

34  
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**“DISEÑO DE CALIBRADORES PARA CONTROL  
DIMENSIONAL DE DISCO Y TAMBOR DE FRENO  
TRASERO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
MARCO ANTONIO CHAVEZ VELAZQUEZ**

**ASESOR: ING. JESUS GARCIA LIRA**

*06500*

**CUAUTITLAN IZCALLI. EDO. DE MEXICO. 1998.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AVENIDA DE  
 MEXICO

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN  
 ASUNTO VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de tesis:  
"Diseño de calibradores para control dimensional de disco y tambor de freno trasero"

que presenta el pasante: Marco Antonio Chávez Velazquez  
 con número de cuenta: 8901183-8 para obtener el TITULO de  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo de Méx, a 8 de Junio de 199 8

PRESIDENTE	<u>Ing. Marco A. Alarcon Ramirez</u>	
VOCAL	<u>Ing. José Luis Buenrostro Rodríguez</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Jesús García Lira</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Enrique Cortez González</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Guillermo Santos Olmos</u>	

## AGRADECIMIENTO

A mis Padres:

Por su gran apoyo que me brindan cada momento, y porque siempre me han dado el ejemplo del valor del trabajo, por lo que el cumplimiento de éste objetivo también es suyo.

A Richie, Quique y Marisol:

Por su alegría, amistad y entusiasmo de su compañía.

Al Ing. Jesús García:

Por su valiosa colaboración en el proyecto.

A DIOS.

Gracias por permitirme la vida para apreciar y vivir el cumplimiento de ésta meta.

A Tere y a Lety:

Por su apoyo incondicional, por su amistad y su comprensión.

A Norma:

Por ser como eres, por impulsarme en los momentos más difíciles, con tu tenacidad; y por compartir conmigo metas y objetivos.

Al Ing. José Sacristán:

Por sus comentarios, consejos y orientación brindados.

**INDICE**

	pag.
Introducción .....	5
Capítulo 1.- LA NECESIDAD Y FUNCION DE LA INSPECCION EN LA INDUSTRIA	
1.1 El problema de la fabricación en la Industria .....	13
1.2 Puntos fundamentales en la inspección .....	15
1.3 Objetivos de la inspección .....	16
1.4 La inspección y el control de calidad .....	17
1.5 Condiciones para la inspección .....	20
1.6 La inspección del producto .....	21
1.7 La inspección final no es suficiente .....	24
1.8 Inspección y control de los elementos de calibración y medición .....	25
Capítulo 2.- METROTECNIA	
2.1 Antecedentes históricos de la metrología dimensional actual .....	27
2.2 Definición de medición .....	29
2.3 Error en la medición .....	30
2.4 Clasificación de los instrumentos de medida .....	34
2.5 Características de los instrumentos de medida .....	37
2.6 Control de longitudes por comparación .....	39
2.7 Aparatos comparadores .....	40
2.7.1 Ventajas y limitaciones en el uso de comparadores electrónicos .	45
2.7.2 Precauciones en el uso de los comparadores electrónicos .....	47
2.8 Células de medición .....	48
2.9 Control del estado superficial .....	51
Capítulo 3.- ESTÁNDARES Y TOLERANCIAS	
3.1 Antecedentes históricos .....	54
3.2 Definición de tolerancia .....	55
3.3 Niveles de protección para equipo eléctrico.....	56
3.4 Símbolos de tolerancia geométrica.....	60
3.5 ISO 9000 .....	69

pag.

## Capítulo 4.-

## DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CALIBRADORES

4.1 Identificación de necesidades .....	73
4.2 Diseño del sistema de medición .....	74
4.3 Materiales y métodos .....	77
4.4 Componentes del equipo de medición .....	81
4.5 Dibujos de los bancos de medición .....	83
4.6 Procedimiento de empleo de un Banco de Medición .....	96
4.7 Instalación .....	104
4.8 Especificaciones del equipo para la industria metal-mecánica.....	105
4.9 Pruebas de calidad metrológica .....	108
4.10 Soluciones de problemas para sistemas de medición: Bancos y/o espigas .....	110
4.11 Reemplazamiento de transductores y reparación .....	119
CONCLUSIONES	
Conclusiones generales .....	122
ANEXOS	
1.- Tablas de ajustes ISO .....	127
2.- Procedimiento de verificación de equipo de medición .....	128
3.- Comparación entre tecnología neumática y electrónica .....	131
Glosario .....	134
Bibliografía .....	138

## INTRODUCCION

La competencia y los requisitos tecnológicos han exigido cada día mayores conocimientos y un control más riguroso de los factores relacionados con las variaciones y con las características del producto.

En el proceso de fabricación existe un procedimiento integrado por una planeación, una ejecución y un control. Este control se ha convertido, en una ciencia de primera magnitud.

La necesidad de establecer un control de la calidad en la fabricación económica de productos surge a consecuencia del choque de dos hechos de la producción:

- 1.- La distribución y el consumo es mayor cuando los productos de la industria son de una calidad definida y uniforme. esto es, de una calidad estándar.
- 2.- Es una verdad física que no hay dos artículos que sean iguales por lo que la calidad varía continuamente y tiende a salirse del estándar ideal y deseado

A la uniformidad se opone el hecho de que la calidad es una cosa variable. En la práctica se hace frente a la situación llegando a una transacción entre ambas, y por ello se establecen límites para definir las variaciones con respecto al estándar ideal que pueden permitirse o tolerarse en el producto comercial, sin sacrificar al principio de estandarización.

De esta situación se desprende que el control de la calidad en la fabricación es aquella función que asegura que el producto se ajuste a estándares definidos y

uniformes de calidad entre límites especificados, con preferencia en todas las etapas de la fabricación. En este control se concede una importancia primordial a la inspección sistemática y al refinamiento de las variables de los procesos.

La inspección, tiene como finalidad determinar en cada fase de la fabricación, si ésta se está llevando a cabo correctamente y comprobar que se cumplan todas las condiciones exigidas en la información, condición indispensable para que el producto terminado posea las características y calidad previstas en el proyecto. El servicio de inspección tiene que diseñarse y adaptarse especialmente a las circunstancias precisas de la fábrica de que se trate.

Cada industria tiene sus problemas peculiares, no sólo en lo que respecta a la inspección del producto en sus diversas etapas de fabricación, sino también en relación con el trabajo estrechamente ligado de mantener las condiciones satisfactorias. El mantenimiento del buen estado de las herramientas y los calibres en los trabajos de taller puede compararse hasta cierto punto con el incesante escrutinio de las temperaturas, las presiones, los puntos límites y otras condiciones muy importantes de los procesos en las industrias que no son talleres mecánicos.

El control de calidad es una necesidad actual y preponderante para que la producción de cualquier producto sea competitiva, no solo a nivel nacional, sino internacional. Por tanto, el concepto de la calidad es uno de los puntos claves de la filosofía empresarial moderna, asociada a la innovación y el crecimiento continuo.

Para establecer y certificar los estándares de la calidad se fundó la Organización Internacional de Estandarización (International Organization for Standardization I.S.O.) que se encarga del manejo y aseguramiento de la calidad. La ISO 9000 es el registro internacional de calidad con mayor validez que la industria puede ofrecer a sus clientes quienes demandan en la actualidad éste tipo de garantías.

Actualmente diversas empresas en México como: Bocar, General Motors, Chrysler, Pistones Moresa, Volkswagen, S.K.F., Siemens, entre otras; llevan a cabo un proceso de producción de alta calidad. debido a que de ello dependerá su competitividad y subsistencia en el mundo actual.

Para lograr la calidad se requiere de todo un proceso productivo. en el cual en la fase de control se cuenta con diversos equipos capaces de responder a las necesidades de la empresa. la solución adoptada resulta de la mejor composición entre el tipo de máquina herramienta y la tecnología apropiada para la toma de la correspondiente medida para el control del proceso. Por ejemplo el equipo de inspección que se utilice para calibrar y verificar el funcionamiento correcto de las máquinas y herramientas.

Existen en la industria empresas que deben satisfacer prácticamente las exigencias aplicativas de medición y control de cada máquina. una de ellas es Marposs México S.A. de C.V. que proyecta, fabrica e instala equipos que el cliente utiliza para la obtención de la máxima calidad en su proceso productivo. Además este tipo de compañías promueven la continua mejora de procedimientos, métodos e instrumentos, y proporcionan los más idóneos para el análisis, proyección, producción, control e inspección.

Para realizar el control y la inspección se requiere del diseño especializado de equipos que permitan la medición que cubra las exigencias de la industria, en cada fase del proceso productivo.

Volkswagen México S.A. de C.V. con la finalidad de cumplir con los estándares de la ISO9000, implementará un proyecto de un sistema de Bancos de medición intermedios para el Disco y Tambor de freno Volkswagen. El proyecto estará a cargo del departamento de ingeniería de Marposs S.A. de C.V.

Algunos términos usados en ésta tesis están explicados en el glosario.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de bancos que permita efectuar la medición de ciertos parámetros dimensionales del disco trasero y tambor de freno para la compañía Volkswagen México (V.W.M.).

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Visualizar la importancia actual que tiene el control de calidad y la inspección en los procesos productivos.

Describir y analizar los componentes **Mecánicos** que integran al banco de medición.

Describir y analizar los componentes **Electrónicos** que integran al banco de medición.

## HIPOTESIS

Si no se emplea un sistema de medición para el control de las tolerancias de las dimensiones del disco y tambor de freno; la producción de éstas piezas automotrices será deficiente.

Al no tener el adecuado sistema ó equipo de medición, para el disco y de el tambor de freno, entonces los costos de producción se verán incrementados debido al rechazo de las piezas de la línea de producción, el departamento de Control de Calidad tendrá unos índices bajos en el número de piezas aceptadas; incluso podría producirse retrasos en la producción del auto a que está designado.

Si se cuenta con un sólo equipo de medición se tendrá la posibilidad de cometer errores, ya que no existe un equipo que sirva como comparador o referencia, es decir, se requiere que en el proceso productivo de los discos y tambores de frenos trasero se cuente con dos sistemas e medición: un sistema "in-process" automático y un sistema "post-process" de tipo manual.

En general para un funcionamiento silencioso, duradero y eficaz, en los ensambles de compresores, cajas diferenciales, válvulas, inyectores, sistemas de frenos: se necesita de tolerancias acumulativas estrechas; por lo que se requiere el uso de sistemas de control en la producción de los componentes que posean ajustes cerrados.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria las especificaciones del producto constituyen normas para la prueba e inspección. Dichas especificaciones requieren de claridad y precisión; cuando éstas faltan, la producción es deficiente. surge entonces la necesidad de que el sistema de producción cuente con las herramientas necesarias para llevar a cabo su tarea de la mejor forma posible.

La realización de una medición, es decir, la determinación práctica de las unidades o fracciones de ellas que contiene una dimensión específica, es una operación en teoría fácil, pero delicada en la práctica si la medición ha de ser de alta precisión. Existen las medidas de precisión las cuáles se hacen con una exactitud inferior a 0.025 mm (una milésima de pulgada).

La importancia del uso de calibradores en la producción de cualquier producto, en especial de aquellos que requieren un alto índice de precisión. llámense flechas, cigüeñales, pistones, disco de freno, monoblocks, marca la existencia de una necesidad; adentrándose a una ideología competitiva, con un control de calidad superior.

Para lograr lo anterior se requiere buscar la solución idónea; ya sea buscando dentro de los equipos estándares existentes que nos permitan resolver el problema, o bien con el diseño del equipo que se adecue a las necesidades de producción.

Algunas de las características que en general deben chequearse *dinámicamente* o bien *estáticamente* en los Discos de freno para automóvil son los siguientes:

- Diámetro piloto
- Planicidad en referencia a la superficie inferior (Brida interior)
- Espesor de la superficie de frenado en tres secciones
- Paralelismo en las pistas de frenado respecto a la superficie de referencia
- “Run-out” radial y paralelismo de la superficie de frenado respecto a la superficie de referencia
- Ondularidad de las superficies de frenado. Espesor.
- Espesor de la superficie inferior
- Paralelismo entre las caras de la superficie inferior
- Pruebas N.D. en algunos puntos de la superficie de frenado, tanto superior como inferior, por medio de cuatro sondas. Estas pruebas se desarrollan para encontrar la presencia de fallas o fisuras en la superficie de trabajo.
- Paralelismo radial de la pista de frenado.
- Rectitud (“straightness”) de las pistas de frenado.
- Posición de la superficie de frenado respecto a la superficie.

En el capítulo número cuatro se mencionan en detalle los parámetros dimensionales que se van a controlar con el sistema calibrador Marposs.

Actualmente las máquinas de control numérico tienen la capacidad de fabricar las piezas más rápido, mejorando sus tolerancias; sin embargo no tienen la posibilidad de producir las piezas dentro de un ciclo cerrado de control.

A pesar del tremendo avance en la tecnología de los metales y procesos variables, tales como el de variación en materiales, influencia del operador, deflexión de las máquinas, inestabilidad térmica, planes de calidad en herramienta: se puede afectar el metal en el proceso de corte mismo; es decir,

con los ciclos cerrados de maquinado en los procesos de control se eliminan todos estas y mas variables que pueden influenciar en los resultados deseados.

Adicionalmente los ciclos cerrados de maquinado son predecibles en su totalidad; con la retroalimentación a la máquina se obtiene un control absoluto al manufacturar cada una de las piezas conservando aún las tolerancias más cerradas.

## CAPITULO 1

### “LA NECESIDAD Y FUNCION DE LA INSPECCION EN LA INDUSTRIA”

#### 1.1.- EL PROBLEMA DE LA FABRICACION EN LA INDUSTRIA

La fabricación de una máquina, un vehículo, un aparato, un dispositivo cualquiera, mecánico o eléctrico, sigue el siguiente proceso (Sánchez, 1980):

1.- Proyectos, ensayos y construcción de un prototipo o producto modelo: Esta fase es generalmente costosa y laboriosa, parte casi siempre de un modelo inicial sobre el cual es necesario introducir sucesivas modificaciones hasta conseguir las características exigidas.

2.- Preparación de la información. Esta información si ha de ser lo suficientemente completa, debe incluir:

a) Lista o relación, de todas las piezas, conjuntos y elementos semimanufacturados (conductores, alambres, pinturas, etc.) que constituyan la unidad.

b) Dibujo de todos los elementos antes citados que lo necesiten, así como de las piezas normalizadas (tornillos, tuercas, arandelas, etc.).

c) Pautas de construcción y montaje. Debe contener información del material, herramientas a emplear, tiempo calculado, máquina adecuada y condiciones de utilización, categoría de operario, etc.

d) Especificaciones y normas de recepción de la unidad terminada, y de los conjuntos o subconjuntos que lo requieran.

3.- La programación de la fabricación. Comprende el acopio de materiales, la construcción de herramientas, los lanzamientos debidamente ordenados y escalonados de todos los elementos que constituyan a la unidad, su distribución y fabricación por los talleres y departamentos asignados.

Es necesaria una organización de acuerdo a la naturaleza del producto a fabricar, que comprende la creación y la relación de dependencia de los diversos departamentos, el nombramiento adecuado de los encargados de los mismos y el adiestramiento y formación del personal necesario, así como máquinas, equipos, instalaciones, laboratorios, etc.

Las dificultades de la fabricación aparecen por lo general en forma de pérdidas demasiado grandes por el excesivo desecho, o por la lentitud de la producción en alguna operación, que crean un atasco o punto de estrangulación. Es necesario corregir la dificultad lo antes posible, para ello se requiere descubrir y estudiar las causas reales de la misma, que por lo general se deben a la mala calidad de los materiales, a la maquinaria y a las herramientas malas o mal cuidadas, a los dispositivos inapropiados para la inspección, a la defectuosa preparación para el trabajo, al empleo de operarios incapaces o inexpertos, ó a un control y una inspección ineficientes.

En el sentido industrial la inspección es una examinación crítica en la cual se **persigue un propósito que definirá el departamento de Control de calidad de una empresa en específico.**

## 1.2.- PUNTOS FUNDAMENTALES EN LA INSPECCION

Una definición general de la inspección (Alford. Bangs, 1981):

- (Dexter S. Kimball) "La inspección es el arte de comparar materiales, productos o resultados con estándares establecidos."
- (G.S. Aldford) "La inspección es el arte de realizar pruebas de aceptación, con preferencia ayudándose de dispositivos de medida, con el fin de observar si un producto dado está dentro de los límites de variabilidad especificados".

La calidad del grado deseado en el producto tiene, por necesidad, que obtenerse controlando los procesos. La inspección no puede llevar a cabo ésta tarea. no hace los artículos, sino que se limita a aprobarlos. La responsabilidad por la producción de calidad estándar recae en los que son responsables de la fabricación. La inspección comprueba los resultados obtenidos; llámese medida más criterio.

El fracaso en alcanzar los estándares de calidad esperados puede deberse a:

- \*Defectos en el diseño ó en la ingeniería.
- \*A que el departamento de fabricación no se haya atendido a los diseños que ha recibido.

El rol que representa la inspección-calidad e inspectores esta cambiando rápidamente y expandiéndose en la industria moderna.

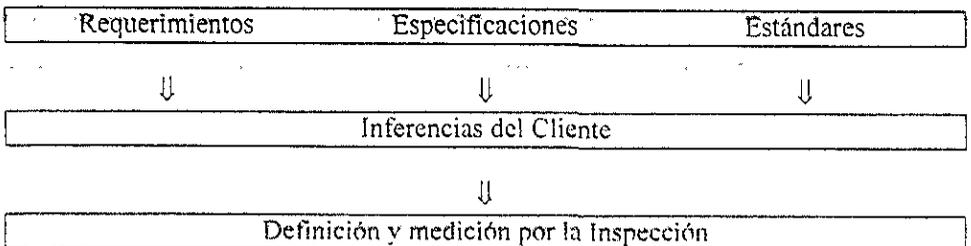
### 1.3.- OBJETIVOS DE LA INSPECCION

En general los métodos de inspección se basan en los objetivos perseguidos, tales como dureza, acabado de la superficie, medidas, propiedades eléctricas, etc. Por lo general no se estudia más que una propiedad del material a la vez. En la actualidad muchas industrias utilizan las medidas lineales y angulares como parámetro de inspección.

La inspección tiene como objetivo principal el reducir al mínimo las variaciones encontradas en los productos, con respecto a las características finales deseadas preestablecidas en planos, dibujos, estándares, etc.

La función de la inspección debe llevar un balance entre el departamento de ingeniería y de fabricación (manufactura), regulado por los requerimientos del cliente, es decir, éste último proporcionará las características que desea en su producto; con lo cual la inspección podrá establecer y determinar el tipo de verificación que llevará a cabo, así la inspección se ajustará a las necesidades de calidad o en su defecto al presupuesto del cliente. El esquema 1.1 nos muestra la posición general de la función de la inspección en la Industria actual (Kennedy, Hoffman; Bond, 1987).

Esquema 1.1 "Función de la inspección"



#### 1.4.- LA INSPECCION Y EL CONTROL DE LA CALIDAD

G.S. Radford ha expuesto muy bien la evaluación y la creciente importancia de la inspección moderna. En otros tiempos, la inspección en las fábricas implicaba simplemente mirar el trabajo que se hacía. Las dimensiones eran unas veces escasas y otras demasiado justas. Luego a través de un desarrollo gradual, paralelo a las proezas realizadas en las artes mecánicas, por medio de dispositivos más exactos de medida y de mejor maquinaria, se hicieron mediciones en décima de milímetro, luego en centésimas de milímetro y, finalmente, en milésimas de milímetro.

La producción en masa y los perfeccionamientos en las máquinas-herramientas han hecho posible estipular que los trabajos que se exigen ahora se acerquen más a las dimensiones básicas.

