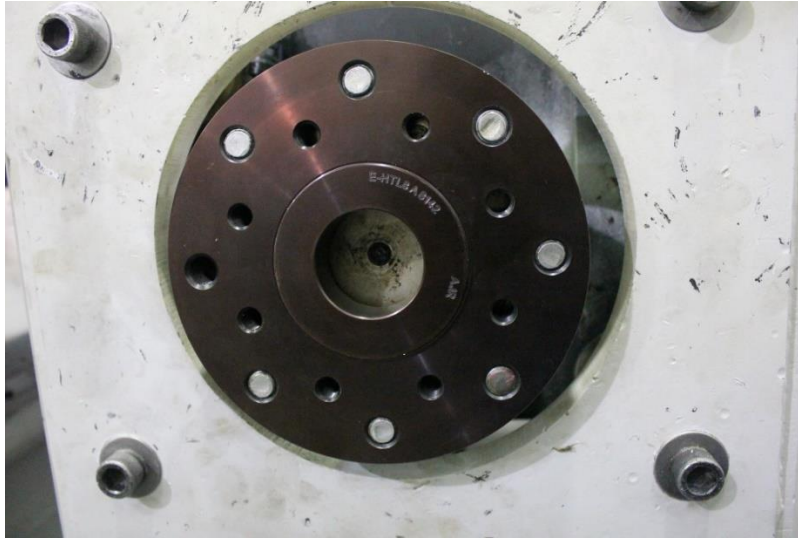


Figura. 81 Cabezal lado junta fija del banco de pruebas de torsión estática

Para este cabezal también será necesario el uso de un herramental de adaptación para cuatro u ocho barrenos para protección.



Figura. 82 Cabezal lado junta fija y herramental de transformación de 8 a 4 barrenos

Ya con los herramentales instalados se realizó una prueba en una campana como parte del plan de pruebas del banco, y se aprovechó para realizar el monitoreo de los herramentales para asegurar de que funcionaran de forma adecuada.

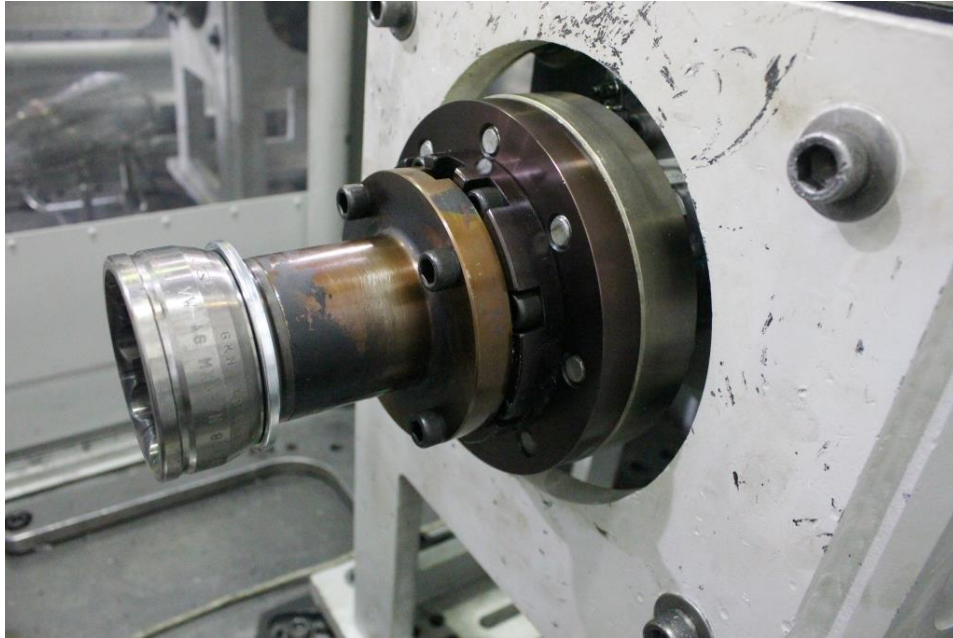


Figura. 83 Campana instalada para prueba de torsión estática con los nuevos herramientas.

La prueba se realizó con toda normalidad la campana aprobó el ensayo y el comportamiento de los herramientas fue correcta y no intervinieron en nada sobre el resultado; este cambio de realizó la segunda semana de julio del 2016. Para el lado de junta deslizante (tulipán) aún no se realiza el cambio ya que desmontar el cabezal actual es trabajo de todo un día y actualmente el programa de pruebas del banco contempla realizar un numero definido de pruebas por día, así que no se puede intervenir por varias horas al banco, por el momento la instalación de ese cabezal queda en espera de que los ensayos de emergencia que están en el programa de prueba salgan y se pueda realizar el cambio de cabezal.

Para el banco de fatiga es el mismo caso, a la fecha del 15 de julio del 2016 es el banco con el mayor número de demanda en pruebas arrastra una utilización del 100% ya que no deja de realizar pruebas de programas en estado de emergencia para la planta, por motivos de interés para la empresa es imposible parar el banco y realizar el cambio de cabezales.

Método De Calibración. Junta Universal De Hook.

Para el nuevo método de calibración que será involucrado en los bancos de prueba se esperó la llegada de la flecha cardan comprada a una compañía en Alemania para su implementación. La flecha cardán llego a la planta Celaya la primera semana de julio del 2016, con lo que se procedió a revisar que sea la flecha que se encargó según las especificaciones del catálogo de la figura 49.



Figura. 84 Flecha Cardán para calibración de medios de prueba

La flecha corresponde a lo solicitado en las especificaciones ahora solo queda definir la fecha para realizar una calibración; dicha fecha se presenta para el banco de pruebas de torsión estática ya que el banco lleva un programa de pruebas muy exigente día a día, por lo que su calibración se ve afectada y se debe de realizar un chequeo; oportunidad única para probar el método de calibración con la junta universal de Hook, el cual reducirá el tiempo y dará resultados con mayor rango de fiabilidad.