Hoy la inspección utiliza dispositivos mecánicos que permiten obtener con rapidez, una sensibilidad y una repetición mucho mayores de las que es posible obtener por intermedio del ser humano. Esos progresos en los medios materiales exigen ajustes similares y adecuados en la organización de la inspección. Siguiendo ésta tendencia, se ha reconocido a la inspección moderna como:

- a) Un instrumento para medir la calidad
- b) **Un factor potente para el control de calidad**
- c) **Una función independiente.**

Los aspectos de la inspección son aquellos que se relacionan con las operaciones de fabricación, por ejemplo existe relación entre los

departamentos de ingeniería, fabricación e inspección. El departamento de ingeniería establece los diseños; el departamento de inspección interpreta los diseños y decide ó evalúa si el departamento de fabricación ha seguido los parámetros y ha cumplido los requisitos fijados al fabricar el producto.

Las condiciones que indican la conveniencia de un amplio desarrollo de la función inspectora son:

- El producto exige una inspección frecuente y minuciosa, como cuando es necesaria una gran exactitud.
- Se cambian los modelos con frecuencia, como sucede en un proceso que progresa con rapidez.
- La mano de obra es inexperta, o cambia mucho.
- Se están elevando los estándares de calidad.
- Es preciso utilizar un criterio sólido por el hecho de que los estándares se están cambiando o no se han reducido a una base concreta de medida.

La fabricación moderna en gran escala de productos, como máquinas de coser, aspiradores de vacío, motores para automóvil, etc., sería imposible si no fuera por el desarrollo del sistema de tolerancias y de los procedimientos de inspección que mantienen los resultados bajo control. Combinados, permiten el empleo de mano de obra menos hábil para fabricar un producto superior.

E. W. Ritter, vicepresidente y consejero de fabricación e ingeniería de la Corning Glass Works, considera que la inspección es concretamente necesaria cuando el artículo que hay que probar tiene muchos parámetros y límites, algunos de los cuales son críticos (Alford, 1981).

Dentro de los límites de fabricación que se consideran como críticos, existe la necesidad de establecer cuan exactos o precisos deberán ser; es decir, la exactitud es un termino que se utiliza simplemente para indicar un grado de acercamiento a la dimensión real. Exactitud y precisión son dos términos que sólo tienen valor relativo y en la práctica corriente de taller, no puede alcanzarse económicamente por completo, por lo que sólo se busca la mayor cercanía a la realidad.

La inspección a menudo se aplica al control dimensional y a la calidad del acabado, ó aspectos de la superficie, de los componentes en cuestión.

En el departamento de inspección se siguen ciertas reglas rígidas que les exige dividir el producto inspeccionado en tres grupos:

- 1) piezas buenas
- 2) piezas malas
- 3) piezas retrabajables.

Cuando un trabajo no es aprobado en la inspección, pueden hacerse tres cosas:

- 1) Puede trabajarse de nuevo con el artículo para eliminar el defecto.
- 2) Puede convertirse en otro artículo que sirva para otro fin.
- 3) Puede desecharse por completo a la chatarra.

Si al trabajarlo de nuevo no se consigue que cumpla las especificaciones estándares, puede venderse como un producto de segunda calidad.

## 1.5.- CONDICIONES PARA LA INSPECCION

Puesto que la sección encargada de la función inspectora usa instrumentos de precisión, a veces , delicados por sí mismos, y siempre susceptibles de estropearse a causa del polvo, la suciedad y las variaciones grandes o súbitas de la temperatura, debe situarse en sitios donde no haya vibraciones, el aire sea limpio y haya abundancia de luz. Siempre que sea práctico, debe proveerse a la sección de aire acondicionado y de regulación de temperatura y debe separársela del resto del taller. Es preferible la luz de día del norte para evitar la luz fuerte del sol y las sombras profundas. El tipo de alumbrado artificial fluorescente está siendo adoptado en muchas fábricas porque da una distribución más uniforme de luz blanca con poco calor.

Deben tomarse en cuenta las medidas adecuadas para poder almacenar el trabajo que llegue, el que éste en curso de inspección, el aceptado, el provisionalmente rechazado pero sujeto a corrección, y el rechazado como desecho o recuperable para otros usos.

Debe proveerse el espacio suficiente para que los inspectores tengan la sensación de tener libertad en sus movimientos.

Debe estudiarse minuciosamente la altura de las mesas, de los bancos, de los taburetes y de las sillas, con el fin de evitar los esfuerzos y la fatiga; se necesita optimizar la funcionalidad del equipo.

## 1.6.- LA INSPECCION DEL PRODUCTO

Existen varias clases de inspección, cada una de las cuales se utiliza por la necesidad de controlar la calidad del trabajo de la mejor manera posible y de descubrir cuanto antes los defectos, con el fin de evitar pérdidas subsiguientes.

Industrialmente, las inspecciones pueden ser clasificadas por la forma en que se realiza la inspección, entonces tenemos:

1. Inspección manual

(Sólo se emplea el sentido del tacto del operador debidamente capacitado)

2. Inspección Mecánica Visual

(Sólo se emplean el sentido de la vista del operador debidamente capacitado)

3. Inspección de prueba

(Se inspecciona la herramienta y la prueba preliminar de su marcha)

4. Inspección Mecanizada ó Automática

(Se emplean dispositivos o mecanismos complejos)

Generalmente de acuerdo al área donde se desarrolla la inspección tenemos la siguiente clasificación:

Inspección en proceso

Inspección en cantidad

Inspección final

Inspección de recepción

Inspección de herramientas y calibradores

Existen una gran diversidad de clasificaciones o combinaciones de ellas: a menudo se denominan según la especialización de que se trate, y se combinan con las operaciones de producción.

La inspección del trabajo por ejemplo consiste en que la inspección compruebe algunas piezas, con preferencia a intervalos definidos, para asegurarse de que el trabajo se está produciendo todavía con las tolerancias impuestas. Las herramientas se desgastan o se rompen y el operario puede descuidar el afilarlas ó reemplazarlas, y también es posible que las máquinas hayan cedido o que se hayan aflojado sus ajustes. Para descubrir y corregir todas estas posibilidades, es necesario un método sistemático, un proceso de inspección.

La maquinaria automática exige que se adopten estas mismas precauciones. Es necesario hacer inspecciones periódicas durante su marcha. Muchas máquinas automáticas actualmente van provistas con señales o topes de seguro automáticos que actúan para pararlas cuando se produce alguna perturbación en ellas o en las herramientas. Con todo es conveniente que la inspección de vigilancia en todas las marchas largas para impedir la acumulación de un desecho excesivo por efecto del desgaste de una herramienta, o porque no funcione algún tope o paro automático.

La inspección del producto es el arte de aplicar pruebas, con ayuda de dispositivos de medida, para observar si un ejemplar de un producto determinado está dentro de los límites de variabilidad especificados. El termino control de calidad es más expresivo que el de inspección del producto.

En este concepto están incluidos problemas de diseño, de especificación, de estandarización de medios de fabricación y de inspección.

El fin perseguido en el control de la producción es la inspección del producto para averiguar si se adapta, o el grado en que se adapta, a las especificaciones y los estándares establecidos.

Otro aspecto que hay que examinar es la posibilidad de eliminar las inspecciones innecesarias. Muchas operaciones no precisan ninguna inspección. A veces es posible diseñar los dispositivos empleados en operaciones sucesivas de modo que sirvan como calibres para descubrir si se ha hecho mal o incompleta una operación. En otros casos puede prescindirse de la inspección en las primeras operaciones de una serie cuando una comprobación en alguna operación clave posterior puede o no aprobar el trabajo de varias de las anteriores. Este plan es una de las economías inherentes a las instalaciones de un equipo productor de un artículo, en las que todo el trabajo que hay que hacer en una pieza se realiza en máquinas dispuestas unas a continuación de la otra por el orden en que hayan de ejecutar las operaciones.

Análogamente y en el caso de la inspección sobre planta, si se ve que las primeras piezas inspeccionadas son correctas, puede prescindirse de la inspección de las restantes del lote. Sin embargo, éste procedimiento es más seguro si se inspeccionan de la misma manera unas cuantas de las últimas piezas hechas.

Otro aspecto importante es que el mejor control sobre el trabajo de un inspector se obtiene comprobando una cierta porción de los productos que ha aprobado y otra porción de los que rechaza.

### **1.7.- LA INSPECCION FINAL NO ES SUFICIENTE**

Poco después de que la inspección final de las piezas ha terminado, se conforma entonces un producto terminado, es decir se lleva a cabo el ensamble; se ha descubierto que aunque los componentes sean de buena calidad, es necesario extender la función de la inspección a los productos ya ensamblados, debido a que es posible que en operaciones posteriores en las que se ha llevado una inspección adecuada las máquinas-herramienta, por ejemplo, puedan ocasionar fallas en las operaciones subsecuentes.

Una vez que se ha revisado los productos terminados, se podrá realimentar la información que se obtenga del proceso de inspección para eliminar el problema en la operación o ensamble, por lo tanto, la inspección debe ser continua e incluso en el proceso de embarque del producto puede suscitarse problemas de maltrato o golpes sobre las piezas, y aprovecharse en todas las etapas de la fabricación de un producto.

## 1.8.- INSPECCION Y CONTROL DE LOS ELEMENTOS DE CALIBRACION Y MEDICION

Los calibradores son instrumentos utilizados para el control de piezas producidas en serie, tienen formas y dimensiones determinadas y son necesarios para un control rápido y eficiente.

Mediante los calibradores no se puede medir la cota de la pieza, pero si es posible establecer que la cota a controlar este dentro del campo asignado.

Respecto a los instrumentos de medida el calibrador es mas simple en su uso y su rendimiento más rápido para el control de dimensiones de la pieza. Por esta razón son utilizados para el control de piezas producidas en serie.

La forma de los calibradores es complementaria de la pieza a controlar, así pues se adapta a la forma de la pieza.

En la organización de la inspección el inspector de calibres, dentro de sus funciones están la compra o el diseño de todos los calibres e instrumentos de medida y la instrucción del personal para usarlos. El inspector de calibres debe determinar cuando los estándares no son del orden pasa - no pasa (go - no go) y en particular cuando hay que medirlos con instrumentos.

La rapidez, la comodidad, la protección de los calibres y la exactitud en la inspección se han convertido en factores principales en muchas líneas de trabajo. Se debe proveer a los operarios del departamento de fabricación, que tengan que comprobar las dimensiones del trabajo, con cajas especiales que

contienen todos los calibres necesarios, dispuestos por el orden que se utilizan y colocarlos en receptáculos adecuados.

Los dibujos *simplificados* con los que trabajan los operarios de las máquinas deben contener una lista de las herramientas necesarias y de los calibres utilizados en la inspección.

Existen escalas, micrómetros, verniers, transportadores, comparadores y un gran número de instrumentos especiales de medida.

Las descripciones de los aparatos y los instrumentos se encuentran fácilmente en los catálogos comerciales y en textos especiales, que ofrecen al inspector medios para determinar previamente la conveniencia de un instrumento determinado o seleccionar otro más apropiado.

## CAPITULO 2

### “METROTECNIA”

#### 2.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA METROLOGIA DIMENSIONAL ACTUAL

Medir una magnitud es determinar cuantas veces contiene otra magnitud de la misma especie, que se toma como unidad (Lasheras, Arias, 1970).

Como hay muchas especies de magnitudes (dimensiones. masas, tiempo, etc.), hay también muchas clases de medidas. La ciencia que se ocupa de todas las medidas se denomina Metrología y tiene tantas ramas como especies de magnitudes hay. Así que la Metrología que se ocupa de la medida de las dimensiones es *la Metrología dimensional*, la que se ocupa de la medida de pesos, *la Metrología ponderal*, la que se ocupa de las medidas eléctricas, *Metrología eléctrica*, etc.

Desde la más remota antigüedad ha tenido el hombre que medir para poder valorar sus propiedades. Así se encuentran indicios de mediciones en todas las épocas, por antiguas que sean. En el museo de Louvre puede verse una estatua Caldea de 25 siglos a.C. titulada “el arquitecto de las reglas”, que representa un hombre sobre cuyas rodillas descansa una regla graduada.

Al principio el hombre toma las unidades de su propio cuerpo y así aparece el pie, y la pulgada. Pero pronto se hace sentir la necesidad de un patrón fijo y así en el siglo XVII se adopta en Francia la “toesa” que se conservaba en un

muro del gran Chatelet de París para que cada uno pudiese controlar su medida.

En 1790 propone Talleyrand a la Asamblea constituyente Francesa un proyecto de un sistema racional de pesas y medidas que fue aprobado el 8 de Mayo y que debía de sustituir a todos los sistemas conocidos.

La comisión nombrada por la Asamblea y en la que formaban parte entre otros Borda, Lagrange y Laplace propone primero adoptar como unidad de longitud la del péndulo que bate segundos a  $45^\circ$  de latitud, pero para no mezclar la unidad de tiempo con la unidad de longitud la Comisión prefiere adoptar definitivamente como unidad la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre que pasa por el observatorio de París.

En el sistema métrico decimal vigente hasta 1960, la unidad de medida para longitudes es el metro internacional, definido como la distancia existente a temperatura de  $20^\circ$  C y a presión atmosférica normal entre dos trazos paralelos grabados sobre una barra prismática de platino aleado con 10% de iridio, que se conserva en el Pabellón Internacional de Pesos y Medidas de Sévres.

Esta barra sustituyó en 1889 la regla patrón de platino constituida por Borda y depositada en los archivos de la República Francesa el 22 de Junio de 1799.

## 2.2.- DEFINICION DE MEDICION

Existe un sin numero de explicaciones que se aplican al termino de "medición", pero para comprender el concepto, es necesario primero entender que medida de una magnitud es la relación existente entre dicha magnitud y otra de la misma especie tomada como unidad. El valor de la medida expresa por lo tanto, el número de veces que la unidad está comprendida en la unidad a medir (Lucchesi, 1973).

Algunas definiciones generales de "Medición" son:

- La medición es la forma de determinar el tamaño, la cantidad ó la extensión de algo, es la manera de describir un objeto mediante números (Lasheras, 1970).
- La operación mediante la cual se determina la medida de una magnitud, se denomina medición (Lucchesi, 1973).

Las mediciones ofrecen los medios exactos y precisos para describir las características y el tamaño de los objetos.

La medición dimensional es aquella que se realiza en el diseño y la construcción de toda clase de productos manufacturados.

El ingeniero mecánico debe tener conocimientos afines a la metrología tales como, matemáticas, geometría, sistema de unidades, tolerancias geométricas, etc.

### 2.3.- ERROR EN LA MEDICION

Todas las mediciones, aún las realizadas con la máxima escrupulosidad y con los instrumentos más perfeccionados están sujetas a errores, que pueden reducirse pero no eliminarse totalmente.

En primer lugar hay que contar con inevitables diferencias entre la medida obtenida y la dimensión exacta. A esta diferencia se denomina error (Lucchesi, 1973).

**Error absoluto.** Es la diferencia algebraica entre la lectura "L" en el instrumento y el valor efectivo "G" de la magnitud medida.  $E_a = L - G$ .

**Error absoluto medio.** Es la diferencia entre el valor medio de muchas lecturas y el valor real de la magnitud medida.

$$E_{am} = ((L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n) / n) - G$$

**Error relativo.** Es la relación entre el error absoluto "Ea" y el valor efectivo "G" de la magnitud medida.

$$E_r = E_a / G$$

**Error porcentual.** Viene dado por el error relativo ("Er") multiplicado por 100.

$$E\% = (E_a / G) * (100)$$

**El error total.** Es el resultado de la suma algebraica de una serie de errores debidos a diferentes causas: por ejemplo al inadecuado posicionamiento del

equipo, al equipo de medición utilizado, a la inexperiencia del operador en el uso del equipo, ó a la variación de la temperatura.

**Errores debidos al instrumental:** Son debidos a defectos de construcción o a modificaciones estructurales sufridas con el tiempo por el material de que está construido. Efectivamente, se ha comprobado una variación, en algunos instrumentos de control, de 0.003 mm sobre 150 mm, en un año. Para reducir al mínimo estos errores, los aparatos de precisión se construyen de acero especial al cromo-niquel, aceros carburados, ó con aleaciones de platino-iridio inalterables con el tiempo.

**Errores debido al ambiente.** Están originados por las variaciones de temperatura. que ocasionan la contracción o dilatación tanto del objeto a medir como del propio aparato de control. Por éste motivo se prescribe que la temperatura del ambiente sea de 20°C todo el tiempo que dure la medición: en los países anglosajones la temperatura prescrita es de 68°F que equivale a 16.67°C.

Cuando se ha tomado la lectura a temperatura distinta de la señalada es preciso corregirla, es decir, referirla a 20°C utilizando para ello las fórmulas de la dilatación térmica. En el caso de las medidas lineales. se emplea la formula:

$$L_t = L_{20} \times (1 + \alpha \Delta T)$$

donde:

"L<sub>t</sub>" = lectura tomada a T°C

"L<sub>20</sub>" = lectura a 20°C

α = coeficiente de dilatación térmica lineal medio del material

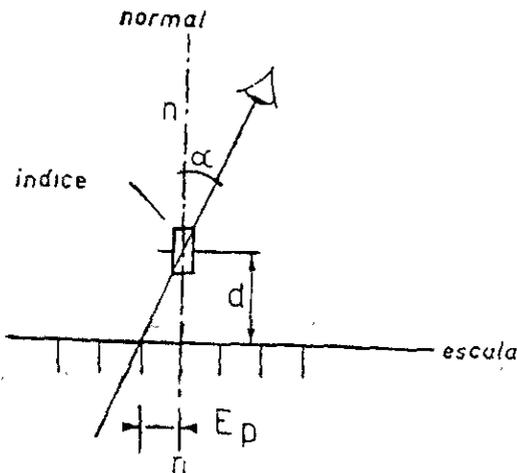
T = Diferencia de temperatura T° - 20°

**Errores debidos al operador.** Los errores debidos a esta causa son motivados no sólo por una falta de capacidad, sino también por las características fisiológicas del hombre. Resulta interesante indicar que el hombre es binocular, por lo que es difícil apreciar con exactitud la coincidencia entre dos líneas separadas, no situadas sobre un mismo plano.

**Error de paralaje.** Este error se comete fácilmente con los aparatos en los que la lectura se toma observando un índice que se desplaza en un plano distinto que el de la escala: en este caso, y puesto que el índice está separado de la escala, puede suceder que la dirección de la visual no coincida con la normal a dicha escala graduada. El error se comete cuando la visual forma un ángulo  $\alpha$  con la normal "n" a la escala (véase la figura 2.1); el error es:

$$E_p = d * \operatorname{tg} \alpha$$

Figura 2.1 "El error de paralaje"



Para reducir al mínimo el error de paralaje, los constructores de aparatos recurren a alguno de los siguientes procedimientos:

- Reducir hasta el mínimo posible la distancia entre índice y escala;
- Utilizar dos índices paralelos unidos entre sí, situando la escala entre ambos: no se cometerá el error si se toma la lectura cuando los dos índices y el trazo de la escala queden superpuestos.
- Colocación de un espejo bajo el plano de la escala: de ésta forma, cuando el índice queda sobrepuesto a su imagen, la dirección de la visual es perpendicular al plano de la escala, no existiendo en ese momento el error de paralaje.

Por lo que a la graduación se refiere, hay que tener en cuenta que la mínima dimensión apreciable por el ojo humano normal es la comprendida en un ángulo visual de unos 60 segundos. Teóricamente, la longitud mínima que se puede apreciar a una distancia de 250 mm es de 0.05 mm. y por tanto:

Para leer distintamente una escala, la distancia entre sus graduaciones no debe ser menor que unas diez (10) veces la longitud mínima perceptible, es decir, 0.5 mm.

En resumen los errores dependientes del aparato y de las condiciones ambientales se denominan *errores sistemáticos*: En general son del mismo signo y tienen valor constante, por lo que puede corregirse fácilmente la lectura.