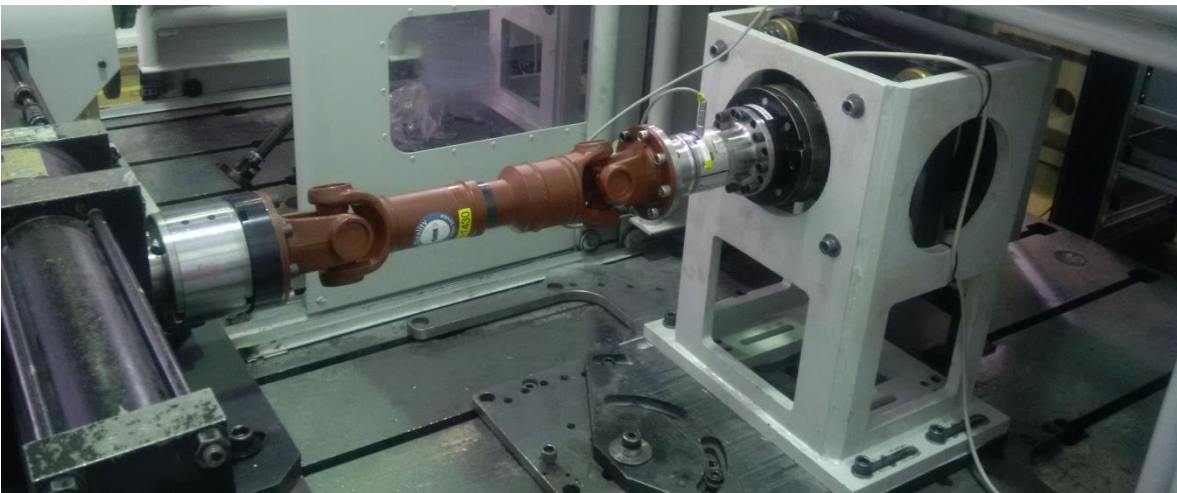


Figura. 85 Calibración del banco de torsión estática con la flecha cardán

Se instala la flecha cardán en el banco de pruebas I-14-02 para su calibración la importancia además de obtener una buena calibración es probar la fiabilidad del método con la junta universal de Hook.

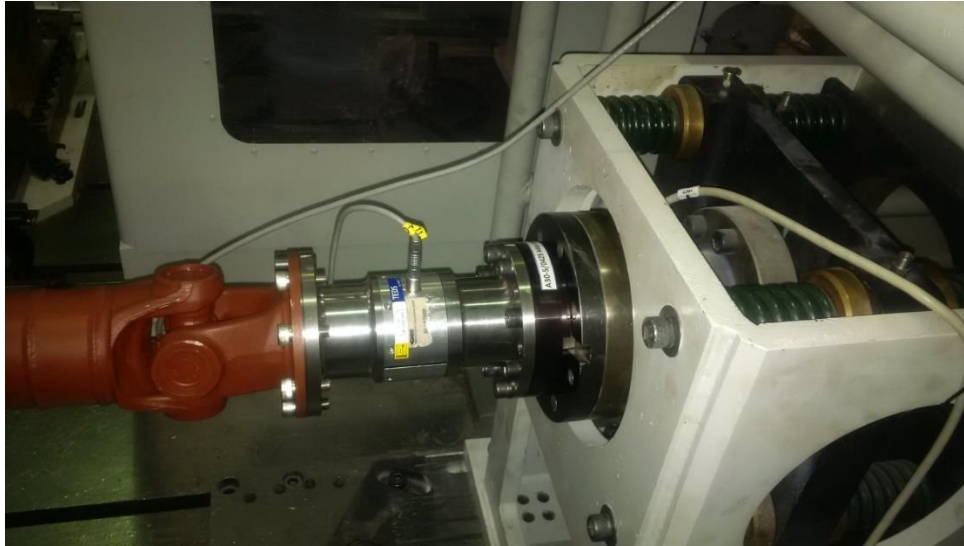



Figura. 86 Celda de carga para la calibración de torque

La celda utilizada ya se encontraba en la planta como parte del equipo de calibración para otros bancos, sus características cumplen con las especificaciones para la calibración de los bancos indicada por la acreditación Q1 con la que cuenta la empresa dicha acreditación es dada por los clientes (armadoras de vehículos) por el nivel de fiabilidad en las pruebas de flechas homocinéticas.

Los resultados de la calibración fueron satisfactorios. Aquí el reporte de la calibración.

		<h2 style="text-align: center;">REPORTE DE CALIBRACION DE MEDIOS DE PRUEBA</h2>	
GKN Driveline Celaya, Guanajuato Carr. Panamerica S/N Km 284 2da Fraccion de Crespo			
Reporte Número:	CALP-IP-15-028		
Medio:	Banco de pruebas de Torsion Estatica		
Código:	I-14-2		
Variable de medición:	Torque		
Instrumento Calibrado (n/s):	Celda carga Key Transducers. Inc . Modelo: 2303-02		
Número de Serie:	114		

Reproduccion de este documento unicamente con la acreditacion de Laboratorio de Pruebas

Figura. 87 Reporte De Calibración



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



Equipo de Referencia:

	Calibrador de Ref.	Tipo y N/S	Última Calibración	Incertidumbre
Ref I	Celda de Torque 10 KNm W-0102-011	---	sep-14	7.10 Nm
	Notebook ACER W-0049-1405/PC	---		
	E-DAQ HBM W-0049-1405	---		
	Flecha de interconexion H-1430 10KNm	---		

Condiciones de Verificación:

Hora: Hrs
 Temperatura Ambiente: °C (+/- 3°C) Humedad Relativa: % (+/- 5%)

Razón de la investigación:

<input checked="" type="checkbox"/> Calibración y Liberación de equipo	Equipo de Referencias ok
<input type="checkbox"/> Reparación (Verificación completa)	<input checked="" type="checkbox"/> Equipo de prueba ok
<input type="checkbox"/> Auditoria	
<input type="checkbox"/> Verificaciones arbitrarias.	

Gráfica de acreditación: No Si

Observaciones (Anotaciones, referencia, ayuda visual, etc)

La verificación efectuada para la medición de torque es realizada con el equipo de calibración regional.

Figura. 88 Reporte De Calibración

	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Valores Característicos	Escala del Instrumento: ± 10000	Nm	Rango de Verificación ±: 7000	Nm
	Escala Real de Operación: ± 7000	Nm		
	Error Permissible: ± 40	Nm		
	Valor de Precarga (Cuando aplique):	---		

Número de Lectura y Set point		Valores de Referencia				Valores Reales			Análisis			Criterio Final:
		Ref 1				Control Torque			Desviación Set point / Control	Maxima desviación dispositivo / Referencia	Maxima tolerancia permisible ±	
Lectura	Set point	Nm	Nm			Nm			Nm	Nm	Nm	
1	7000	6999				7000			0	1	133	APROBADO
2	6000	5998				6000			0	2	113	APROBADO
3	5000	4997				5000			0	3	93	APROBADO
4	4000	3997				4000			0	3	73	APROBADO
5	3000	2997				3000			0	3	53	APROBADO
6	2000	1997				2000			0	3	33	APROBADO
7	1500	1497				1500			0	3	33	APROBADO
8	1000	997				1000			0	3	33	APROBADO
9	500	498				500			0	2	33	APROBADO
10	0	0				0			0	0	33	APROBADO
11	-500	-500				-500			0	0	33	APROBADO
12	-1000	-1000				-1000			0	0	33	APROBADO
13	-1500	-1499				-1500			0	-1	33	APROBADO
14	-2000	-1999				-2000			0	-1	33	APROBADO
15	-3000	-2999				-3000			0	-1	53	APROBADO
16	-4000	-3999				-4000			0	-1	73	APROBADO
17	-5000	-4999				-5000			0	-1	93	APROBADO
18	-6000	-5999				-6000			0	-1	113	APROBADO
19	-7000	-7000				-7000			0	0	133	APROBADO

Figura. 89 Resultado De La Calibración

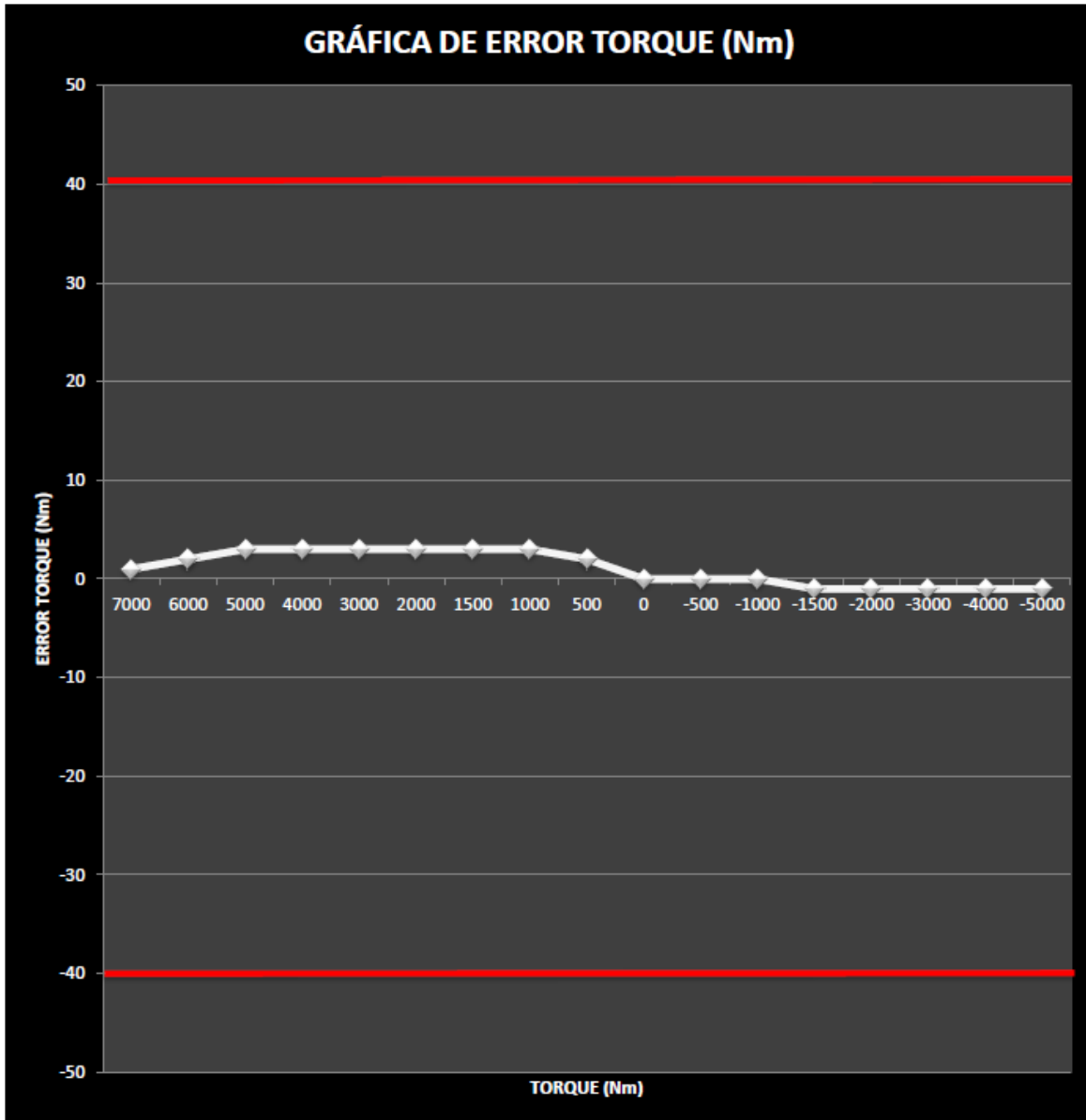


Evaluación :		Valor	Unidad			Criterio Final:
Máxima desviación :		3	Nm			APROBADO
Incertidumbre del patrón (IdP) :		7	Nm			
Máximo error absoluto :		10	Nm			
Máxima Tolerancia Permissible :	@ +/-	2000	Nm	+/-	40	
	@ +/-	10000	Nm	+/-	2	% del valor verdadero
						Pag.

Figura. 90 Evaluación de resultados.

Como se observa en la tabla de la figura 89 se logró tomar la lectura en ambos sentidos con esto se declara funcional el método y solo queda a la espera de ver que tan eficaz es con respecto al método anterior.

Los resultados obtenidos son llevados a una tabla de Excel para obtener una gráfica del error y ver su comportamiento con respecto a la cantidad de carga.



Grafica 1 Comportamiento Del Error

Los datos presentados en la figura 90 indican un cambio radical con los resultados de las calibraciones anteriores, el error que arroja está indicado en ambos sentidos y según la especificación indicada la calibración es aprobada.

Las características de los instrumentos utilizados son presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 14 Descripción del equipo de calibración

DESCRIPCIÓN		DISPOSITIVO
Equipo	Celda de Troque 10 kNm W-0102-011	
Tipo	Fuerza	
Equipo	Notebook ACER W-0049-1405/PC	
Tipo	-----	
Equipo	E-DAQ HBM W-0049 1405	
Tipo	-----	
Equipo	Junta Universal De Hook H-1430 10 kNm	
Tipo	-----	

Con esto se concluye que el método es fiable para la realización de la calibración en torque para los diferentes bancos de prueba, ya que el banco de torsión estática tiene el grado más alto en calibración por la cantidad de torque que puede entregar y los dispositivos se comportaron a la altura de las exigencias en esta calibración.