Los errores dependientes del operador, o de otras causas imprevistas, llamados *errores accidentales*, tienen valores muy variables que escapan a toda previsión, por lo que son más graves que los sistemáticos.

Pueden reducirse los errores accidentales ateniéndose escrupulosamente a las normas de empleo del aparato, repitiendo numerosas veces la medición, tomando luego la media de los resultados obtenidos; o en el mejor de los casos, empleando instrumentos y/o equipo de medición más sofisticado, el cual permita al usuario eliminar casi por completo estos tipos de errores.

Otras características de casi todas las mediciones es que para llevarlas a cabo hay que emplear aparatos más o menos complicados denominados instrumentos de medida.

## **2.4.- CLASIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

Según el tipo de medición que realicen se pueden clasificar en tres grandes grupos (Lucchesi, 1973):

1. \*Instrumentos de medida propiamente dichos. Con estos instrumentos se realizan las verdaderas mediciones comparando la dimensión a medir con la unidad de medida (metro, grado, etc.), o sus submúltiplos. A esta clase de aparatos pertenecen las reglas, los pies de rey, los micrómetros, las máquinas de medir, los transportadores, etc.
2. \*Instrumentos comparadores. Con estos aparatos no se realizan mediciones, sino solamente comparaciones de las dimensiones con otras que se toman como patrón, como por ejemplo, las piezas de prototipos, los relojes comparadores, o los indicadores electrónicos.

3. \*Instrumentos de verificación. Estos instrumentos tampoco son medidores en sentido estricto, sino solamente "verificadores" empleándose para comprobar si las dimensiones son exactamente iguales a las marcadas en el instrumento, o están entre los límites señalados exactamente por estos. por ejemplo los calibradores Pasa - No Pasa.

Para la debida inspección y control de los diferentes elementos que se producen se requiere de diferentes equipos de medición, se necesitan herramientas de medición, tales como calibres, micrómetros, galgas, transportadores, escuadras, comparadores: espigas de medición, horquillas, bancos de medición, máquinas de medición, y todos aquellos equipos y aparatos de carácter muy especial utilizados para comprobar, calibrar o medir, como por ejemplo medidores de rugosidad y de vibraciones, contadores de frecuencia, máquinas de comprobación de engranajes, etc.

La selección de los instrumentos del departamento de inspección depende por entero de la naturaleza de la inspección y del trabajo de que se trate. Los instrumentos necesarios en una sección de inspección pueden no necesitarse en otra. Sin embargo, si hay que inspeccionar muchos calibres para mantener su exactitud, debe instalarse un laboratorio separado exclusivamente con ese fin. en algunas Plantas Industriales se le denomina "Sala (o laboratorio) de metrología".

La selección de los instrumentos para equipar debidamente un laboratorio de comprobación de calibres, depende de la variedad de ellos. Es decir, una sala de metrología debe contar con todo aquel equipo que verifique todas las

dimensiones críticas de la producción de la planta o línea de producción en particular.

Existe otra clasificación de los instrumentos de medida donde se dividen en dos grupos (Alford, 1981):

1) Los graduados para medir en centímetros, milímetros, medio milímetros o cuartos de milímetros o bien en fracciones de pulgada inglesa como  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $1/16$ ,  $1/100$  de pulgada. Estos aparatos se denominan **instrumentos de medida de línea** y no deben considerarse como de precisión.

2) Los instrumentos que pueden apreciar hasta un cuarto de décima de milímetro o una milésima de pulgada o más finos, son llamados **instrumentos de medida de precisión**.

En la fabricación de los equipos de medición se requieren de instrumentos de alta precisión. Los instrumentos de precisión pueden subdividirse por el tipo y los medios empleados para obtener su grado de precisión.

- Los indicadores de cuadrante ó esfera dependen de un movimiento de cremallera y piñón para aumentar un movimiento del elemento calibrador y convertirlo en un movimiento considerable de una aguja sobre una escala graduada.

- Los instrumentos amplificadores, son los que emplean el principio de la palanca y el punto de apoyo, de modo que una razón de, por ejemplo 10 a 1

producirá un movimiento de la aguja indicadora diez veces mayor que el del punto calibrador.

- Los comparadores son instrumentos que emplean los principios del tipo calibre de cuadrante o del tipo amplificador junto con asiento o mesa de referencia, tal que puede fijarse una distancia definida entre dicho asiento o mesa, sobre el cual se colocan los ejemplares que se miden, y el punto calibrador del instrumento hace contacto con la parte superior del ejemplar.

## 2.5.- CARACTERISTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

La precisión y la garantía de las mediciones realizadas con los instrumentos de medida, depende de sus características específicas que son las siguientes (Lasheras, 1970):

- a) sensibilidad
- b) sensibilidad a la modificación de un valor
- c) error
- d) dispersión
- e) alcance de medida

**a) Sensibilidad:** Se denomina sensibilidad a la relación entre la variación de la indicación a la variación de la magnitud medida, es decir:

$S = (V / v)$ . El valor de la sensibilidad de los instrumentos de medida, depende de su amplificación, por lo que se habla de tres grupos de instrumentos:

- 1.- Instrumentos sin amplificación; son aquellos instrumentos donde no existe amplificación cuando la variación de la indicación es igual a la variación de la magnitud medida, es decir se tiene una sensibilidad igual a la unidad.
- 2.- Instrumentos cuya amplificación es constante, en ellos, la sensibilidad alcanza un valor superior a la unidad, pero siempre constante.
- 3.- Instrumentos cuya amplificación es variable, donde la sensibilidad generalmente es superior a la unidad y tiene límites mínimo y máximo. Así sucede con los comparadores de amplificación neumática y con las palancas de medida.

Respecto a la sensibilidad, las normas UNI (Ente Nazionale per l'Unificazione nell'Industria) puntualizan las siguientes precisiones (Lucchesi, 1973):

**\*\*Umbral de sensibilidad:** Es la menor variación de magnitud capaz de modificar las condiciones de equilibrio del índice. representa la inercia al movimiento de dicho índice si está referida a una posición del mismo mientras el aparato está en función.

**\*\*Umbral de sensibilidad al arranque:** Es la mayor variación de magnitud capaz de modificar las condiciones de equilibrio del índice cuando éste está en su posición de reposo: representa la inercia al movimiento de dicho índice si está referida a la posición de reposo del mismo.

**b) Sensibilidad a la modificación de un valor.** Se refiere a la modificación necesaria en la magnitud medida para que exista una modificación en la indicación. Es decir en cuanto más sensible sea un instrumento entonces se requerirá de una variación menor para que el instrumento reaccione y nos proporcione una medida.

c) **Error.** Se denomina error de un instrumento de medida a la diferencia que existe entre la magnitud que se indica y el valor real, o sea :

$$E_a = L - G; \text{ mientras que error relativo es } e\% = (E_a \times 100) / G.$$

Se denomina corrección al valor absoluto del error con signo contrario, o sea:

$$C = G - L$$

d) **Dispersión.** Reciben el nombre de dispersión las diferencias mayores entre los valores obtenidos.

e) **Alcance de medida.** Se denomina así al límite inferior y superior que puede medir un instrumento de medida. Llamado también campo de medida, el cual es el valor de la magnitud máxima que se puede medir.

## 2.6.- CONTROL DE LONGITUDES POR COMPARACION

El uso del calibre pie de rey permite que exista el error producido por las diferentes presiones y fuerza que emplee el operario al tomar sus medidas. El **comparador** permite suprimir algunos de estos errores, disminuyendo los demás, ya que el operario no interviene más en el reglaje inicial del aparato y para el deslizamiento de la pieza por debajo del palpador; la presión es siempre la misma y, sea quien sea el operario, la aguja ó indicador electrónico marcará la mismas lecturas. Se consigue además, un control rápido de cotas, lo que es interesante y conveniente en el caso de grandes series de producción (Lasheras, 1970).

Se debe aclarar que el comparador no permite en ningún caso leer la cota de la pieza, sino controlar, o mejor dicho *comparar*, la cota de una pieza en el curso de un trabajo, con la de una pieza terminada, denominada pieza tipo, o con la cota señalada por una cala o pieza patrón.

La comparación se lleva a cabo colocando la cala patrón debajo del palpador del comparador y conduciendo el cero del cuadrante al lugar donde se encuentra la aguja indicadora o bien donde se obtiene el cero electrónico en el display digital con el sólo oprimir un botón. Se controla ahora la cota de una pieza, y si la cota de la pieza es la misma que la de la cala patrón, el comparador vuelve a marcar cero; sino es así, la diferencia de cotas entre la cala y la pieza puede leerse instantáneamente sobre el cuadrante del comparador, por el desplazamiento que tenga la aguja o por la variación que nos indique el display digital. Su valor va indicado en diferentes unidades, ya sean en centésimas, en milésimas o hasta diezmilésimas de milímetro, dependiendo de la sensibilidad y unidades que maneje el equipo de visualización o amplificador. Las lecturas sobre el cuadrante, ya sea de aguja o mejor aún digital permiten una lectura fácil de las medidas, disminuyendo por ello el riesgo del error en la apreciación.

## 2.7.- APARATOS COMPARADORES

Los aparatos de comparación son instrumentos de lectura amplificada, los cuales, como ya se mencionó, en la sección anterior, éstos no miden una cota, sino que comparan la de una pieza con otra, tomada como pieza patrón (Master).

Los aparatos de comparación se clasifican de la siguiente manera:

- a) comparadores de amplificación mecánica
- b) comparadores de amplificación óptica
- c) comparadores de amplificación neumática
- d) comparadores de amplificación eléctrica y electrónica

Estos últimos recientemente se están introduciendo en el uso de taller, pues anteriormente sólo se fabricaban con capacidades de uso para laboratorios. Así mismo se fundamentan en variaciones de inducción, siendo su amplificación de hasta 100.000 veces, por lo que pueden apreciar fácilmente la centésima de micra o cienmilésima de milímetro.

Los comparadores electrónicos se valen del principio de obtener la variación continua de una inductancia o de una capacidad, por medio del movimiento del órgano sensible que se pone en contacto con el objeto que se quiere medir; es decir, un desplazamiento lineal del palpador se transforma en magnitud eléctrica (Maluquer, 1977).

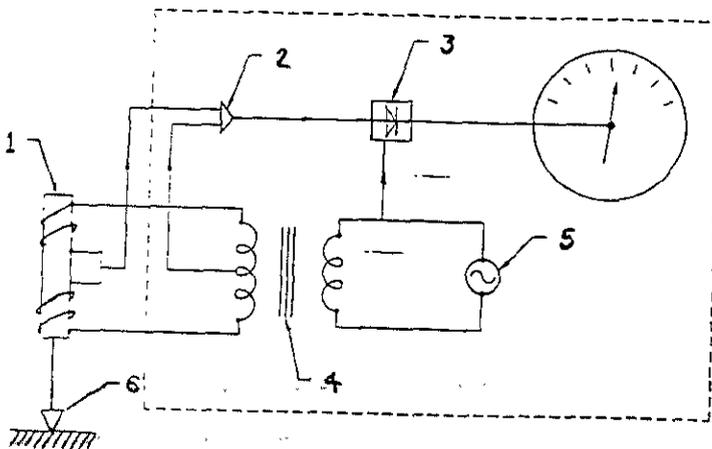
Los comparadores electrónicos permiten realizar mediciones y controles con gran exactitud y rapidez.

En lo que respecta al funcionamiento general de los mismos; y en referencia a la figura 2.2, se tiene que una tensión alterna suministrada por el generador (5) alimenta a través de un transformador simétrico (4) las dos bobinas devanadas sobre el núcleo magnético (1), solidariamente unido al palpador mecánico (6). Si el aparato está puesto a cero y el palpador quieto, las tensiones en ambas bobinas se equilibran.

Un desplazamiento axial del núcleo magnético (1), debido a irregularidad de la superficie explorada, varía la inductancia de las bobinas, produciéndose con ello un desequilibrio entre las tensiones relativas, y en consecuencia una diferencia de potencial que da origen a una corriente de pequeña intensidad. Esta corriente, convenientemente amplificada y rectificada, se aplica al aparato indicador que señala directamente el valor del desplazamiento del palpador, o sea el error.

Variando el grado de amplificación puede modificarse el campo de medida del aparato, puede existir en el indicador dos índices para delimitar la tolerancia permitida.

Figura 2.2 "Diagrama de funcionamiento de un comparador electrónico"



El aparato descrito es muy adecuado para medir errores de alineación por ejemplo, pero puede emplearse también como comparador propiamente dicho, es decir, para comparar las dimensiones de una pieza con las de su correspondiente patrón.

El desarrollo y crecimiento de los aparatos calibradores (o medición), circuitos y sistemas han sido tan rápido que el departamento de Inspección de la Industrias muchas veces ignora cuales son sus atributos y usos (Kennedy, Hoffman, Bond, 1987).

La gran mayoría de los procesos de manufactura y operaciones ha sido automatizados o están en proceso de automatización. Las máquinas eléctricamente operadas y electrónicamente controladas están en casi todas las fábricas. No obstante, la inspección y la medición han cumplido con sus funciones; éstas han mejorado con la ayuda del equipo electrónico.

En consecuencia, la inspección moderna debe tener una vía de comunicación respecto a los calibradores electrónicos, por ejemplo en la verificación, medición, ajuste y cuidados, de equipos tales como verniers, micrómetros e indicadores mecánicos. Además los inspectores deben ser capaces de controlar y manejar comparadores automáticos que pueden tener diferentes tamaños desde un vernier electrónico hasta un complejo sistema de medición, midiendo diámetros interiores y diámetros exteriores, y el control de las operaciones de maquinado automático.

Casi todos los calibradores eléctricos y electrónicos trabajan transformando un movimiento de una cabeza de contacto mecánico ó una guía de contacto a una

señal eléctrica amplificada a través de una Transformación variable diferencial Lineal; la señal electrónica es entonces amplificada y pasada a través de una conversión **analógica a digital** para desplegarse en una pantalla de cristal líquido (LCD) por ejemplo ó a un monitor. Esta señal amplificada es leída ó expuesta en algún indicador el cual esta provisto de la escala adecuada, normalmente se basan en la resolución que posea el aparato, por lo que la variación se proyecta como la variación producida en la señal.

Esta cualidad de la medidas, en donde un movimiento se transforma en un campo eléctrico ha hecho posible que se puedan medir incrementos cada vez más finos. Esta progreso en la medición, estriba en la elevación de la sensibilidad de los equipos que ahora se emplean como calibradores-comparadores.

Adicionalmente, los sistemas de medición electrónicos, son comúnmente integrados al centro de sistemas computarizados (por ejemplo una P.C.) con lo que las variaciones que se detectan pueden ser controladas y programadas para emplearse en el control de máquinas en proceso. En otras palabras, la medición electrónica no sólo reduce el tiempo de ciclo de una máquina, e incrementa la eficiencia, precisión y discriminación en la medición, sino que también se puede conectar o enlazar al control de una máquina para que la variación en las piezas sea lo mas pequeña. La reducción de los errores y la retroalimentación a máquina, han resultado de una gran ayuda para reducir costos, porque la inspección tiene un control detallado dimensional y de datos, y por ende, un control absoluto de sus procesos.

Los elementos mecánicos están remplazándose por elementos eléctricos; y aún más el poder de los tubos de vacío se ha sustituido por transistores y circuitos integrados.

### **2.7.1.- VENTAJAS Y LIMITACIONES EN EL USO DE COMPARADORES ELECTRONICOS**

Los indicadores electrónicos proveen al usuario un gran número de ventajas en comparación con los indicadores tradicionales mecánicos (Farago, Curtis, 1994).

1. El display digital es más fácil de leer, e instantáneamente nos permite visualizar el valor, y más aún elimina la necesidad de colocar el indicador en cierta posición.
2. Con el toque de un botón, el indicador electrónico nos permite cambiar del sistema Métrico (mm) al sistema Inglés (pulgadas) ó viceversa, según las necesidades del usuario.
3. Los indicadores usados típicamente proporcionan la variación de una medición comparando distancias, sin embargo, los indicadores electrónicos pueden además visualizar el valor absoluto de la dimensión que se éste verificando.
4. Cuando el equipo está provisto de transductores remotos, es decir, con el dispositivo de contacto externo, el transductor se puede colocar en la

posición que se requiera, e incluso en espacios tan reducidos donde un indicador mecánico no tendría espacio suficiente.

5. Un indicador electrónico puede ser enlazado o conectado vía interface RS232 a una computadora personal para propósitos de recolección de datos. Estos datos, podrán ser usados para llevar un control estadístico en forma automática, con lo que se pueden obtener gráficas típicas como "Barras promedio", "desviaciones estándar", etc.

Existen dos limitaciones para el uso de los indicadores electrónicos:

1. Un indicador electrónico, a diferencia del indicador mecánico, requiere de alimentación de corriente ya sea por medio de una batería o por una fuente de 110 volts AC. Por lo tanto, es indispensable el contar con la fuente de alimentación para los indicadores electrónicos. El tiempo de vida típico para una batería de un indicar electrónico oscila entre las 200 horas de uso continuo.
2. El indicador electrónico es sensible a la temperatura. La mayoría de los indicadores electrónicos operan correctamente a temperaturas entre los 50 °F y los 110 °F (de 10 °C a 43.33 °C), sin embargo éste rango de temperatura a veces es sobrepasado en los talleres donde se usan.

## 2.7.2.- PRECAUCIONES EN EL USO DE LOS COMPARADORES ELECTRONICOS

Por que los calibradores electrónicos son capaces de medir hasta 0.000005" (0.000127 mm) el inspector debe tener extremo cuidado en la manipulación de masters (piezas patrón) sobre la base de referencia y el palpador del comparador. Se puede ocasionar un error fácilmente de la magnitud indicada anteriormente con tan sólo colocar la pieza con una fuerza diferente, en una posición diferente. o con tan sólo tomar y/o colocar inadecuadamente la pieza a medir (Farago, Curtis, 1994).

Algunas precauciones usualmente recomendadas para el uso de comparadores eléctricos y/o electrónicos son:

- Asegurarse que el instrumento no este expuesto a la luz solar directamente, a vapores, a ventanas y puertas que estén continuamente en uso, a movimiento de vibraciones excesivo.
- La referencia o soporte debe tener una planicidad garantizada, sin fallas, sin hendiduras o corrosión.
- La referencia o sistema de clampeo de la cabeza o comparador debe estar fuertemente apretada.
- El significado real de perdidas en un instrumento, se ve reflejado incluso en la variación de temperatura, que cuando ocurren variaciones bruscas en la temperatura se hace evidente en la sensibilidad del equipo electrónico empleado.
- Los cuidados de limpieza aplicados al soporte de referencia y a los componentes del comparador deben ser similares a los usados sobre un "Block" de medición.

Los calibradores eléctricos y electrónicos son diseñados y construidos para conectarse a fuentes de corriente de 110 V.C.A. Después de que un comparador se haya calibrado (aceramiento), y se hayan establecido los límites de las tolerancias, el voltaje en la línea de alimentación sufre una caída del 10% (1 o 2 volts) o bien un aumento de un volt o dos, el comparador deberá ser calibrado una vez más. Un comparador eléctrico ó electrónico alimentado a 110 V., puede mostrar un error considerable si el voltaje cambia a 105 V.

## 2.8.- CELULAS DE MEDICION

Actualmente los comparadores emplean unas células o cabezas de medición que nos permiten efectuar un número infinito de aplicaciones en los procesos de medición. un ejemplo ilustrativo de esto son las células (Marposs) tipo lápiz, los cuales mantienen el principio de funcionamiento descrito en la sección anterior, están disponibles en diferentes tamaños y diferentes rangos de medida; existen modelos los cuales cubren un rango de 0.2 mm a 5 mm (Marposs, 1995).