CONCLUSIÓN

Al término de presente trabajo se llega a distintos puntos de vistas acerca de la habilidades obtenidas a lo largo de la carrera en la institución académica entre los que se destacan las habilidades matemáticas, uso de herramientas computacionales para el diseño, modelado, análisis de elementos y ensambles, la capacidad de analizar situaciones de la vida real mediante un enfoque ingenieril y con ello buscar una interpretación concreta de las acciones.

Con base en el concepto de tener un enfoque ingenieril se pusieron a prueba distintos ámbitos y habilidades técnicas y prácticas propias de la formación profesional, con ello se logra obtener una retroalimentación muy basta de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera teniendo como resultado un entendimiento más amplio sobre la importancia de los detalles técnicos y teóricos.

Los resultados obtenidos durante el periodo de prácticas profesionales se deben en gran medida a las exigencias que se tuvieron durante los semestres en las aulas del Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez en donde se adoptó una actitud emprendedora, de innovación y de respeto al medio ambiente, con ello se logró conseguir los resultados esperados haciendo uso de las herramientas proporcionadas en las materias:

- Diseño
- Mecánica De Materiales
- Diseño Asistido Por Computadora
- Procesos De Manufactura

Estas materias fueron de gran influencia para poder sacar a flote el proyecto de diseño de herramientas de interfaz a los bancos de pruebas y para desarrollar un método de calibración de torque para los mismos bancos ya que era de gran importancia analizar la transmisión de potencia sobre un elemento.

Como parte complementaria de la formación profesional se realizaron otras actividades que ayudan a obtener un panorama más amplio sobre las tareas enfocadas a un ingeniero mecánico, estas actividades fueron:

- Calibración de medios de prueba (Torque, temperatura, velocidad, ángulo)
- Mantenimiento preventivo y predictivo a los bancos de prueba



- Diseño de un sistema de ventilación para el banco de fatiga, esto como parte de una aportación personal para el laboratorio de pruebas.
- Mantenimiento correctivo en el sistema de refrigeración de las cámaras climáticas.
- Diseño de una guarda de seguridad para las pruebas en el banco de torsión estática. Aportación personal para el laboratorio de pruebas.
- Modernización del banco de torsión estática.

Estas actividades se realizaron de forma proactiva en busca de obtener un aprovechamiento máximo de la estancia en la empresa y de esa forma tener un parámetro de las habilidades adquiridas y su implementación. Para estas actividades extras se hizo uso de algunas asignaturas de la retícula profesional de un ingeniero mecánico del ITTG:

- Propiedad De Los Materiales Metálicos
- Sistemas Electrónicos
- Termodinámica
- Circuitos Eléctricos
- Instrumentación Y Control
- Vibraciones Mecánicas
- Robótica
- Sistemas Hidráulicos
- Automatización
- Sistemas De Refrigeración
- Control
- Mantenimiento Industrial

Estas fueron las asignaturas que tuvieron un impacto fuerte a la hora de realizar dichas actividades las cuales me complace decir que fueron solventadas de forma correcta. Las habilidades se potencializaron y los conocimientos se reforzaron, con ello se finaliza que la residencia profesional tuvo un gran aprovechamiento para tener cimientos firmes de la profesión de ingeniero mecánico entorno a un perfil académico con enfoque a la solución de problemas mediante uso de herramientas matemáticas e informáticas dadas por el Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez.

APENDICE

APENDICE A. TIPOS DE TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS

Tabla 15 Tipos de tolerancias geométricas

	Tipo de tolerancia	Características	Símbolo
Elementos simples (Sin referencia)	De forma	Rectitud	—
		Planitud	▭
		Redondez	○
		Cilindricidad	∅
		Elementos simples o asociados	Forma de una línea
Forma de una superficie	⤿		
Elementos asociados. (Con referencia)	- Orientación	Paralelismo	//
		Perpendicularidad	⊥
		Inclinación	∠
	- Situación	Posición (con o sin referencia)	⊕
		Concentricidad /Coaxialidad	◎
		Simetría (Plano)	≡
	- Alabeo Oscilación	Alabeo Radial.	↗
Alabeo Axial.		↗↗	

Tabla 16 Descripción de la simbología

Descripción	Símbolo
Indicación del elemento de tolerancia	
Indicación de la referencia	

Tabla 17 Descripción de las tolerancias de forma

Tolerancias de Forma		
Rectitud		Una línea contenida en la superficie superior paralela al plano de proyección sobre el que se da la inclinación, debe estar contenida entre dos líneas paralelas distantes en $t=0.1$ (d es cualquier distancia).
		Cualquier generatriz del cilindro ha de estar comprendida entre dos rectas // separadas entre sí 0.06 mm
		El eje del cilindro ha de estar comprendido en una zona cilíndrica de diámetro 0.06 mm
Planicidad		La superficie debe estar comprendida entre dos planos // separados entre sí, 0.06 mm
Redondez		El contorno del cono debe estar comprendido entre dos circunferencias separadas entre sí 0.06 mm
Cilindricidad		La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí 0.07 mm.
Forma de una línea cualquiera		La línea debe estar comprendida entre dos líneas envolventes de círculos de diámetro $t=0.05$ cuyos centros están situados sobre una línea con la forma geométrica teórica.
Forma de una superficie cualquiera		La superficie debe estar comprendida entre dos superficies envolventes de esferas de diámetro $t=0.2$ cuyos centros están situados sobre una superficie con la forma geométrica correcta.

Tabla 18 Descripción de las tolerancias de posición

<h2>Tolerancias de Posición</h2>		
Paralelismo		<p>El eje superior debe estar comprendido entre dos rectas separadas entre sí 0.2 mm. //al eje inferior A.</p>
Perpendicularidad		<p>El eje del cilindro debe estar comprendido en una zona cilíndrica de 0.2 mm. de diámetro perpendicular a la superficie A.</p>
Inclinación		<p>La superficie inclinada debe estar comprendida entre dos planos // entre sí, separados 0.1 mm, e inclinados 30° respecto al plano A.</p>
Posición		<p>El eje de cada taladro debe estar situado dentro de un cilindro de diámetro igual a la tolerancia (0.1) estando el eje de dicho cilindro en las posiciones teóricamente exactas.</p>
Concentricidad Coaxialidad		<p>El eje del cilindro menor es coaxial respecto al eje de referencia (del cilindro mayor) y debe estar dentro de un cilindro de diámetro $t=0.2$ cuyo eje coincide con la referencia.</p>

Tabla 19 Descripción de las tolerancias de posición

Tolerancias de Posición		
Simetría		<p>El plano de simetría de la ranura debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.2 mm y colocados simétricamente respecto al plano de simetría indicado por la referencia A</p>
Alabeo Oscilación circular (radial)		<p>La tolerancia de oscilación radial no debe sobrepasar más de 0,1 mm en cualquier plano de medición, durante una vuelta completa, alrededor del eje de referencia A o A-B.</p>
Alabeo Oscilación Total (radial)		<p>La tolerancia de oscilación total radial no debe sobrepasar más de 0,1 mm, en cualquier punto de la superficie especificada, durante varias revoluciones alrededor del eje de referencia A-B, y con movimiento axial relativo entre la pieza y el instrumento de medida.</p>
Alabeo Oscilación Total (axial)		<p>La superficie extraída (real) debe estar contenida entre dos planos paralelos distantes en $t=0,1$ que son perpendiculares al eje de referencia A</p>

De acuerdo con la norma UNE-EN_22768-2:1994 (ISO 2768-2:1989) sobre “Tolerancias para cotas geométricas sin indicación individual de tolerancia”, los elementos o componentes de un conjunto deben estar correctamente dimensionados y definidos geoméricamente (forma, orientación y posición), para ello en los planos se definen las tolerancias y especificaciones necesarias, principalmente las funcionales.

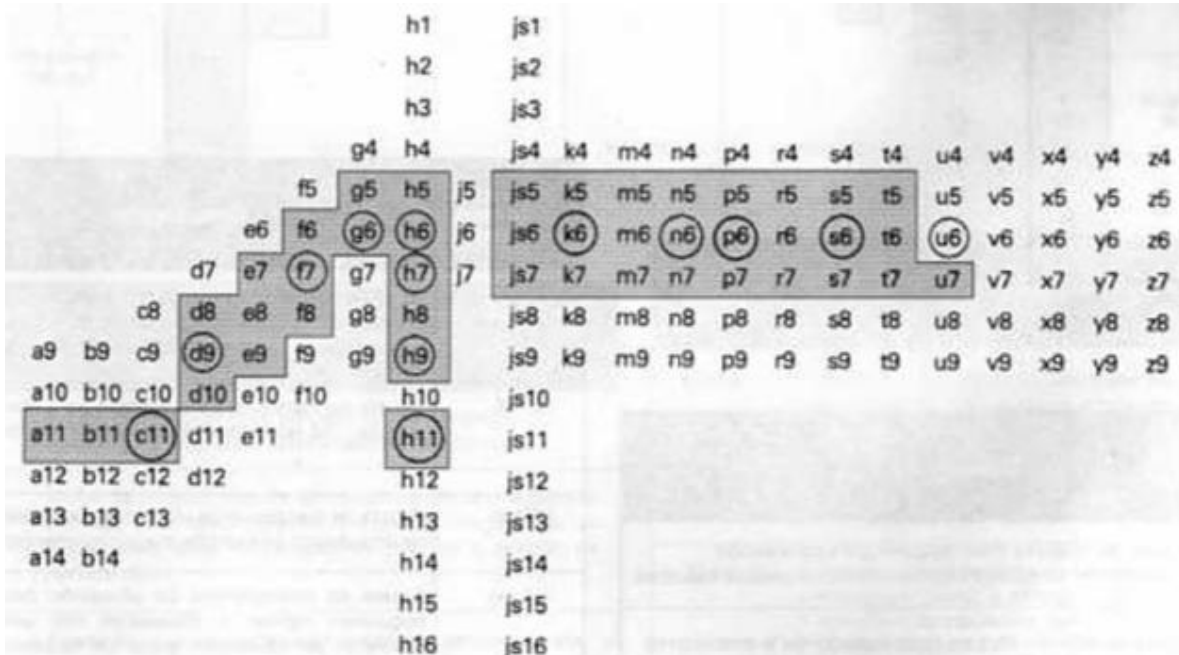


Ilustración 2 Zonas de tolerancia para dimensiones externas (ejes)

Leyenda:

- Primera opción de tolerancia, zonas encerradas en círculos (ANSI b4.2 preferente)
- Segunda opción de tolerancia zonas encerradas en cuadros (ISO 1829 seleccionadas)
- Tercera opción de tolerancia zonas abiertas.

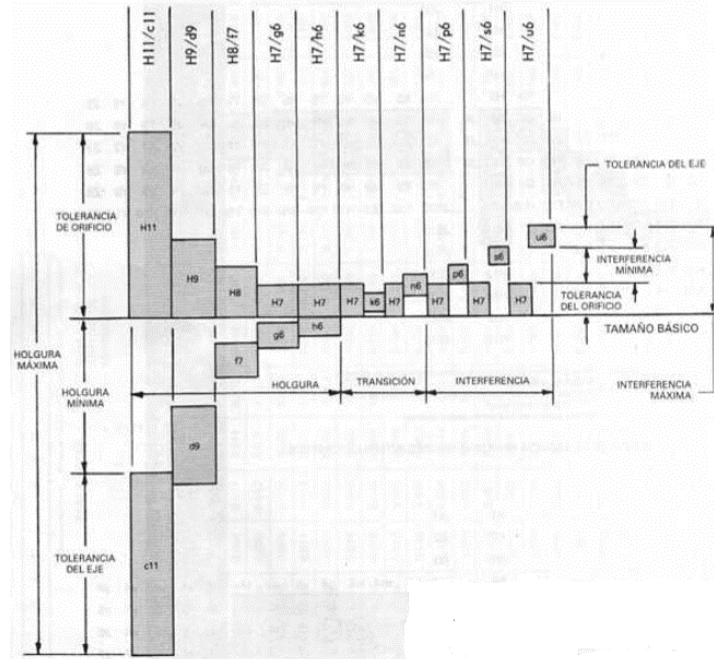


Ilustración 3 Grados de tolerancias internacionales (valores en milimétricos)

Tabla 20 Descripción de los ajustes con base en orificio preferente.