Su fabricación se lleva bajo un control de calidad del 100% para garantizar su confiabilidad. Todas ellas están protegidas contra polvo y agua con un nivel de protección IP65 (en el capítulo siguiente se explican los diferentes niveles de protección establecidos internacionalmente). Algunas células poseen incluso nivel protección IP67. Las células pueden ser conectadas a cualquier unidad electrónica además de un sin número de aplicaciones. En el caso del nivel de protección de las células de medición se tiene que son IP65 por lo que

están protegidas contra la penetración de polvo (sólidos) y contra ligeras presiones de agua (líquidos) sobre todo el cuerpo.

Las células de medición han sustituido recientemente al comparador mecánico fácilmente; ya que se pueden aplicar, sin ninguna adaptación, al sistema de soporte utilizado. Además éste tipo de células garantizan medidas con una precisión inferior a la micra e incluso se puede llevar el control estadístico de medidas elaboradas.

## LOS TRANSDUCTORES

La principal ventaja de trabajar con las cabezas de medición tipo lápiz es la posibilidad de amplificar las señales eléctricas que se generan con el contacto de la sonda. El trabajo principal del Transductor diferencial lineal variable LVDT (Linear Variable Differential Transducer) y el Transductor Medio Paralelo HBT (Half Bridge Transducer) esta basado sobre el movimiento de una cubierta de acero integrada a una sonda vástago (Marposs, 1995).

El centro de acero se encuentra localizado entre dos campos de los cuales puede sumergirse más de un lado y menos del otro; por lo que de ésta variación dependerá el valor que "lee" el transductor al ser presionada su punta del palpador.

Los transductores LVDT usan una señal de salida que es más alta que la que usan otros transductores. Por lo tanto son más precisos. Además son menos sensibles a la variación de la temperatura por que entre ambos campos de

voltaje se encuentra diseñado un sistema de salidas de aire para el cuerpo de la sonda lápiz.

#### FUNCIONAMIENTO (LVDT)

El campo primario se alimenta con corriente alterna, la cual genera un flujo de corriente. Esto produce un campo magnético que es concentrado en una ligera cubierta de acero. El campo magnético es conducido a través del campo secundario y entonces se genera un voltaje. El movimiento de la cubierta de acero induce a una diferencia de potencial en los campos secundarios que es proporcional a la posición de la cubierta.

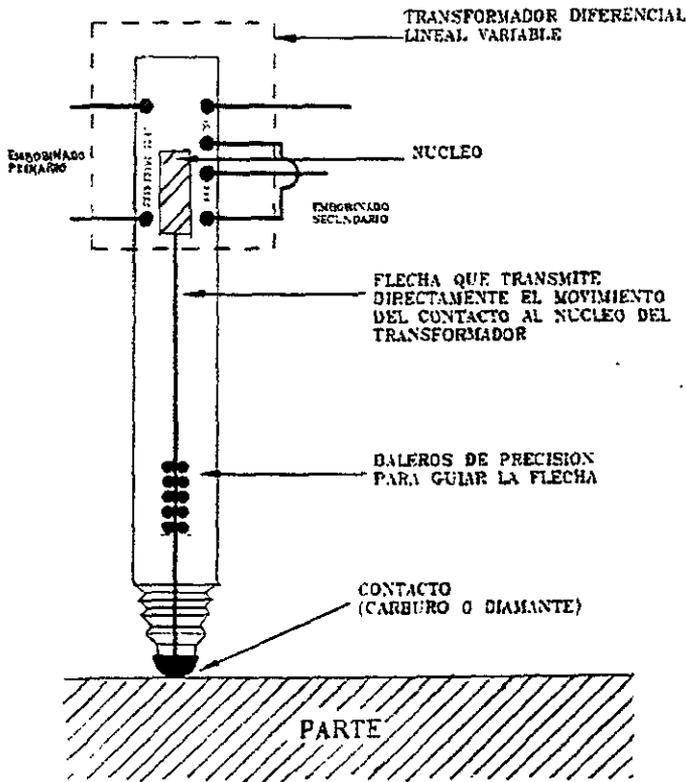
Los transductores HBT ofrecen un buen desarrollo a través de la variación de la temperatura porque su campo primario esta inmerso dentro de la unidad electrónica. Estas son fácilmente conectables a cualquier unidad electrónica. Los transductores HBT son muy flexibles y son de la preferencia de diversas compañías.

#### FUNCIONAMIENTO (HBT)

La mitad del circuito del transductor "Wheatstone Bridge" (Tipo puente) se encuentra dentro del transductor y la otra mitad se encuentra en la unidad electrónica. El movimiento que en esencia cambia a la inductancia generando un desbalance en el puente el cual resulta de la variación de voltaje según se ubique el embolo principal.

La figura 2.3 presenta un diagrama que ilustra los distintos componentes de una célula de medición (comparadora) tipo lápiz. de la compañía Marposs.

Figura 2.3 "Componentes de una célula de medición tipo lápiz"



## 2.9. CONTROL DEL ESTADO SUPERFICIAL

Todos los aparatos de medición de línea, sirven para detectar defectos de forma macrogeométricos, comparando sus dimensiones con las teóricas. Pero en los últimos años se ha ido notando la necesidad de estudiar y normalizar los acabados superficiales de las piezas mecánicas como complemento previo indispensable a la fijación de los ajustes y tolerancias. Esto da origen a la microgeometría, dedicada a estudiar los pequeños defectos microgeométricos

de las superficies, rugosidades y ondulaciones producidas en los diferentes procesos de mecanizado, las cuales perjudican la precisión y la exactitud de las medidas. dan origen a juegos u holguras prematuras en ajustes móviles. disminuyen el apriete en ajustes fijos, originan mala estanquidad en un montaje hermético y producen vibraciones en las máquinas (Lasheras, 1970).

Durante mucho tiempo la única manera de establecer la calidad de las superficies, consistía en el empleo de clasificaciones vagas, derivadas de palabras tales como "basto", "fino", "alisado", "pulido" "especular", etc. Estas palabras por sí solas no podían definir el grado de rugosidad y ondulación de la superficie. ni la dirección o el sentido del perfil de la misma, y por ello en muchas ocasiones el acabado de las piezas no tenía nada que ver con lo que en la realidad se requería, perjudicándose la calidad y/o economía.

Los signos de mecanizado normalizados ( $\nabla\nabla\nabla$ ). tampoco aclaran perfectamente el acabado que ha de darse a una pieza. La utilización del acabado de superficie, iniciado en los Estados Unidos en el año de 1940, han permitido relacionar los valores correspondientes a los distintos grados de acabado con la capacidad de los diversos procesos de mecanizado y con las necesidades del montaje y servicio que deben prestar las piezas, llegándose a la conclusión de que las normas de calidad superficial deben establecerse sin perder de vista los siguientes requisitos:

- Deben comprender todas las instrucciones necesarias para los departamentos de dibujo, de maquinaria y de montaje.
- Una vez determinado el acabado superficial más conveniente, se debe especificar el proceso de mecanizado apropiado para utilizar la máquina ó útil

que permita obtener más rápida y eficazmente el límite de los valores del acabado determinado.

-Referente a la rugosidad y a la ondulación, la última es siempre perjudicial, y esta producida por un perfil erróneo de la herramienta o por falta de la rigidez en la pieza ó en su sujeción mientras se máquina.

-El grado de acabado superficial se realiza comparándole con el de la muestra establecida al efecto.

-Debe verificarse con instrumentos de medida que las tolerancias establecidas sean cumplidas y ejecutadas en la pieza producida.

## CAPITULO 3

### “ESTANDARES Y TOLERANCIAS”

#### 3.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS

En orden de antigüedad las primeras normalizaciones de elementos mecánicos, fueron las roscas llevadas a cabo por Whitworth en Inglaterra y por Seller en los Estados Unidos (Lasheras, 1970). En 1898, después de la adopción del sistema Internacional de medidas, S.I., se normalizaron las roscas métricas. En 1921 surge en Italia un comité para la normalización de la industria mecánica, que en 1930 toma el nombre de “Ente Nazionale per l’Unificazione nell’Industria (UNI)”. En España la labor de normalización está encomendada al Instituto Nacional de Racionalización del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que prepara, somete a información pública, aprueba y publica las Normas UNI. Asimismo, se fueron creando normas según su propio criterio, a menudo distintos del adoptado en otros países; en consecuencia al aumentar las relaciones internacionales se hizo sentir más la necesidad de establecer normas comunes, aceptadas internacionalmente. por ello en 1926 se crea una federación internacional de los organismos de normalización nacionales I.S.A. (Internacional Standard Association) que fue sustituida luego por el I.S.O. (Internacional Standarizing Organization).

### 3.2.- DEFINICION DE TOLERANCIA

Es imposible hacer todos los trabajos en las dimensiones exactas. El mecánico tiene que disponer de algún margen para hacer su obra, un intervalo de dimensiones dentro del cual la pieza fabricada funcionará satisfactoriamente.

Por ejemplo si una pieza debe tener 50 mm, pero esta dimensión puede variar ligeramente sin que por ello deje de funcionar adecuadamente, debe concederse esa variación al operario para que se atenga a ella. Así la pieza puede ser 0.08 mm mayor o 0.05 mm más pequeña que la dimensión básica de 50 mm, el dibujo debe indicar esa dimensión en la forma  $50 + 0.08 / - 0.05$  mm (Alford, 1981).

Entonces al hacer las dimensiones de un dibujo, los números colocados en las líneas de acotamiento representan dimensiones que sólo son aproximadas. Para especificar el grado de precisión, es necesario agregar cifras de tolerancia a la dimensión. "La tolerancia es el grado de variación permitido en la pieza o la variación total permitida en una dimensión dada".

Las dimensiones a las que se asignan tolerancias estrechas significan que una pieza debe ajustarse apropiadamente a alguna otra. A ambas piezas debe proporcionarles tolerancias de acuerdo con la discrepancia permitida, con los procesos existentes de manufactura y el costo mínimo de producción y ensamblado que maximice las utilidades. Así el costo de una pieza aumenta, cuando disminuye la tolerancia de su fabricación.

La discrepancia no se debe confundir con la tolerancia, es el espacio mínimo libre que se pretende quede entre partes embonantes, y representa la condición de ajuste más apretado permisible.

El juego entre dos piezas es la mitad de la discrepancia, es uniforme por todos lados y no debe confundirse con la discrepancia, que es dos veces el juego.

La tolerancia es el intervalo admisible en la dimensión entre el *límite superior* y el *límite inferior*, siendo estos límites las dimensiones por encima y por debajo de los cuales la pieza no se aceptará. Existen unas tablas de las tolerancias señaladas por la I.S.O. (ver anexo 1).

### **3.3. NIVELES DE PROTECCION PARA EQUIPO ELECTRICO**

Como un camino para la estandarización de los gabinetes eléctricos, organizaciones como la NEMA, UL, CSA, IEC, y TUV usan una clasificación de sistemas para identificar las diferentes capacidades de un gabinete para repeler y resistir diferentes condiciones ambientales. La resistencia va desde un simple goteo sobre el equipo hasta la inmersión completa del gabinete bajo el agua (Hoffman, 1993).

La NEMA, la CSA, y la UL son de las organizaciones más comúnmente usadas en Norteamérica; sus clasificaciones están basadas en aplicaciones más o menos similares. La UL y la CSA requieren que sus gabinetes sean probados y evaluados en sus laboratorios; así como se revisan las industrias en donde se aplican para verificar que los gabinetes trabajen en las condiciones

especificadas. La NEMA, por otro lado, prueba sus equipo de forma independiente y es menos exigente con los industriales en cuanto las pruebas de los equipos.

En Europa, las clasificaciones de la TÜV-IEC son basadas en pruebas similares a las realizadas por la UL y la CSA. No obstante, existen algunas diferencias en cuanto a las condiciones de funcionamiento de los gabinetes. Por ejemplo, las pruebas de la UL y la CSA especifican que una sólo gota de agua que se introduzca dentro del gabinete se considera como una prueba fallada. En los estándares de la IEC para un nivel de protección (IP) es permitido que entre al gabinete una cierta cantidad de agua.

## **CLASIFICACION DE INTERNACIONAL PARA LOS NIVELES DE PROTECCION IPXX**

En la publicación 259 de la IEC se citan las diferentes clasificaciones de grados de protección para cubiertas y gabinetes, y la TÜV proporciona un sistema para especificar las cubiertas de equipo eléctrico, basado en los grados de protección requeridos.

La IEC no proporciona el grado de protección contra explosión ó en condiciones como humedad (producida por ejemplo por condensación), vapores corrosivos, hongos ó gusanos.

La publicación Standard de la NEMA realizó pruebas en condiciones ambientales tales como corrosión, herrumbre, escarchado, aceites y

refrigerantes. Por ésta razón y porque las pruebas y evaluaciones de las características no son idénticas, la IEC y la TÜV clasifican los gabinetes de acuerdo a un nivel de protección los cuales no pueden se iguales a lo sumo son similares a los números proporcionados por la NEMA.

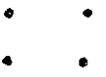
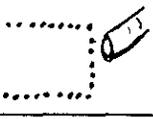
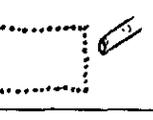
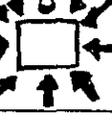
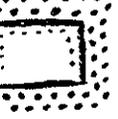
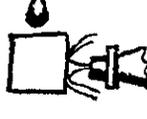
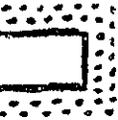
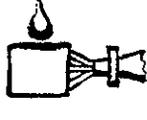
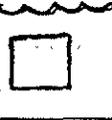
En la figura 3.1 se observan los diferentes niveles de protección de acuerdo a las condiciones del medio ambiente, en el que se encontrará el equipo.

IPXX El primer numeral caracteriza el nivel de protección contra sólidos.

IPXX El segundo numeral caracteriza el nivel de protección contra líquidos.

Por ejemplo si se tiene un equipo con nivel de protección IP23. nos indica que esta protegido contra la penetración de sólidos más grandes de 12 mm y contra rocío de agua.

Figura 3.1 "Niveles de protección para gabinetes eléctricos"

Primer dígito			Segundo dígito		
IP	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS	IP	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS
0		Sin protección.	0		Sin protección.
1		Protección contra objetos sólidos hasta 50 mm, por ejemplo al contacto accidental con las manos.	1		Protección contra caída vertical de agua, por ejemplo de condensación.
2		Protección contra objetos sólidos hasta 12 mm, por ejemplo el contacto con los dedos.	2		Protección contra rocío directo o caída de agua a 15° de la vertical.
3		Protección contra objetos sólidos por arriba de 2.5 mm, por ejemplo herramientas y cables.	3		Protección contra rocío directo o caída de agua a 60° de la vertical.
4		Protección contra objetos sólidos por arriba de 1 mm.	4		Protección contra el rocío de agua proveniente de todas direcciones. (limitado al ingreso permitido).
5		Protección contra polvo (limitado al ingreso, no daña el depósito).	5		Protección contra bajas presiones de chorro de agua de todas direcciones (limitado al ingreso permitido).
6		Protección total contra el polvo	6		Protección contra chorros fuertes de agua.
			7		Protección contra los efectos de inmersión entre 15 y 100 cm.
					Protección contra largos periodos de inmersión bajo presión.

### 3.4.- SIMBOLOS DE TOLERANCIA GEOMETRICA

En la actualidad los departamentos de producción , diseño y proyectos utilizan normalmente tolerancias geométricas estándares los cuales nos permiten identificar que características físicas y que parámetros debemos de controlar en cualquier producto que lleve consigo específicos niveles de calidad (Orbeg, Jones, Horton, Ryffel, 1996).

En la tabla 3.2 se pueden apreciar la diferencia entre el sistema decimal y el sistema Ingles; en cuanto a características dimensionales que comúnmente son verificadas en algunos procesos de producción donde es de gran valor obtener niveles de tolerancias muy cerrados.

**Tabla 3.2 “Comparación de símbolos entre la ANSI y la ISO”**

CARACTERISTICA	SIMBOLO SEGUN NORMAS	
	ANSI Y 14.5	ISO
Rectitud		
Planicidad		
Circularidad		
Cilindricidad		
Perfil de una línea		
Perfil de una superficie		
Angularidad		
Perpendicularidad		
Paralelismo		
Posicion		
Concentricidad		

CARACTERÍSTICA	SIMBOLO SEGUN NORMAS	
	ANSI Y 14.5	ISO
Simetría	NONE	
Run out circular		
Run out total		
Máxima condición de material		
Mínima condición del material		NONE
Diámetro		
Dimensión básica		
Dimensión de referencia	(50)	(50)
Dato Característico		
Dato objetivo		
Origen de dimensión		NONE
Cuadro de control de características		
Conicidad		
Pendiente		
Profundidad		NONE
Recuadro (forma)		
Dimensión sin escala	<u>15</u>	<u>15</u>
Numero de veces o lugares	8X	8X
Longitud de arco		NONE
Radio	R	R
Radio esférico	SR	NONE
Diámetro esférico	Sφ	NONE

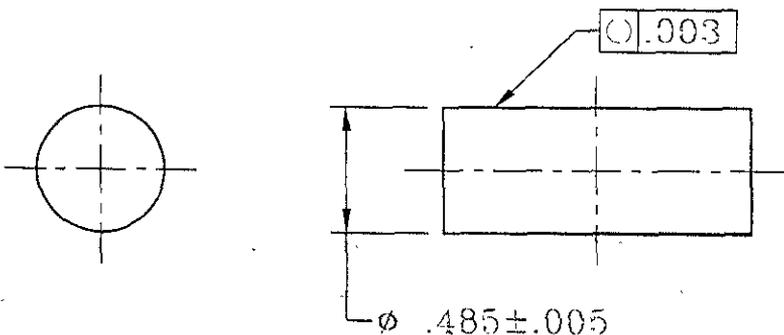
A continuación se proporciona una breve explicación de algunos de los símbolos geométricos de tolerancia, de acuerdo a las normas estándar ANSI - Y 14.5, de 1982.

Los principios y símbolos señalados pueden ser empleados de igual forma para el sistema métrico ó el sistema ingles de medida (Marposs 1995).

### CIRCULARIDAD (ROUNDNESS)

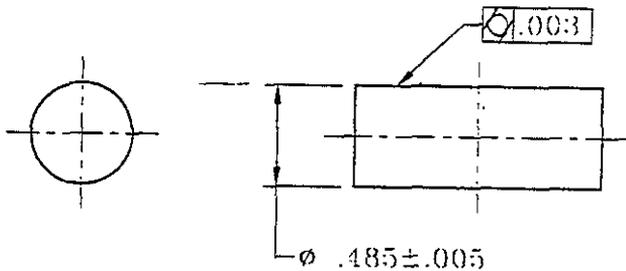
Es la condición de una superficie de revolución, (cilindro, cono, esfera) donde todos los puntos de la superficie interceptada por un plano, perpendicular al eje común o que pase a través del centro común (esfera) son equidistantes del centro. Esto es circularidad basada en los radios de la superficie.

Es la diferencia entre los radios del círculo menor circunscrito y el del círculo mayor registrado.

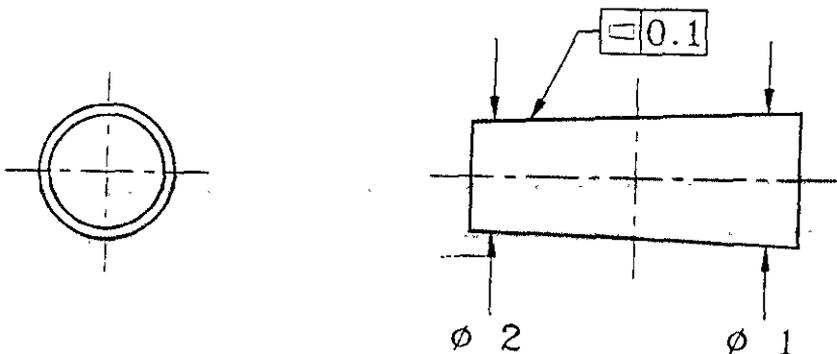


**CILINDRICIDAD (CYLINDRICITY):**

Es la condición de una superficie de revolución en donde todos los puntos de la superficie son equidistantes de un eje común, especificación tolerancia cilindricidad una zona de tolerancia limitada por dos cilindros concéntricos con que la superficie este mas alineada.