Símbolo de Orificio básico	Descripción	Símbolo de Orificio básico	Descripción
H11/c11	Ajuste de rotación libre holgado para tolerancias comerciales amplias o tolerancias en miembros externos	H7/k6	Ajuste de transición de ubicación exacta, una relación entre holgura e interferencia
H9/d9	Ajuste de rotación libre no apropiado Donde la precisión es esencial pero Útil en lugares con grandes variaciones De temperatura, altas velocidades de Rotación o presión.	H7/n6	Ajuste de transición de ubicación para ubicación mas exacta donde se permite mayor interferencia
H8/l7	Ajuste de rotación cerrada para rotación en maquinaria de precisión y para la ubicación exacta con velocidades y presiones de jornada moderadas	H7/p6	Ajuste de interferencia de ubicación para partes que requieren rigidez y alineación con una importante precisión de ubicación pero sin requisitos en trabajos de presión especiales.
H7/g6	Ajuste de deslizamiento no adecuado para rotación libre, sino para mover y girar con libertad, así como ubicar con precisión.	H7/s6	Ajuste de arrastre medio adecuado para partes ordinarias de acero o ajuste por calentamiento en secciones ligeras de ajuste con más fuerza, útil en hierro colado.
H7/h6	El ajuste con holgura de ubicación proporciona un ajuste exacto para ubicar partes estacionarias y poder ensamblarse y desensamblarse con facilidad.	H7/u6	Ajuste de presión adecuado para partes que pueden someterse a altas presiones o para ajustes de calentamiento donde las altas presiones requeridas son poco prácticas.

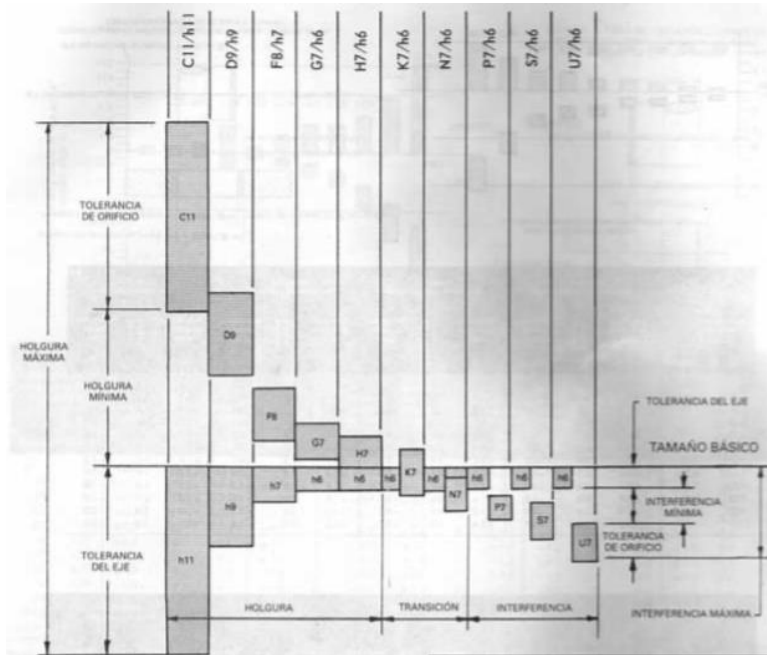


Ilustración 4 Grados de tolerancias internacionales (valores en milímetros)

Tabla 21 Descripción de ajustes con base en eje preferente

Símbolo básico del eje	Descripción	Símbolo básico del eje	Descripción
C11/h11	Ajuste de rotación libre holgado para tolerancias comerciales amplias o tolerancias en miembros	K7/h6	Ajuste de transición de ubicación para ubicación exacta, una relación entre holgura e interferencia.
D9/h9	Ajuste de rotación libre no apropiado donde la precisión es esencial, pero útil en lugares con grandes variaciones de temperatura, altas velocidades de rotación o presión de jornada difícil	N7/h6	Ajuste de transición de ubicación para ubicación más exacta donde se permite mayor interferencia.
F8/h7	Ajuste de rotación cerrada para rotación en maquinaria de precisión y para la ubicación exacta con velocidades y presiones de jornada moderadas	O7/h6	Ajuste de interferencia de ubicación para partes que requieren rigidez y alineación con una importante precisión de ubicación, pero sin requisitos en brocas de presión especiales.
G7/h6	Ajuste de deslizamiento no adecuado para la rotación libre, sino para mover y girar con libertad, así como ubicar con precisión.	S7/h6	Ajuste de arrastre medio adecuado para partes ordinales de acero o ajuste por calentamiento en secciones ligera; ajuste con más fuerza útil con hierro colado.
H7/h6	El ajuste con holgura de ubicación proporciona un ajuste exacto para ubicar partes estacionarias y puede ensamblarse y desensamblarse con facilidad.	U7/h6	Ajuste de presión adecuado para partes que pueden someterse a altas presiones o para ajustes de calentamiento donde las altas presiones requeridas son poco prácticas.

APENDICE C. RODAMIENTOS

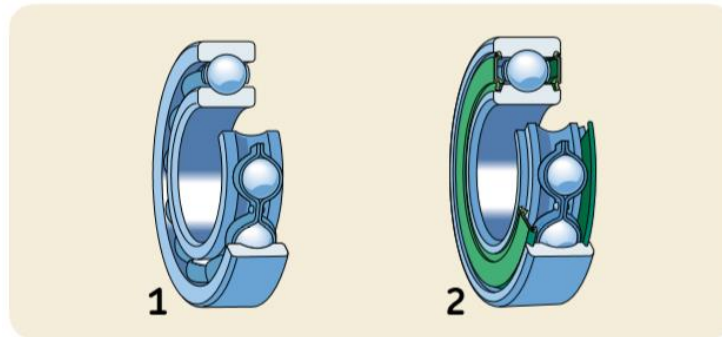
Según el catálogo general

TIPOS DE RODAMIENTOS

Rodamientos radiales

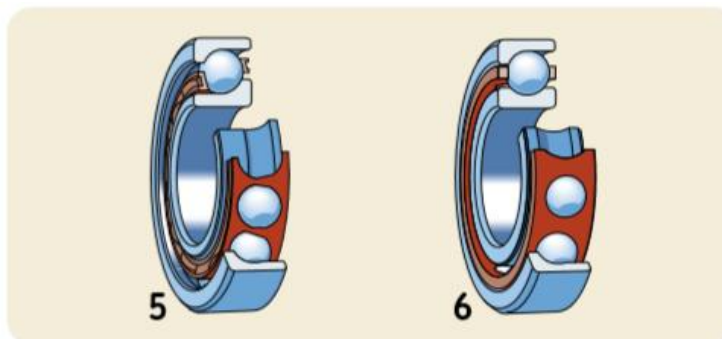
Rodamientos rígidos de bolas de una hilera, con o sin escotes de llenado diseño básico abierto

- (1) Con placas de protección con obturaciones rozantes
- (2) Con ranura para anillo elástico, con o sin anillo elástico



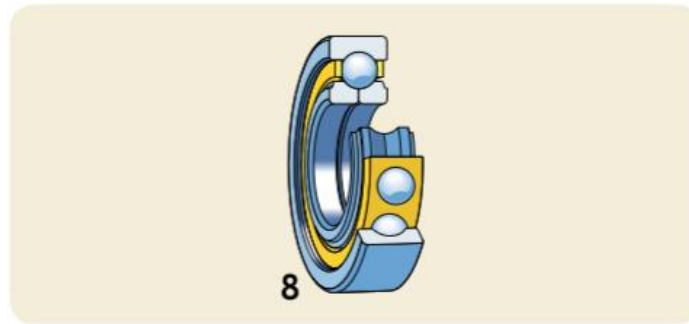
Rodamientos de bolas con contacto angular

De una hilera diseño básico para un montaje individual diseño para apareamiento universal
(5) de una hilera y alta precisión1) diseño estándar para un montaje individual (6) diseño para apareamiento universal conjuntos de rodillos apareados



Rodamientos radiales

Rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto (8)



SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.

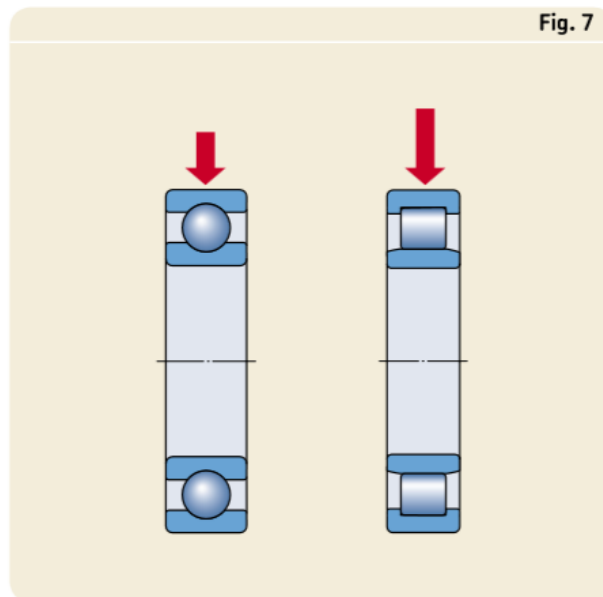
Cada tipo de rodamiento presenta propiedades características que dependen de su diseño y que lo hacen más o menos adecuado para una aplicación determinada. Por ejemplo, los rodamientos rígidos de bolas pueden soportar cargas radiales moderadas, así como cargas axiales. Tienen una baja fricción y pueden ser fabricados con una gran precisión y con un diseño de funcionamiento silencioso. Por tanto, estos rodamientos son los preferidos para los motores eléctricos de tamaño pequeño y mediano. Los rodamientos CARB y de rodillos a rótula pueden soportar cargas muy elevadas y son autoalineables. Estas propiedades hacen que sean especialmente adecuados, por ejemplo, para aplicaciones de ingeniería pesada, donde existen cargas muy elevadas, y flexiones del eje y desalineaciones. En muchos casos, sin embargo, se deben considerar diversos factores y contrastarlos entre sí a la hora de seleccionar un tipo de rodamiento, por tanto, no es posible dar unas reglas generales. La información facilitada a continuación, debe servir para indicar los factores más importantes a considerar a la hora de seleccionar un rodamiento estándar, y facilitar así una elección apropiada

- Espacio disponible
- Cargas
- Desalineación
- Precisión
- Velocidad

- Funcionamiento silencioso
- Rigidez
- Desplazamiento axial
- Montaje y desmontaje
- Obturaciones integradas.

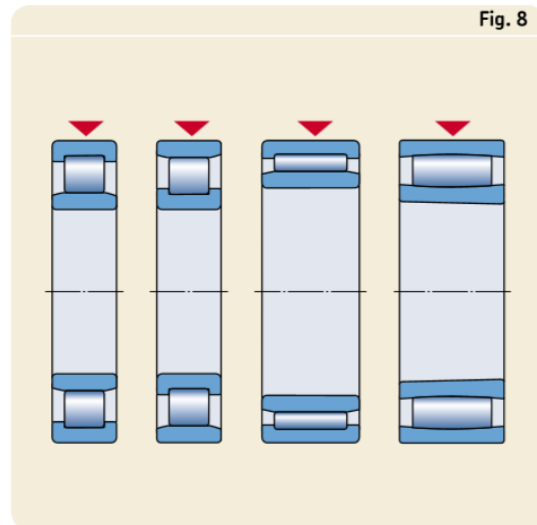
CARGAS

Magnitud de la carga. La magnitud de la carga es uno de los factores que suele determinar el tamaño del rodamiento a utilizar. Por lo general, los rodamientos de rodillos pueden soportar mayores cargas que los rodamientos de bolas de tamaño similar († fig. 7) y los rodamientos completamente llenos de elementos rodantes pueden soportar mayores cargas que los rodamientos con jaula correspondientes. Los rodamientos de bolas son los más utilizados cuando las cargas son ligeras o moderadas. Para cargas elevadas y ejes de gran diámetro, la elección más adecuada son los rodamientos de rodillos.

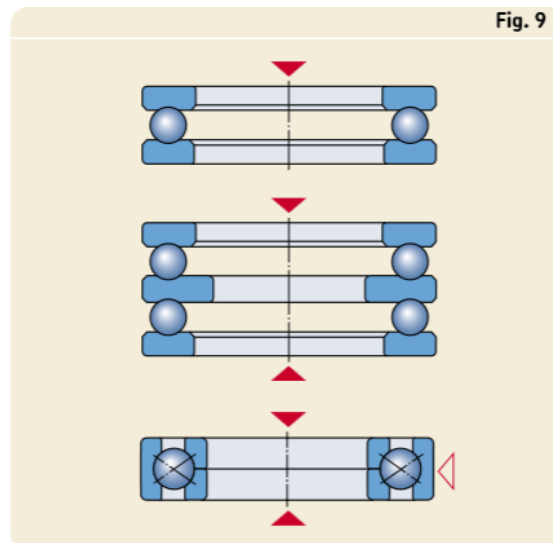


Sentido de la carga

Carga radial. Los rodamientos de rodillos cilíndricos de diseño NU y N, los rodamientos de agujas y los rodamientos CARB sólo pueden soportar cargas puramente radiales († fig. 8). Todos los demás rodamientos radiales pueden soportar algunas cargas axiales además de las cargas radiales († “Carga combinada”).