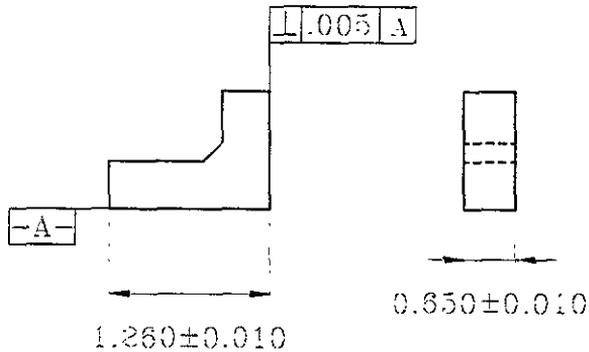
**CONO (TAPER):**

Es la condición en la diferencia de dos superficies de revolución interceptados por un eje perpendicular al eje común. Esto es la diferencia entre dos diámetros medidos y opuestos al final de la parte

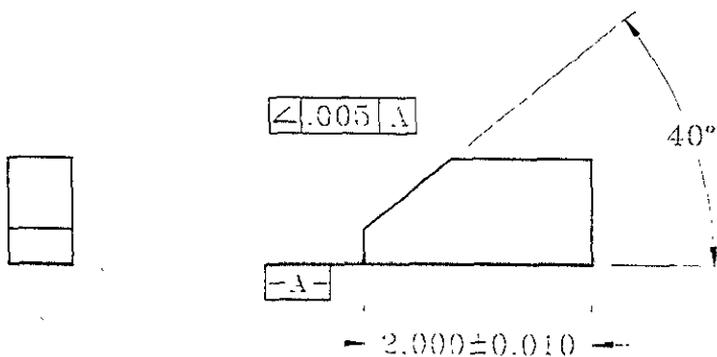


**PERPENDICULARIDAD (PERPENDICULARITY OR SQUARENESS):**

Es la condición de una superficie, plano medio o eje, en un ángulo recto ( $90^\circ$ ) a un plano de referencia o eje descrito.

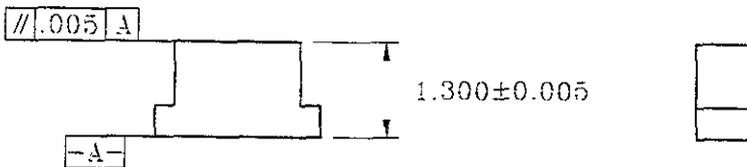
**ANGULARIDAD (ANGULARITY):**

Es la condición de una superficie o eje a un ángulo especificado (otro que  $90^\circ$ ) de un plano de referencia o eje descrito.

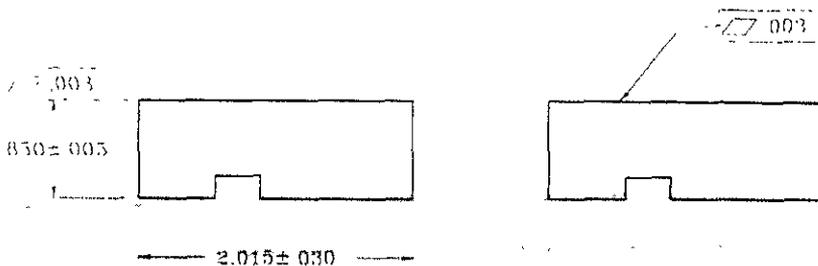


**PARALELISMO (PARALLELISM):**

Es la condición de una superficie equidistante a todos los puntos de un plano de referencia o un eje equidistante a lo largo de su longitud, a un plano de referencia o eje descrito.

**PLANICIDAD (FLATNESS):**

Es la condición de una superficie conteniendo todos los elementos en un plano.

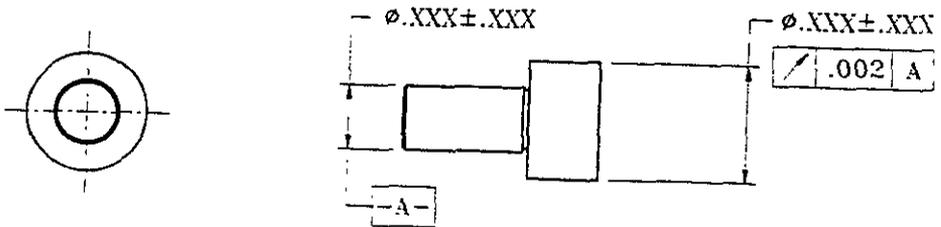


**RUN OUT:**

Es la desviación de la forma deseada de una parte superficie durante una rotación en un eje de referencia.

Es un control usado para la relación funcional de una o mas características a un eje de referencia.

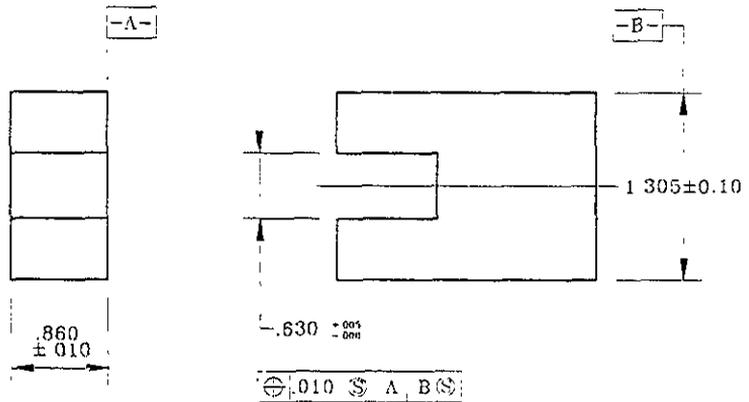
La tolerancia de Run-out es usada para control de características superficiales construidas rodeando un eje de referencia o estos construidos en ángulo recto del eje de referencia. La tolerancia de Run-out siempre requiere de una consideración rotacional.



### SIMETRÍA (SYMMETRY / POSITION):

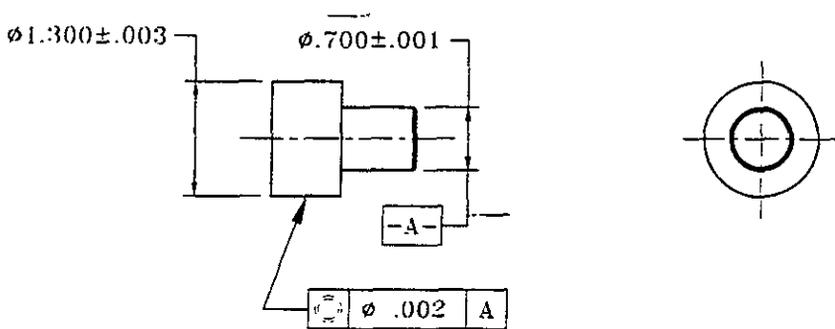
Es una condición en que una descripción es simétricamente dispuesta acerca del centro o plano medio de un dato descrito.

Tolerancia simetría (posición) es la distancia entre dos planos paralelos igualmente dispuestos acerca del centro o plano medio de un dato característico.

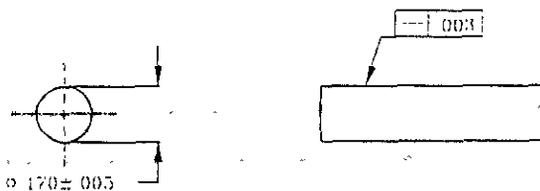


**CONCENTRICIDAD (CONCENTRICITY):**

Es la condición donde los ejes de todos los elementos de cruce seccional de una superficie descrita de revolución (cilindros, conos, esferas hexágonos, etc.) son comunes a el eje de un dato descrito.

**RECTITUD (STRAIGHTNESS):**

Es la condición donde un elemento de una superficie o un eje es una línea recta.



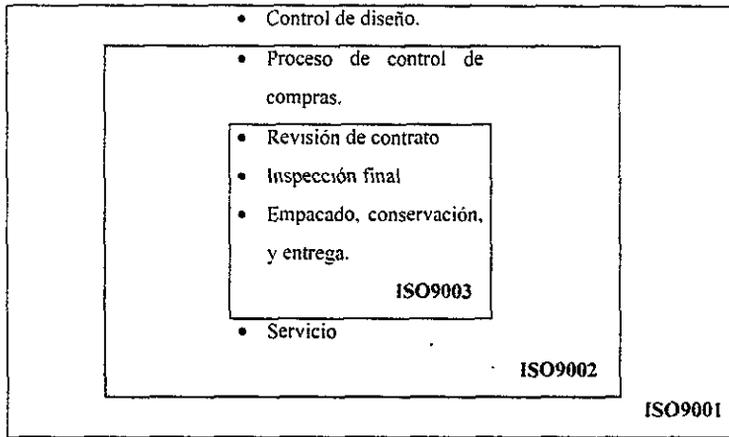
### 3.5.- ISO 9000

ISO 9000 son una serie de normas reconocidas mundialmente que describen los requisitos necesarios de un sistema de calidad. Donde un sistema de calidad es la estructura organizacional, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para implementar una administración de calidad.

Para establecer y certificar los estándares de la calidad se fundó en marzo de 1987 la Organización Internacional de Estandarización que se encarga del manejo y aseguramiento de la calidad. La ISO 9000 es el registro internacional de calidad con mayor validez que a la industria puede ofrecer a sus clientes quienes demandan en la actualidad éste tipo de garantías. Basada en el estándar Británico BS-5750 y en el ANSI/ASQZ1-15-1979 y fue revisado en julio de 1995. Las series ISO 9000 comprenden tres estándares superiores: el ISO 9001, 9002, y el 9003, cada uno de los cuales certifican diferentes rangos áreas de producción , como se muestra en la figura 3.3.

Las normas ISO 9000 se está convirtiendo en uno de los requisitos para toda la industria de aquellos quienes sus clientes demandan un aseguramiento de calidad mayor de sus productos (Mitutoyo, 1996).

Figura 3.3 “Niveles despecíficos de la ISO”



Los productores de equipo de medición deben de mantener elevados estándares de calidad y seguir los alineamientos de instituciones como la National Research Laboratory of Metrology (NRLM).

La implementación del ISO 9000 requiere de documentación de los procedimientos concernientes a las distintas operaciones, especificando las distintas responsabilidades, siguiendo los procedimientos documentados y un informe de los resultados y las acciones realizadas.

Este sistema debe ser aplicado a cada nivel o proceso de operación en las compañía. El sistema ISO 9000 también se aplica al control de la inspección, equipo de medición y de pruebas los cuales son esenciales para el control de calidad.

El sistema ISO 9000 podría ser básicamente un sistema requerido, donde se programe é implemente periódicamente, por ejemplo, la calibración de

mediciones y equipo de inspección, controlando los resultados de la inspección y estableciendo la dirección de los equipos de medida.

Las características del equipo de medición nacional e internacional son una clave que concierne al control de la inspección, midiendo y probando el equipo de acuerdo a la ISO 9000. Para que el equipo de medición sea viable para los estándares nacionales: ellos deben calibrar y/o verificar su equipo con instrumentos que posean un grado elevado de precisión (Orbeg, 1996).

Las organizaciones industriales, en los últimos años, están siendo inspeccionadas para llevar a cabo una certificación de ISO 9000, ante ésta situación todas las compañías que se someten y desean obtener su certificado de calidad ISO 9000 deben cumplir con todos los requerimientos y condiciones de calidad establecidos internacionalmente.

Ganar y mantener la certificación de ISO 9000 requiere una inversión considerable de tiempo y dinero, pero al mismo tiempo provee a la compañía de mayor efectividad, e incremento en la calidad de los productos que fabrican.

Las compañías que obtienen su certificado de ISO 9000 deben presentar un elevado nivel de organización, deben ser una compañías activas en donde los cambios a los procedimientos, al personal y al organigrama general de la empresa no represente ningún problema.

Los estándares de la ISO 9000, junto con Mil Q9858A, NATO AQAPS y ANSI Z1.15 forman la base para la serie la Asociación Americana

ANSI/ASQC Q90-1987 el cual es el simiil a los estándares de la ISO 9000. Cualquier empresa puede basarse en los estándares Q90, sin embargo la certificación se realiza por medio de una auditoría basada en los estándares de la ISO 9000.

## CAPITULO 4

### DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CALIBRADORES

#### 4.1.- IDENTIFICACION DE NECESIDADES

La compañía Volkswagen México produce aproximadamente 350 piezas de cada tambor o disco de freno por turno de ocho horas, en centros de maquinado OKUMA, por lo que el departamento de calidad e inspección requiere de un sistema de medición para la verificación de las características geométricas de las siguientes piezas:

- Tambor freno No. de parte 1J0 609 617 B.
- Disco freno No. de parte 1J0 615 601 B.

En las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 se especifican las características dimensionales que se desean controlar en cada sistema de medición que se diseñará y fabricará.

**Tabla 4.1**

**“Características dimensionales a verificar en el Tambor de freno TA5”**

PARTIDA	Descripción de la medida	Valor nominal y/o tolerancia
1	Diámetro	230.00 -0.0 / +0.185
2	Diámetro	65.00 -0.0 / +0.046
3	Distancia	5.40 -0.400

Tabla 4.2

“Características dimensionales a verificar en el Disco de freno DB2”

PARTIDA	Descripción de la medida	Valor nominal y/o tolerancia
1	Diámetro	65.0 +0.046 / -0.000
2	Distancia	5.4 +0.000 / -0.400
3	Distancia	9.0 +0.000 / -0.200

Tabla 4.3

“Características dimensionales a verificar en el Disco y Tambor de freno PBDT”

PARTIDA	Descripción de la medida	Valor nominal y/o tolerancia
1	Posición angular de los barrenos de dia. 15.6 mm.	0.300
2	Posición radial de los barrenos de dia. 15.6 mm.	0.300

#### 4.2.- DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICION

Se planea el proyecto de un conjunto de Bancos de medición intermedios para el Disco y Tambor de freno de la compañía Volkswagen de México.

Entre el diseño y la ejecución de un trabajo determinado se encuentran todas las oportunidades para que se manifiesten diferencias de opinión en lo que respecta a las variaciones admisibles, tales como la forma de medir, ubicación, cantidad y tipo de palpadores, factibilidad, requerimientos, funcionalidad, etc. (Alford, 1981).

El diseñador se inclinará, a especificar los límites más afinados posibles. El productor, sabiendo que la precisión en las circunstancias ordinarias es costosa, se inclinará a pedir límites inferiores siempre que esto sea posible.

Es evidente que la necesidad de una transacción bajo una guía. Un estándar ideal prescribiría que no hubiera variaciones o diferencias de ninguna clase, pero cuanto más nos acerquemos a ésta exactitud absoluta teórica, mayores serán las dificultades con las que se tropezará en la fabricación y más elevado será el costo.

Empezando con un diseño ideal, el primer paso a dar hacia la realización en el caso usual consiste en determinar los límites practicables de variación o diferencias, con las siguientes variantes:

- \*Los fines que se consiguen con una elevada exactitud,
- \* Su costo.
- \*El método de fabricación que se empleará para llevar a cabo el diseño.

El departamento de producción se encargará de llevar a cabo los diseños previos de los bancos de medición: una vez elaborados se les proporcionarán dichos dibujos al departamento de planeación de manufactura quienes darán el Vo.Bo.: posteriormente y sólo con la aceptación de los diseños, se comenzará a fabricar los bancos.

Para el desarrollo de los sistemas de medición se proyecta un programa de producción el cual incluye los siguientes puntos (Marposs, 1995):

1. Pre-diseño
2. Despiece del diseño
3. Diseño de aprobación
4. Producción de piezas master
5. Fabricación mecánica
6. Entrega de proveedor comercial
7. Entrega del material de Italia
8. Sub-ensamble mecánico
9. Sub-ensamble eléctrico
10. Instalación eléctrica por el cliente
11. Piezas proporcionadas por el cliente
12. Ensamble final
13. Entrega de equipo especial de Italia
14. Pruebas funcional
15. Pruebas de repetibilidad y reproducibilidad
16. Entrega al cliente e instalación del equipo
17. Capacitación en la planta del cliente

Todos los puntos anteriores son organizados en un "Plan de trabajo"; en donde se indica las fechas precisas en las que se llevarán a cabo las actividades que se indican.

### 4.3.- MATERIALES Y METODOS

Previo al diseño y la fabricación de un calibrador manual, sea estándar o especial, se tendrán que investigar y aclarar los siguientes puntos (Marposs,1995):

1) Condiciones geométricas de la pieza: diámetro, tolerancia del diámetro, profundidad de medición, rugosidad de la zona de medición: distancias. tolerancias de las distancias; planicidades, etc.

2) Palpadores que se utilizarán. Existen palpadores de carburo y de diamante. Este último tipo de palpador es seleccionado en los siguientes casos:

- Para materiales más suaves como acero de fundición. aluminio, bronce. etc.
- Para controles dinámicos con rotación manual o automática de la pieza.
- Cuando se prevé algún desgaste en la pieza o en los palpadores a causa de un uso excesivo.

Los palpadores de carburo son empleados en los casos que la pieza a controlar sea de acero ó hierro (metales duros).

3) Palpadores de radio especial: Este tipo de palpador se selecciona en el caso de medición de piezas torneadas, o todo tipo de acabado más burdo del rectificado.

4) Brazos especiales: confirmar la ubicación de los palpadores. si la configuración geométrica lo requiere se diseñarán brazos para controlar en los puntos de contacto requeridos.

5) "V" de carburo: Este tipo de "V" con insertos de carburo se selecciona cuando se necesita girar las piezas para ejecutar mediciones de tipo dinámico y para evitar el desgaste de las referencias mecánicas en donde se apoya la pieza.

Los estándares para la inspección de las materias primas son de gran importancia. La elección del material depende por un lado del uso que se hará de él y en parte de la naturaleza del proceso porque tendrá que pasar. Varias sociedades y organismos públicos han editado especificaciones estándares. Se dan en ellas las variaciones admisibles en los constituyentes químicos del material y las condiciones límites para determinadas características físicas relevantes.

Referente a los materiales para la construcción de los calibradores, con base en la tabla de Aceros Fortuna, S.A. de C.V. (empresa subsidiaria de Carpenter Technology Corporation) se determinará el empleo de los siguientes materiales:

- Acero "cold rolled" de usos generales para mecanismos, clasificación AISI 1018 para la fabricación de la mesa o soportería en general.
- Carburo para aquellas partes de los bancos de medición cuya función es hacer contacto con la pieza a medir. Por ejemplo los palpadores de las células de medición.
- Diamante, para los palpadores que se empleen en aplicaciones dinámicas.
- Nylamil para aquellas partes del banco que servirán como apoyo al montar las piezas: donde se trata de evitar que se produzcan rayaduras o marcas a la pieza que se controla.
- Lámina para las tolvas que protegen la parte interior al banco de medición

## TRATAMIENTOS TERMICOS

El objetivo que persiguen los Tratamientos Térmicos, es modificar la estructura de los materiales metálicos mediante el calentamiento y lograr con ello que los materiales presenten otras propiedades.

Existe la necesidad de tratamientos térmicos, debido a la naturaleza de la función que va a tener el equipo; es decir, se requiere que nuestros elementos que constituyan al sistema de medición mantengan ciertas características de comportamiento, dureza, templabilidad e incluso apariencia.

A las piezas de soporte y cuerpo que constituirán los distintos bancos de medición se les aplicará un acabado superficial denominado Pavonado.

El revenido y el cementado se aplicará en aquellos componentes de los bancos que tendrán contacto continuo con las piezas a medir.

Las características generales de algunos de los procesos térmicos que se emplearán son los siguientes:

**El cementado:** Es un tratamiento térmico el cual es utilizado para materiales con bajo contenido de carbón. principalmente consiste en calentar la pieza a 920°C. la cual debe de estar en una área de carbón o gas carbónico (gás rx). dicho carbón se adhiere a la superficie en capas que van de 5 hasta 40 milésimas; y cuando la pieza ya esta con temperatura y capa requerida para el temple entonces se sumerge en aceite de preferencia ya templada y fría. se

checa dureza y se procede al revenido, el cuál nos sirve para llevar a las piezas hasta la dureza requerida de 58 a 62 RC a una temperatura de 400°C normalmente.

Una de las características principales del cementado es que las piezas adquieren una dureza en la superficie de 58 a 72 RC y el núcleo es mas suave, es decir, con una dureza de entre 40 a 45 RC, esto hace que tengan flexibilidad y dureza a la vez, este tipo de tratamiento térmico es usado ampliamente también en piezas de maquinaria y engranes.

**El revenido:** El templado produce martensita muy dura y frágil, con elevados esfuerzos residuales; por lo que el revenido reduce estos esfuerzos y mejora la ductilidad, aunque con cierta perdida de resistencia o dureza.

**El pavonado:** Se considera a la oxidación de color negro en materiales ferrosos con base en sales diluidas en agua (comúnmente se utiliza sosa industrial) a una temperatura de 100 °C , la cual se aplica en las superficies de las piezas a pavonar durante un lapso de una hora aproximadamente. Dependiendo del volumen y espesor de las piezas, el acabado superficial de éste tipo nos permite proteger contra ralladuras y en especial proporciona una apariencia más agradable.

#### 4.4.- COMPONENTES DEL EQUIPO DE MEDICION

Cada uno de los tres bancos que se mencionan en el apartado 4.1 son básicamente similares y constan de una parte mecánica y una electrónica, que se describen a continuación:

##### PARTE MECANICA.

Equipo de medición de carga y descarga manual, con medición estática, compuesto de las siguientes partes:

- Una base modular de soporte para la pieza y para las células de medición. (No se incluye base a tierra).
- Células tipo lápiz con transductores tipo LVDT, con palpadores de carburo.
- Referencias mecánicas para utilizarse como guía de la pieza a medir
- Tolvas de lamina para proteger los componentes electrónicos.
- Protecciones para aquellas células de medición que puedan recibir algún impacto.

##### PARTE ELECTRONICA.

Para la visualización de las medidas se emplearán amplificadores programables a microprocesador tipo columna modelo "E4N" de la marca Marposs.

##### Características de las columnas electrónicas tipo "E4N":

- Escala analógica en base a leds de tres colores (rojo, amarillo, verde), que cambia de color de acuerdo a la condición (estatus) de la pieza.

- Display digital que despliega el valor absoluto ó relativo de la medida.
- Escala en milímetros ó pulgadas.
- Salida RS-232 para conectarse a una computadora PC que, entre otras funciones, podría coleccionar la información para llevar a cabo el control estadístico del proceso (C.E.P.)
- Salida analógica para comunicación con sistemas comerciales de recolección de datos.
- Programación de medidas estáticas ó dinámicas.
- Calibración automática y programación de la desviación del master.
- Programación muy sencilla en base a menú.
- Programación a través de una computadora PC.
- Software de internase para llevar a cabo el control estadístico del proceso en una computadora P.C. comercial .

#### Descripción general del ciclo de medición.

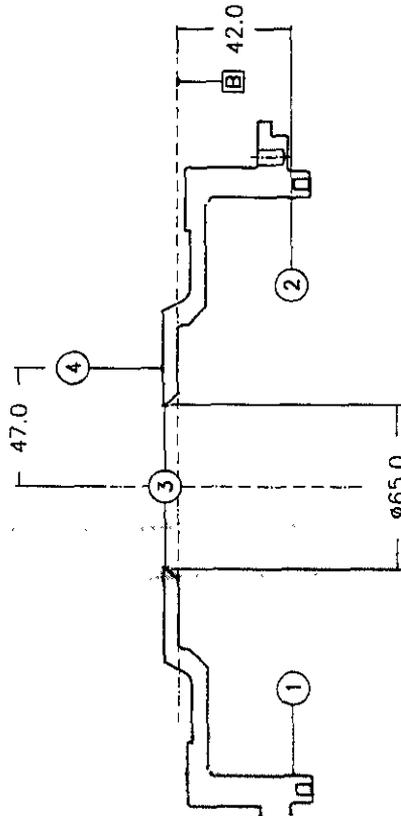
1. El operador cargará en forma manual la pieza directamente sobre la base de apoyo.
2. El operador verificará el adecuado posicionamiento de la pieza.
3. El operador visualizará en los amplificadores electrónicos el resultado de la medida.
4. El operador descargará en forma manual la pieza.

#### 4.5.- DIBUJOS DE LOS BANCOS DE MEDICION

En la tabla se muestran las páginas en que se encuentran los dibujos de cada uno de los bancos que se indican en la primera sección del presente capítulo.

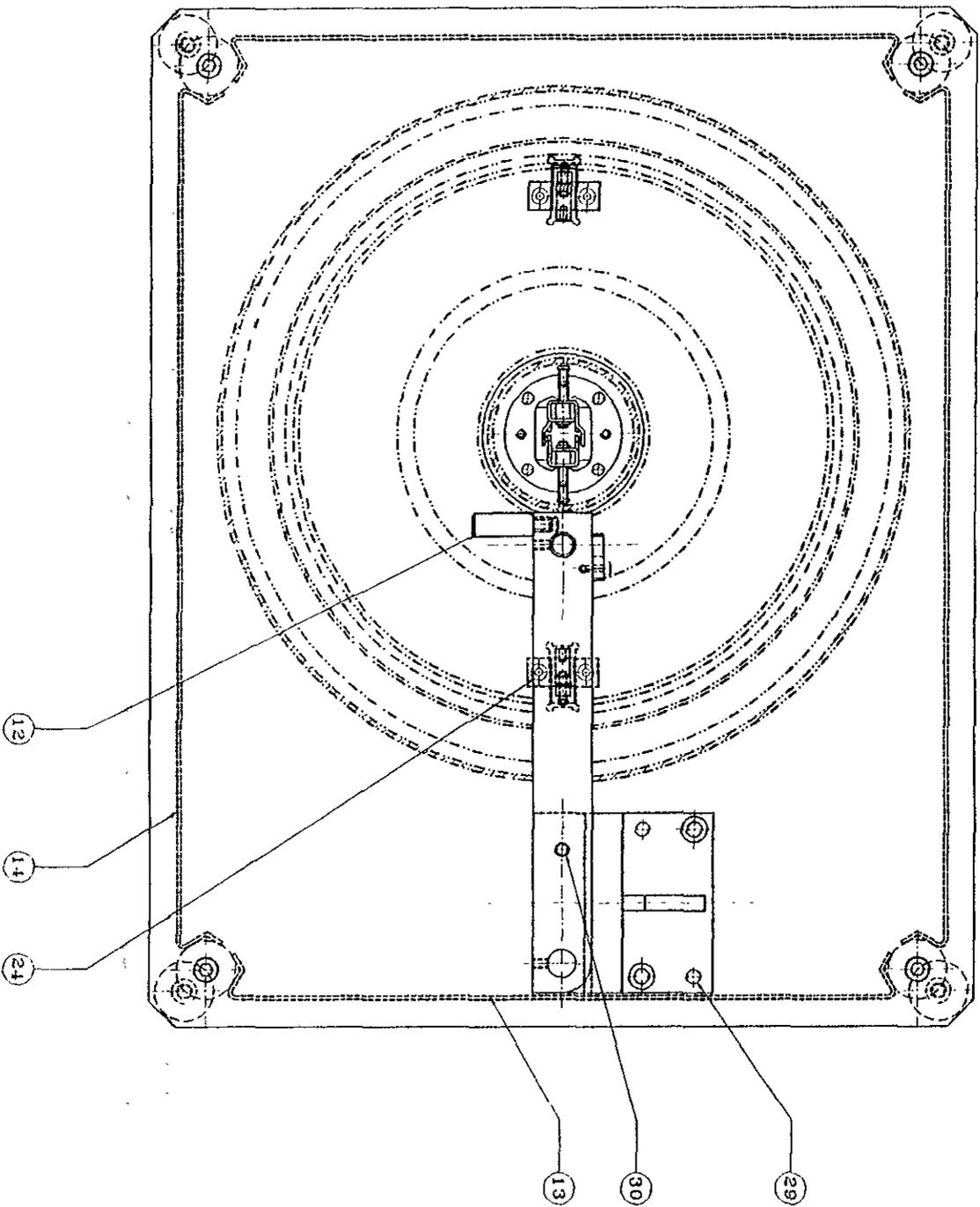
**Tabla 4.4 “Distribución de dibujos de los bancos de medición”**

NUM. DE PÁGINA	DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO	NUMERO DE HOJA DE PLANO
84	Esquema punto de medición banco de Tambor “TA5”	
85	Banco medición “TA5”	Hoja no.1
86	Banco medición “TA5”	Hoja no.2
94	Figura del banco de medición “TA5”	
87	Esquema punto de medición banco de Disco “DB2”	
88	Banco medición “DB2”	Hoja no.1
89	Banco medición “DB2”	Hoja no.2
90	Banco medición “DB2”	Hoja no.3
95	Figura del banco de medición “DB2”	
91	Esquema punto de medición Posición de Barrenos de Disco y Tambor “PBDT”	
92	Banco medición Posición de Barrenos Disco y Tambor “PBDT”	Hoja no.1
93	Banco medición Posición de Barrenos Disco y Tambor “PBDT”	Hoja no.2
96	Figura del banco de medición “PBDT”	



MEDIDA	DESCRIPCION	TOLERANCIA	CONTACTOS
1	∅ 230.0	+0.185 -0.0	1,2
2	∅ 65.0	+0.046 -0.0	3
3	1-1 5.40	-0.400	4,B

ESQUEMAS PUNTOS DE MEDICION  
BANCO DE TAMBOR A5



30	1	PLUMBER	CL-50-BP-2
29	2	SENO	
28	1	OPRETOR ALER	
27	1	OPRETOR ALER	
26	14	OPRETOR ALER	
25	3	OPRETOR ALER	
24	4	OPRETOR ALER	
23	2	OPRETOR ALER	
22	6	OPRETOR ALER	
21	6	OPRETOR ALER	
20	2	CONTACTOS A17	COD. 3392401705
19	2	CONTACTOS U1	COD. 1408612030
18	1	EPICA M1	COD. 3708612010
17	6	CELDA A17	COD. 3408617500
16	5	CELDA A110	COD. 3424308000
15	1	PROTECTOR DE	4764222344
14	2	CONEXION FRONTAL	
13	2	COBERTAS LATERALES	812.7x38.1
12	1	SENO DE ASIST.	912.7x47.75
11	1	SENO DE ASIST.	19.05x25.4x203.2
10	1	ROTA GELULA	
9	1	ROTA GELULA	
8	2	ROTA GELULA	
7	2	ROTA GELULA	812.7x12.7
6	2	SENO DE ASIST.	6.35x28.59x34.93
5	4	INDICIS	19.05 x 825.4
4	1	SALA ESPECIAL	69.95 x 8155.6
3	1	PLACA SUPERIOR	19.05x356.4x31.8
2	4	PROTIS	925.4x120.7
1	1	PLACA INTERIOR	19.05x356.4x31.8

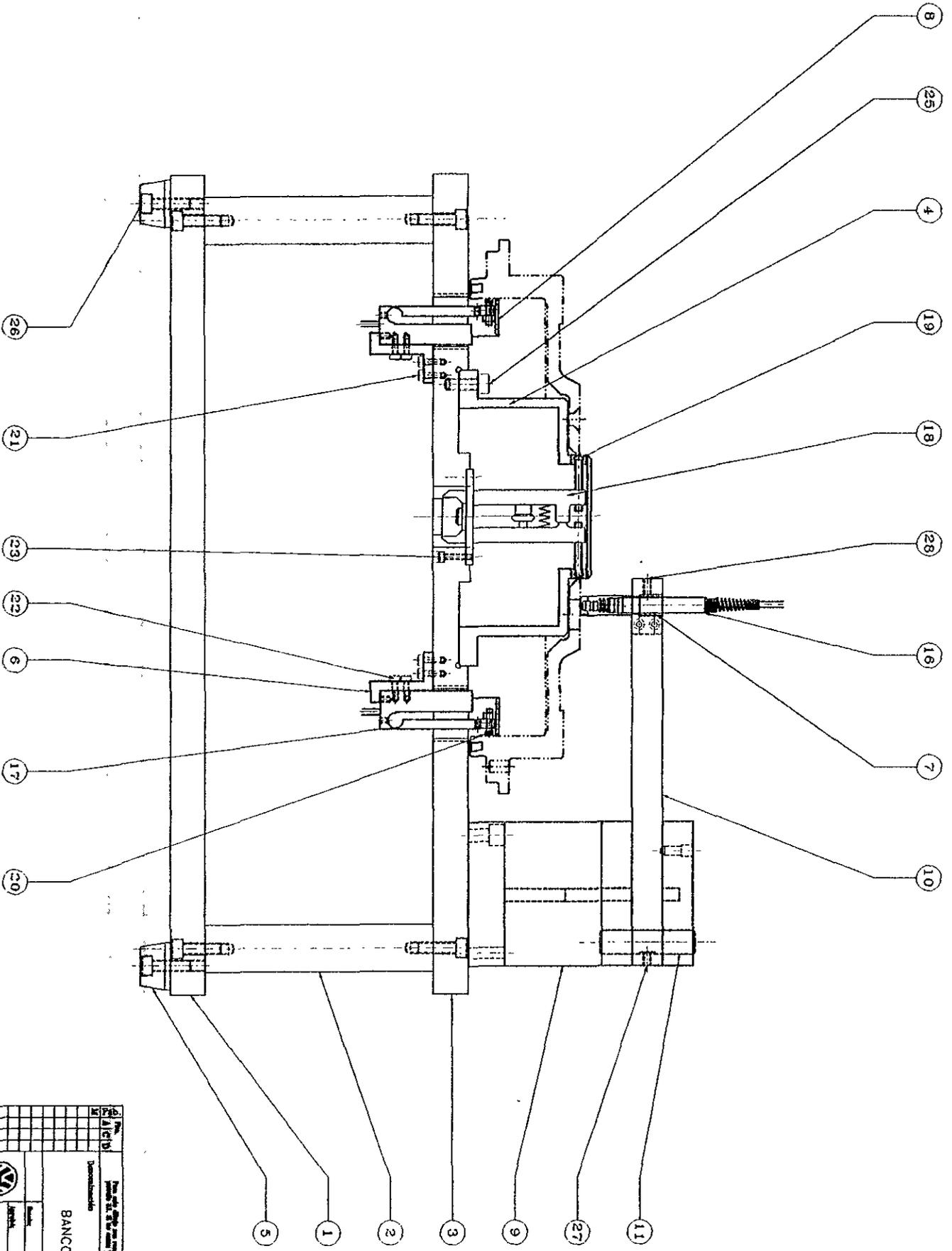
Complemento del dibujo  
 Material a fabricarse  
 Cantidad  
 Dimensiones en milímetros

**BANCO MEDICION A5**

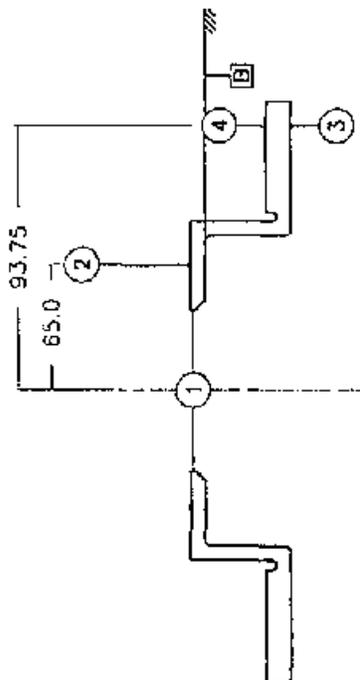
Material de  
 fabricacion  
 Cantidad  
 Dimensiones

66-370-36615

M3397071B00



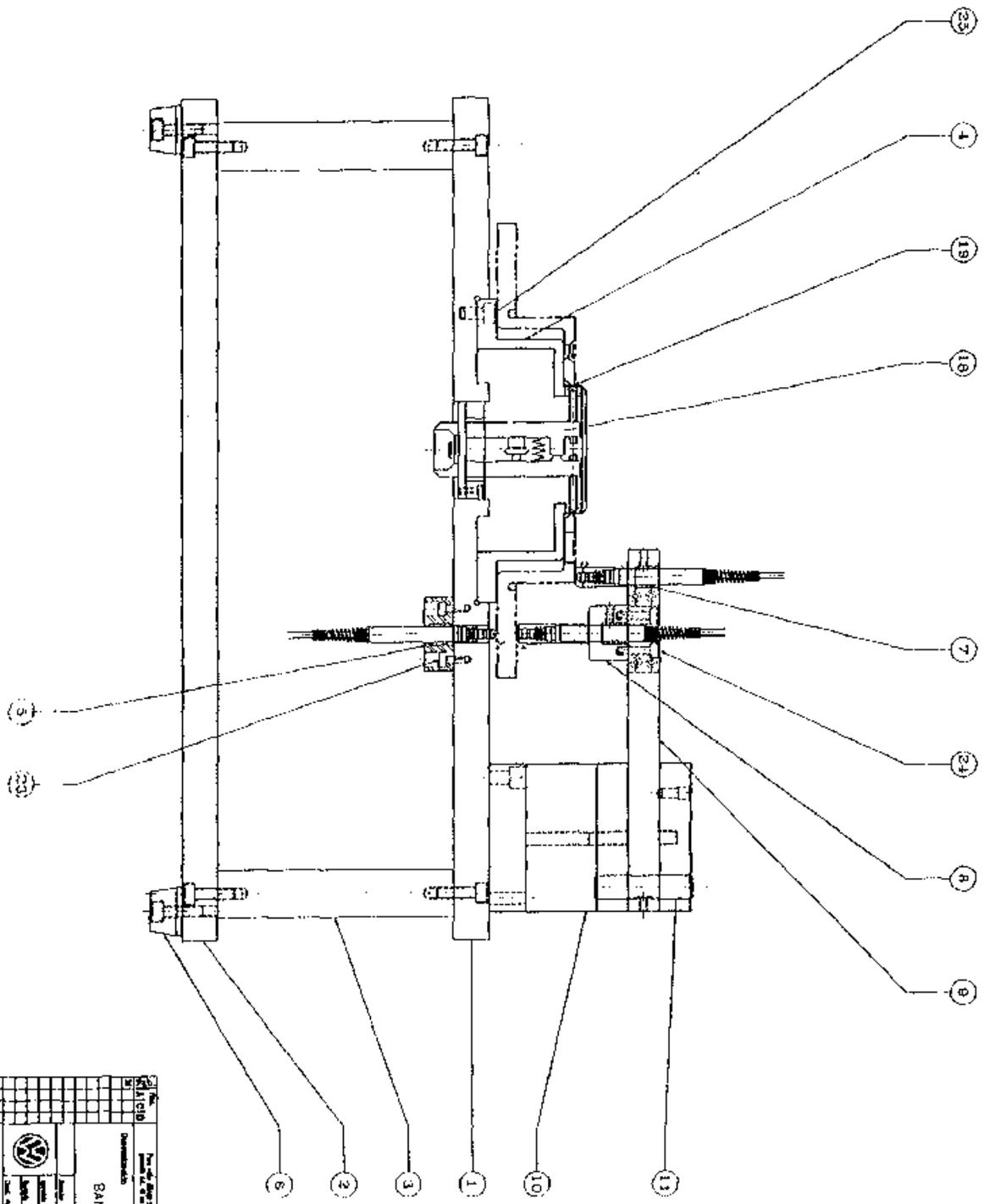
9. A (1) D Transmisión		Banco Medicion AS	
Modelo 36	Versión 1.1	Proyecto C.F.	Fecha 4-AGO-97
Cantidad 9	Unidad 3	Proyecto C.F.	Fecha 2
56-370-36615			