Carga axial. Los rodamientos axiales de bolas y los rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto († fig.9) son adecuados para las cargas ligeras o moderadas puramente axiales. Los rodamientos axiales de bolas de simple efecto sólo pueden soportar cargas axiales en un sentido; para las cargas axiales en ambos sentidos, son necesarios los rodamientos axiales de bolas de doble efecto





Capacidad de carga y vida

Cargas dinámicas y vida

La capacidad de carga dinámica C se usa en los cálculos para los rodamientos sometidos a esfuerzos dinámicos, es decir, rodamientos que giran bajo carga. Expresa la carga que dará una vida nominal, según la normativa ISO 281:1990, de 1 000 000 revoluciones. Se asume que la magnitud y el sentido de la carga son constantes, y que es radial para los rodamientos radiales y axiales y centrados para los rodamientos axiales. Las capacidades de carga dinámica de los rodamientos SKF se han determinado según los métodos descritos en la normativa ISO 281:1990. Las capacidades de carga expresadas en este catálogo son válidas para los rodamientos de acero al cromo con tratamiento térmico hasta lograr una dureza mínima de 58 HRC, y que funcionan bajo condiciones normales.

Los rodamientos SKF Explorer cuentan, entre otras cosas, con un material y unas técnicas de fabricación mejores, por lo que las ecuaciones para calcular las capacidades de carga dinámica de dichos rodamientos incorporan factores de actualización de acuerdo con la normativa ISO 281:1990. La vida de un rodamiento se define como

- El número de revoluciones
- El número de horas de funcionamiento a una velocidad determinada

Que el rodamiento puede soportar antes de que se manifieste el primer síntoma de fatiga del metal (desconchado, descascarillado) en uno de sus aros o elementos rodantes.

Cargas estáticas

La capacidad de carga estática C_0 se usa en los cálculos cuando los rodamientos

- Giran a velocidades muy bajas ($n < 10$ rpm)
- Realizan movimientos oscilantes muy lentos
- Permanecen estacionarios bajo carga durante largos períodos de tiempo.

También se debe comprobar el factor de seguridad de las cargas de poca duración, como las cargas de choque o las cargas elevadas de pico que actúan sobre un rodamiento rotativo (sometido a esfuerzos dinámicos) o cuando el rodamiento está en reposo. La capacidad de carga estática se define según la ISO 76:1987 como la carga estática que corresponde a una tensión de contacto calculada en el centro de la superficie de contacto más cargada entre los elementos rodantes y los caminos de rodadura de



- 4 600 MPa para rodamientos de bolas a rótula
- 4 200 MPa para el resto de rodamientos de bolas
- 4 000 MPa para todos los rodamientos de rodillos.

La verificación de las cargas estáticas de los rodamientos se realiza comprobando el factor de seguridad estático de la aplicación, que se define como

$$s_0 = C_0/P_0$$

Donde C_0 = capacidad de carga estática, kN P_0 = carga estática equivalente, kN s_0 = factor de seguridad estático

Selección del tamaño del rodamiento utilizando las fórmulas de la vida

Vida nominal

La vida nominal de un rodamiento según la normativa ISO 281:1990 es

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Si la velocidad es constante, suele ser preferible calcular la vida expresada en horas de funcionamiento utilizando la ecuación

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

donde

L_{10} = vida nominal (con un 90 % de fiabilidad), millones de revoluciones

L_{10h} = vida nominal (con un 90 % de fiabilidad), horas de funcionamiento

C = capacidad de carga dinámica, kN

P = carga dinámica equivalente del rodamiento, kN

n = velocidad de giro, rpm

p = exponente de la ecuación de la vida

= 3 para los rodamientos de bolas

= 10/3 para los rodamientos de rodillos



Influencia de la temperatura de funcionamiento

Las dimensiones de un rodamiento en funcionamiento cambian como resultado de las transformaciones estructurales que se producen en el interior del material. La temperatura, el tiempo y la tensión influyen sobre estas transformaciones. Para evitar cambios dimensionales inadmisibles durante el funcionamiento debido a la transformación estructural, los materiales de los rodamientos se someten a un tratamiento térmico especial (estabilización) († tabla 7). Los rodamientos estándar hechos de aceros de temple total y de temple por corrientes de inducción tienen una temperatura máxima de funcionamiento recomendada de entre 120 y 200 °C, dependiendo del tipo de rodamiento. Estas temperaturas máximas de funcionamiento están directamente relacionadas con el tratamiento térmico. Puede encontrar información adicional en el texto precedente a la sección de rodamientos. Si las temperaturas de funcionamiento normales de la aplicación son superiores a la temperatura máxima recomendada, es preferible el uso de un rodamiento con una mayor clase de estabilización. Para las aplicaciones en las que los rodamientos funcionan a temperaturas elevadas de manera continua, puede que sea necesario ajustar la capacidad de carga dinámica del rodamiento. Para más información, consulte al departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Tabla 22 Estabilidad dimensional

Clase de estabilización	Estabilización hasta
SN	120°C
50	150°C
52	200°C
52	250°C
53	300°C
54	350°C



Dimensiones

Los fabricantes y los usuarios de rodamientos sólo están interesados, por motivos de costes, calidad y facilidad de recambio, en un número limitado de tamaños de rodamientos. En consecuencia, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha establecido unos planes generales para las dimensiones principales de

- Los rodamientos radiales métricos en la normativa ISO 15:1998, excepto los rodamientos de rodillos cónicos
- Los rodamientos radiales de rodillos cónicos métricos en la normativa ISO 355:1977
- Los rodamientos axiales métricos en la normativa ISO 104:2002.

Tolerancias

Tabla - Ajustes para ejes macizos de acero

Rodamientos axiales (excepto rodamientos de alta precisión)

Condiciones	Diámetro del eje, mm	Tolerancia
Cargas puramente axiales		
Rodamientos axiales de bolas		h6
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos		h6 (h8)
Conjuntos axiales de rodillo cilíndrico y jaula		h8
Coronas axiales de agujas		h8
Cargas radiales y axiales combinadas que actúan sobre rodamientos axiales de rodillos a rótula	≤ 250	j6
Carga estacionaria sobre la arandela de eje	> 250	js6
Carga rotativa sobre la arandela de eje o dirección	≤ 200	k6
de la carga indeterminada	(200) a 400	m6
	> 400	n6



REFERENCIA

- De acuerdo con la norma ISO 2768-2:1989 sobre "Tolerancias para cotas geométricas sin indicación individual de tolerancia"
- Jensen Cecil, Helsel D. Jay y Short R. Dennis. Dibujo y diseño en Ingeniería. 6ª edición. McGraw Hill. Tabla 48. Ajustes básicos preferentes.
- SKF. Catálogo General. 2006. Grupo SKF