MEDIDA	DESCRIPCION	TOLERANCIA	CONTACTOS
1	∅ 65.00	+0.046 -0.0	1
2	/—/ 5.4	+0.0 -0.40	2,B
3	/—/ 9.0	+0.0 -0.20	3,4

ESQUEMAS PUNTOS DE MEDICION  
BANCO DE DISCO B2



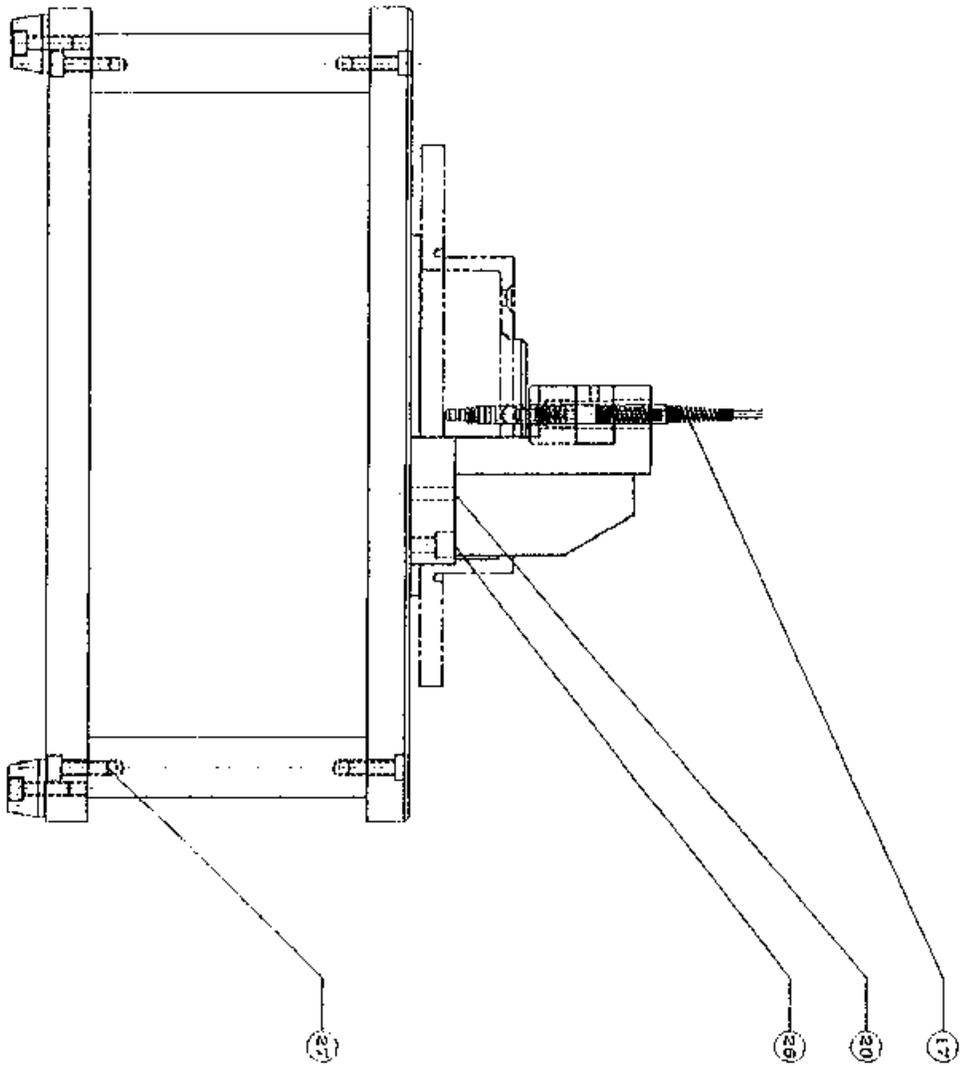


Part No.		Description	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25

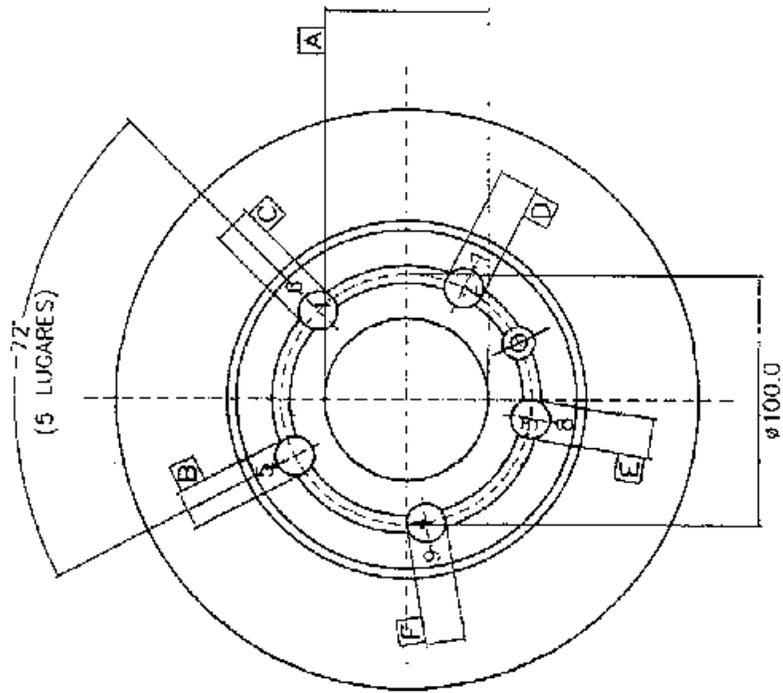
BANCO MEDICION 82



66-370-06517

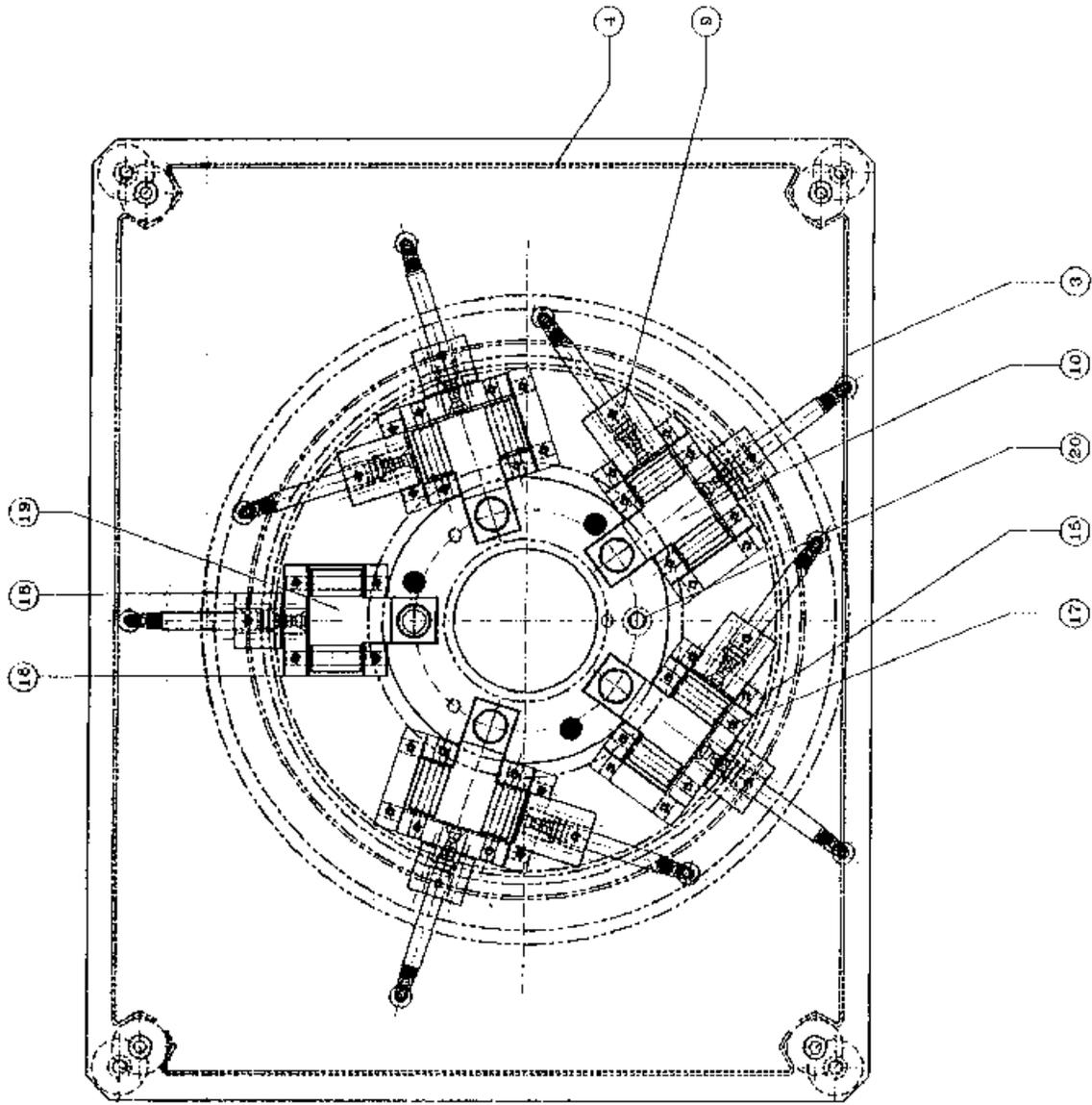


BANCO MEDICION 92	
1.1	10
1.2	3
65-177-365	



MEDIDA	DESCRIPCION	TOLERANCIA	CONTACTOS
1	72°	0.300	1,B
2	72°	0.300	1,2
3	72°	0.300	2,3
4	72°	0.300	3,4
5	50	0.300	5,A
6	50	0.300	6,A
7	50	0.300	7,A
8	50	0.300	8,A
9	50	0.300	9,A

ESQUEMAS PUNTOS DE MEDICION  
POSICION DE BARRENOS DISCO Y TAMBOR



28	16	INSTRUMENTO N.º 1	
27	24	INSTRUMENTO N.º 2	
26	3	INSTRUMENTO N.º 3	
25	14	INSTRUMENTO N.º 4	
24	15	INSTRUMENTO N.º 5	
23	15	INSTRUMENTO N.º 6	
22	15	INSTRUMENTO N.º 7	
21	3	INSTRUMENTO N.º 8	
20	1	INSTRUMENTO N.º 9	
19	1	INSTRUMENTO N.º 10	
18	1	INSTRUMENTO N.º 11	
17	1	INSTRUMENTO N.º 12	
16	1	INSTRUMENTO N.º 13	
15	4	INSTRUMENTO N.º 14	
14	4	INSTRUMENTO N.º 15	
13	1	INSTRUMENTO N.º 16	
12	1	INSTRUMENTO N.º 17	
11	5	INSTRUMENTO N.º 18	
10	4	INSTRUMENTO N.º 19	
9	3	INSTRUMENTO N.º 20	
8	4	INSTRUMENTO N.º 21	
7	4	INSTRUMENTO N.º 22	
6	4	INSTRUMENTO N.º 23	
5	1	INSTRUMENTO N.º 24	
4	2	INSTRUMENTO N.º 25	
3	2	INSTRUMENTO N.º 26	
2	1	INSTRUMENTO N.º 27	
1	1	INSTRUMENTO N.º 28	

Completamiento del Grupo

1. A C I O

2. B A N C O M E D I C I O N P O S I C I O N D E B A R R E N O S D I S C O Y T A M B O R

3. N.º DE INVENTARIO: M3307071000

4. N.º DE CONTROL: 66-37C-36619

5. N.º DE CONTROL: 1741

6. N.º DE CONTROL: 19.05 y 825.4

7. N.º DE CONTROL: 928.41150.85

8. N.º DE CONTROL: 8130.21-42.3

9. N.º DE CONTROL: 9.05-1339.6-431.8

10. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

11. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

12. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

13. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

14. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

15. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

16. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

17. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

18. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

19. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

20. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

21. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

22. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

23. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

24. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

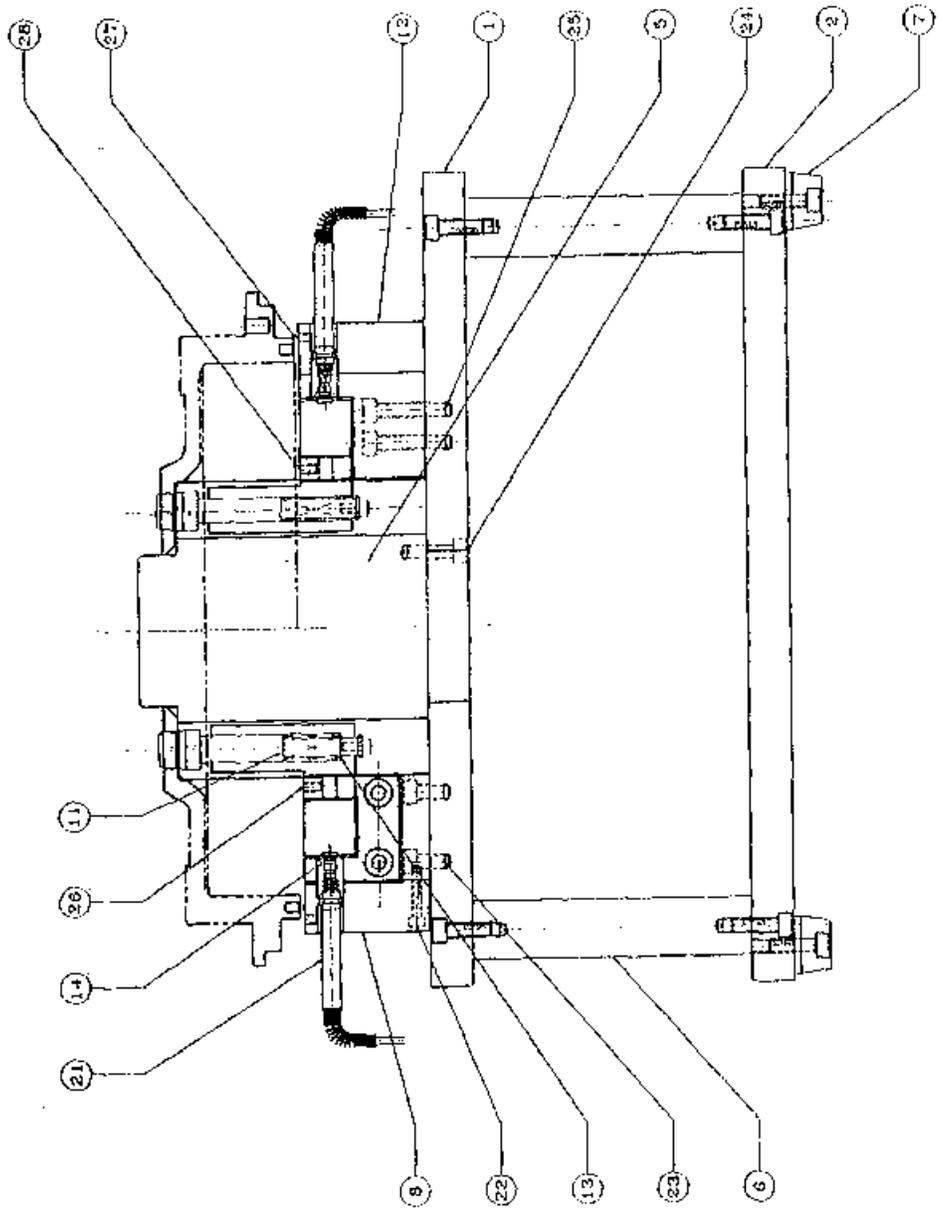
25. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

26. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

27. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

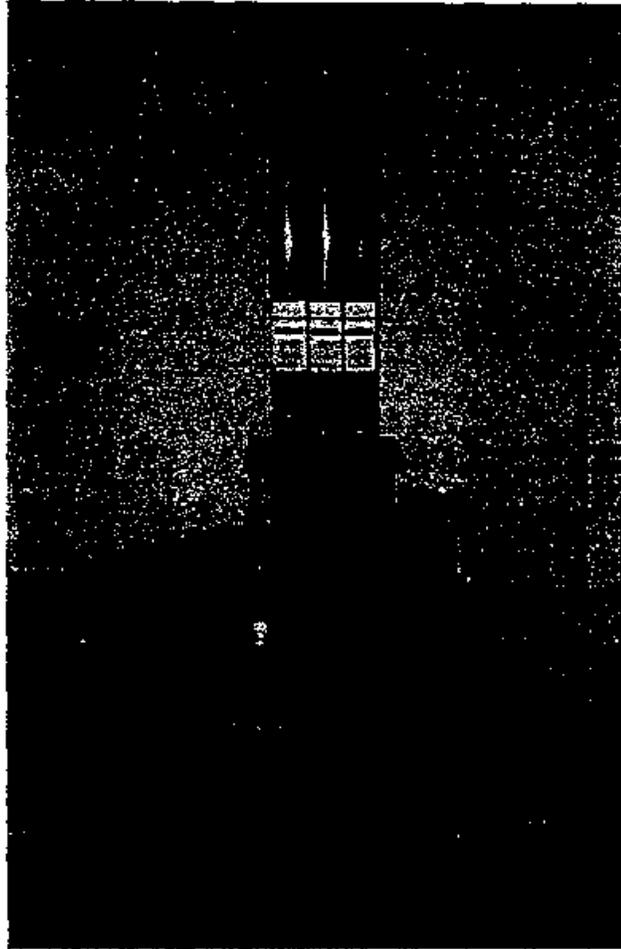
28. N.º DE CONTROL: 19.05-1335.6-431.8

Compañía de Chile		BANCO MEDICION POSICION DE BARRENOS DISCO Y TAMBOR	
FABRICA		M329737-000	
Código de identificación		66-370-36619	
Fecha de entrega		01/01/73	
Fecha de recepción		01/01/73	
Cantidad		1	
Unidad		C.P.	
Observaciones			



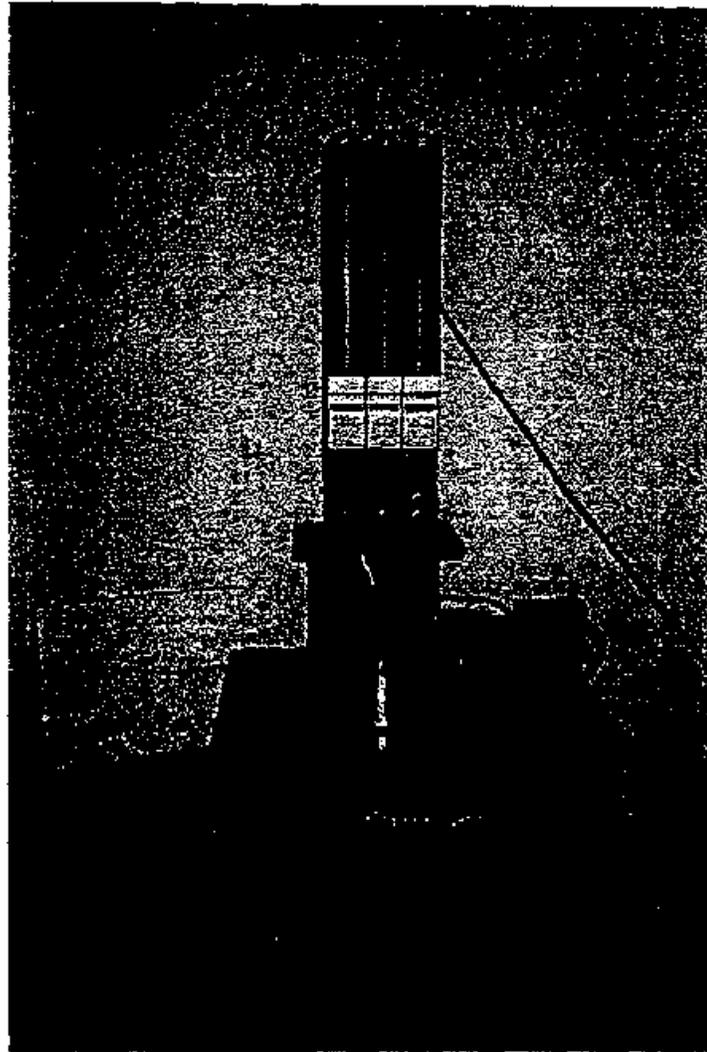
A continuación se muestran las figuras de los bancos TA5, DB2 Y PBDT.

**Figura 4.5 "Banco TA5"**



Vista general del banco TA5 para el control del tambor de freno, con sus componentes electrónicos (amplificadores tipo columna modelo "E4N").

Figura 4.6 "Banco DB2"



Vista general del banco DB2 para el control del disco de freno, con sus componentes electrónicos (amplificadores tipo columna modelo "E4N").

**Figura 4.7 "Banco PBDT"**



Vista general del banco PBDT para el control del tambor y disco de freno, con sus componentes electrónicos (amplificadores tipo columna modelo "E4N").

#### **4.6. -PROCEDIMIENTO DE EMPLEO DE UN BANCO DE MEDICION**

Cada uno de los calibradores citados en el apartado 4.1. cuenta con un instructivo o manual de uso; donde se especifican las características de cada uno de los bancos; a continuación se presenta el instructivo correspondiente al banco denominado como TAs, el cual controla al tambor de freno trasero.

### *INFORMACION GENERAL*

*Instructivo referente al uso del Calibrador (Banco) Intermedio 66-37C-36 615 adquirido por Volkswagen México, designado como TA5*

*Este calibrador, de carga y descarga manual, compara las medidas entre las piezas de producción y una pieza master (o pieza patrón de calibración), y muestra estas desviaciones en amplificadores electrónicos modelo E4N. Las medidas son detectadas por transductores electrónicos tipo L.V.D.T., que hacen contacto con la pieza directamente ó con extensiones.*

*Las células con transductores L.V.D.T. convierten el movimiento mecánico producido por el contacto con la pieza, a una señal eléctrica proporcional al desplazamiento. La señal se envía al amplificador electrónico E4N por medio de cables que están acoplados al sistema de medición.*

*Las columnas "E4N" tienen la capacidad para visualizar en la escala led de tres colores, la condición (estatus) de la pieza. Es decir los (3) tres colores en los leds (rojo, amarillo y verde) de las columnas electrónicas "E4N", permiten visualizar fácilmente al operario el estatus de la pieza:*

*Rojo : pieza fuera de tolerancia*

*Amarillo : pieza muy cerca de los límites de tolerancia*

*Verde : pieza dentro de tolerancia.*

### *DESCRIPCION DEL CALIBRADOR*

*En el apartado anterior del presente capítulo se muestran dibujos del banco TA5 donde se pueden observar sus componentes que integran el banco de medición.*

*DATOS DE IDENTIFICACION*

*Construcción:* Marposs S.A. de C.V.  
*Dirección:* Boulevard de los Continentes número 3. Tlalnepantla  
 Estado de México.  
*Tipo de equipo:* Calibrador Especial con amplificadores electrónicos  
 E4N.  
*Función:* Control del Tambor de freno trasero,  
 No. de parte 1J0 609 617B.  
*Año de construcción:* 1997  
*Código del calibrador:*

<i>DESIGNACION</i>	<i>CODIGO MARPOSS</i>	<i>CODIGO V.W.</i>	<i>ELECTRÓNICA EMPLEADA</i>
<i>TA5</i>	<i>M3397071B00</i>	<i>66-37C-36 615</i>	<i>E4N</i>

*DATOS TECNICOS*

*Tipo de medida:* Estática  
*No. de Medidas:* Tres (3)  
*No. de Transductores:* Cuatro (4).  
*Tipo de transductores:* L.V.D.T.  
*Temperatura de trabajo:* 15° a 40° C

*UBICACION DEL CALIBRADOR*

*1.- Asegurar que la superficie de trabajo ó soporte, en donde el calibrador será instalado cumpla con los siguientes requerimientos:*

- \* Deber ser estable y horizontal.*
- \* Debe estar aislada de cualquier tipo de vibración.*
- \* Debe contar con iluminación suficiente y adecuada.*
- \* Velocidad permitida de variación de temperatura 1 °C/hr*

## *2.- Conexión de la unidad*

*Los conectores, localizados en la parte frontal de los amplificadores electrónicos "E4N", están marcados con números, que corresponden a los cables de conexión del calibrador.*

*Los amplificadores electrónicos E4N se alimentan con una toma de 110 VAC con una frecuencia entre 50 y 60 Hz.*

## *CALIBRACION DE LAS MEDIDAS*

### *MASTER DE CALIBRACION*

*El master ó pieza patrón es usado para la calibración a cero (aceramiento) del equipo de medición.*

*En referencia a las medidas listadas en la tabla del diagrama de esquema "Punto de medición" (véase página 84), el master es certificado, y presenta la desviación del valor real del master y el teórico de cada medida.*

*El master debe ser certificado en sala metrológica periódicamente, dependiendo de la frecuencia de uso.*

*La medición del master se realiza en sala de metrológica, a una temperatura entre 19.9 y 20.1°C y humedad relativa entre 45 y 55%.*

### *PIEZA CERTIFICADA*

*En caso de no contar con master, deberá usarse una pieza certificada para llevar a cabo la calibración del banco de medición.*

*Para llevar a cabo la calibración a cero del equipo se tienen que seguir los siguientes pasos.*

Primeramente se debe colocar la pieza patrón (Master) de forma adecuada en el banco de medición, tomando las precauciones necesarias para que la pieza se posicione correctamente.

En función de la elección de programación, la calibración puede efectuarse de dos maneras:

- SENCILLO
- RAPIDO

#### SENCILLO:

Accionando el pulsador CAL durante al menos dos segundos, el sistema entra en modo de calibración, en el caso de calibración con una referencia, en el display de siete segmentos aparece la palabra "CAL-" y en la escala se visualiza un límite en correspondencia con el "delta master".

Una vez que el operador ha programado la referencia, la escala visualiza la medida de referencia (respecto a la última calibración efectuada). El error de la medida se obtiene calculando la diferencia entre el valor de la medida y el límite visualizado.

El operador puede:

- a.- pulsar ENTER para efectuar la corrección de la puesta a cero
- b.- pulsar CAL para salir del modo de calibración sin efectuar ninguna operación.

Después de haber pulsado ENTER, la columna realiza la corrección de la puesta a cero y, durante esta operación, visualiza en el display de siete (7) segmentos "----".

Una vez que se ha efectuado la corrección, la medida tendrá que coincidir con el límite visualizado. Entonces, el operador puede salir del modo pulsando CAL o repetir la calibración pulsando ENTER

### RAPIDO

*En práctica, este procedimiento repite todos los pasos vistos en el modo precedente hasta el paso "a.-" correspondiente a la pulsación de la tecla ENTER para efectuar la corrección del puesta a cero.*

*Entonces, con el procedimiento Rápido, si el operador pulsa la tecla ENTER, la columna efectúa la puesta a cero y se coloca automáticamente en MODO MEDIDA.*

*El paso "b.-" es igual al que se ha visto en el modo precedente.*

#### *Notas:*

*Si el aceramiento no se realiza con éxito, debe verificarse primeramente que el master halla sido colocado correctamente, si es necesario debe reposicionar adecuadamente el master y volver a efectuar el proceso de aceramiento antes descrito. Si no se logra el aceramiento, se debe consultar al personal especializado de Marposs.*

### *USO DEL CALIBRADOR DE MEDICION*

*Para una correcta ejecución del ciclo de medición las piezas deben ser medidas a temperatura ambiente, con el respectivo maquinado (según se trate el banco), además de estar limpias (sin rebabas) y secas. En esa condición, para prevenir factores que pudieran alterar la exactitud de la medida.*

*A continuación se describen una serie de pasos para poner en marcha el calibrador:*

*1.- Verificar que se cumpla con lo establecido en la sección "Ubicación del calibrador"*

*Después de posicionado correctamente y conectado el calibrador, a la unidad; es necesario efectuar una verificación al equipo antes del control normal de piezas.*

*2.- Realizar el procedimiento de calibración a cero de la sección "Calibración de las medidas"*

*Después de realizar la calibración a cero (todas las medidas deberán estar en cero) se prosigue con la secuencia de operación.*

*3.- La secuencia de operación específica para el banco "TA5" consiste en:*

#### *CARGA*

*1.- Colocar la bandera en la parte posterior del sistema; permitiendo el acceso de la pieza a controlar.*

*2.- Colocar sobre la ojiva de referencia, con la brida interior hacia abajo al TAMBOR:*

*3.- Accionar manualmente la bandera, moverla hacia el TAMBOR;*

*Nota: una (1) célula móvil se ubica en posición de medida;*

#### *VISUALIZACION DE LAS MEDIDAS*

*4.- Se visualiza en las columnas E4N las medidas a controlar*

#### *DESCARGA*

*5.- Desplazar la bandera hacia atrás;*

*6.- Retirar el TAMBOR del banco.*

#### *Recomendaciones:*

- Cuando las piezas son cargadas manualmente, dichas piezas deben tocarse el menor tiempo posible con las manos, si no es posible, entonces debido al pequeño tamaño de la pieza y si las tolerancias a controlar son muy estrechas se deberán utilizar guantes al sujetar las piezas.*

- *Si el sistema de medición cuenta con una marca de referencia de posicionamiento; es importante mantener constante la forma en que se coloquen las piezas sobre el calibrador.*

## *MANTENIMIENTO*

*Por su característica estructural y el tipo de transductores que utiliza, el calibrador Marposs no requiere de un complejo proceso de mantenimiento.*

*Para una rutina de limpieza, aplicar aire a presión donde se localicen residuos acumulados.*

*Las partes del banco involucradas directamente con la medición deben limpiarse externamente, usando una pequeña brocha y aplicando una pequeña cantidad de aceite.*

*Para el adecuado mantenimiento del master, se deberá aplicar una cubierta de aceite; y sólo limpiarlo el tiempo necesario para la calibración.*

*Si el master no es de acero inoxidable, deben seguirse las siguientes normas de mantenimiento:*

- *Almacenarlo en un lugar seguro, cubierto siempre con una capa de aceite.*
- *Limpiar la capa de aceite para llevar a cabo la calibración.*
- *Terminado el proceso de calibración, limpiarlo, aplicarle una capa de aceite y guardarlo*

## *NOTAS:*

*Nunca desensamblar las células de medición, éstas contienen elementos delicados.*

*Cualquier operación no descrita en el manual deberá realizarse sólo por el personal autorizado Marposs.*

*La garantía del equipo será cancelada en caso de realizar operaciones sólo autorizadas para el personal especializado Marposs.*

Respecto a los manuales de instrucción de los bancos "DB2" y "PBDT" son similares en cada uno de los puntos indicados en los párrafos anteriores, sin embargo, existen variaciones en cuanto a la secuencia de operación.

#### **4.7.- INSTALACION**

Para efectuar la instalación de los bancos de medición se necesita cubrir los siguientes requisitos:

- Las mesas donde se colocarán los bancos o calibradores deben contar con "vibracheck" para evitar la influencia de movimientos y vibraciones no deseados en el desempeño de los bancos de medición.
- La alimentación de corriente requerida es de 110 V.A.C. con dos contactos (tomas de corriente) por cada mesa de trabajo. (2 polos, tres hilos).
- Una toma de aire comprimido en cada una de las mesas de trabajo.
- Sistema de iluminación de luz fría que proporcione 6000 luxes en cada una de las mesas de trabajo. Este nivel de iluminación se obtiene con la combinación del alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez más adecuadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados de largos periodos de tiempo y bajo condiciones de alumbrado reducido. El diseño e instalación de éstos sistemas combinados

no deberán únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino, también dar la dirección apropiada de luz, difusión y además protección al ojo humano. Eliminando el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables (Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, 1980 ).

#### **4.8.- ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE MEDICION , PARA LA INDUSTRIA METAL - MECANICA**

Todo proyecto de fabricación de equipo necesita establecer los parámetros en los que se diseñará y fabricará el equipo de medición: a continuación se citan las "Garantías de Repetibilidad & Reproducibilidad" y las "Notas específicas" que se incluyen en la información presentada por la compañía Marposs México S.A. de C.V.

##### **GARANTIA DE REPETIBILIDAD (G R&R).**

Un lote de diez piezas dentro de tolerancia son seleccionadas y certificadas por el laboratorio de metrología. Estas piezas son verificadas en tres ciclos de medición consecutivos. La operación se repite por tres operadores diferentes.

Al final de este procedimiento, la repetibilidad y reproducibilidad de cada medida, debe ser menor o igual al 10 % de la tolerancia con un mínimo de 0.0015 mm.

Cuando se tomen mediciones en forma dinámica, con rotación manual de la pieza, las pruebas de repetibilidad (G R&R) deberán hacerse estáticamente.

No es posible garantizar la repetibilidad (G R&R) de aquellas medidas que se realicen con la rotación manual de la pieza, ya que la habilidad del operador podría tener influencias en el resultado de las pruebas de repetibilidad (G R&R). El operador deberá estar capacitado para la correcta operación del equipo.

Las pruebas deberán llevarse a cabo bajo el siguiente método de verificación:

- El equipo debe ser encendido por lo menos 15 minutos antes de iniciar la prueba.
- La prueba debe hacerse a temperatura ambiente, la cuál no debe variar mas de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}/\text{hora}$ , por lo menos durante dos horas. De lo contrario deberá hacerse en un cuarto con temperatura controlada.
- El equipo debe ajustarse a cero con el master o con una pieza certificada.

Cualquier método de verificación de la repetibilidad del equipo diferente al aquí mencionado deberá ser previamente acordado entre el cliente y Marposs S.A. de C.V.

En el caso de piezas cuya tolerancia se divida en clases, se garantiza, dentro de los límites de repetibilidad, la indeterminación de una clase.

En el caso de piezas cuya tolerancia se divida en clases, será considerada la tolerancia total y no la correspondiente a una sola clase.

#### NOTAS ESPECIFICAS:

- 1 Documentación bajo normas Marposs, en caso de requerirse otro tipo de documentación, ésta deberá cotizarse por separado.

2. Cada uno de los bancos de medición requieren un master de calibración , para poner a cero el equipo, o bien será necesario usar una pieza certificada para el ajuste y pruebas de los bancos de medición.
3. Para las pruebas de repetibilidad (G R&R) las piezas a medir deberán estar limpias, secas y a temperatura ambiente.
4. El Cliente debe entregar la documentación técnica completa: dibujos de la pieza, acabado superficial, hojas de proceso, peso y material.
5. El Cliente recibirá dibujos del diseño del calibrador para su aprobación.
6. El Cliente deberá entregar diez (10) piezas en tolerancia y con certificado de medida de cada operación que va a ser controlada. (es decir 10 piezas para cada banco, piezas cuyas tolerancias deben corresponder a las que se indican en las hojas de secuencia proporcionadas por el Cliente.) para hacer ajustes y pruebas en nuestras instalaciones de Blvd. de los Continentes No. 3 Colonia Valle Dorado, Tlalnepantla, Estado de México.
7. Marposs se reserva el derecho de hacer modificaciones al equipo durante la etapa de diseño, para garantizar su mejor funcionamiento y calidad metrológica.
8. En caso de no recibir la información y/o piezas requeridas, Marposs deberá revisar y en su caso modificar la cotización y/o tiempo de entrega del equipo.
9. Se requiere que nos proporcionen todas las hojas de proceso para todas las operaciones en la fabricación de las piezas a controlar (Tambor y Disco de freno.)
10. La instalación está prevista para realizarse en días y horas hábiles. En caso de que hubiera un requerimiento especial por parte del Cliente, para realizarla fuera de estos horarios, dicho requerimiento deberá analizarse y

en su caso cotizarse por separado de acuerdo a las tarifas vigentes del Departamento de Servicio de Marposs S.A. de C.V.

11. La tensión de alimentación de los equipos será de 110 VAC. La tensión de operación de los sistemas de control y seguridad será de 24VDC.

Cada uno de los parámetros mencionados en el capítulo 4.8, representan un proceso de ordenamiento y conciliación con los requerimientos necesidades del usuario.

#### **4.9.- PRUEBAS DE CALIDAD METROLOGICA**

Las pruebas de calidad descritas en ésta sección son realizadas separadamente para checar la calidad metrológica del equipo sobre piezas masters y sobre piezas de la producción.

Las pruebas son realizadas a temperatura constante y con el equipo en condiciones estándar:

- El equipo debe encenderse por lo menos 15 minutos antes de la prueba.
- La temperatura del equipo y del ambiente debe ser estable entre +/- 1 °C/hr al menos durante 2 horas.
- El equipo ha sido acerado con una pieza master.

Si el equipo de medida es reherramentable para diferentes tipos de piezas, las siguientes pruebas se repetirán, con todos los tipos de partes que requieran una reherramientación mecánica.

## PRUEBA REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (R & R).

Para realizar la prueba de R & R se necesita contar con lo siguiente:

- Un lote de diez (10) piezas dentro de tolerancia son seleccionadas y certificadas por el laboratorio de metrología.
- Tres (3) operadores calificados.
- La(s) pieza(s) patrón (master) necesaria(s).

Las diez piezas son verificadas en tres ciclos de medición consecutivos. Se hace un total de 30 lecturas por corrida o ciclo de medición; por lo que se tendrá al final 90 lecturas diferentes.

Al final de este procedimiento, la repetibilidad y reproducibilidad en cada medida debe ser menor o igual a los siguientes límites :

Error:	Repetibilidad (r)
Límite absoluto:	1.5 $\mu$ m
Límite en % de la tolerancia:	10%

Donde la REPETIBILIDAD se refiere a que el valor leído en el equipo sea "Igual" y la REPRODUCIBILIDAD refiere a que sin importar el operador, el equipo exponga lecturas "iguales".

Este método de verificación será utilizado solamente en aquellas medidas con comportamiento normal.



c). Implementar una solución; por ejemplo el reemplazo de células, contactos o el simple reajuste mecánico, etc.

Debe quedar claro que este tipo de sistemas de medición son complejos en sus partes capaces de generar un gran número de medidas precisas. Es necesario, sin embargo, tener extremo cuidado y precaución para llevar a cabo un ajuste o reparación de cualquiera de sus componentes.

### PASOS PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS:

A continuación se enumeran nueve pasos que han sido establecidos para llevar a cabo la corrección de los problemas más habituales que se pueden presentar en equipo de medición del tipo que se ha diseñado.

- 1.- Saber como es que funciona normalmente el sistema. antes de que se suscitará cualquier problema.
- 2.- Revisar cuidadosamente el proceso de calibración y/o repetibilidad, siguiendo las indicaciones precisas para ello (utilizando un manual), asegurándose de que cada paso se efectuó correctamente. Verificando lo siguiente:
  - a) Que la estación o equipo de medición este totalmente libre de rebabas y limpio.
  - b) Que el master (patrón) este limpio y libre de rebabas.
  - c) Que el master se encuentre posicionado adecuadamente.
  - d) Que los ensambles del banco esten completos y terminados.
  - e) Que no existan piezas flojas o que resbalen.

3.- Recorrer una vez mas el proceso de aceramiento y/o repetibilidad.

Verificar si existe aún el problema.

4.- Visualizando el display del amplificador, determinar cual de las medidas del sistema han fallado ó indican que están fuera del rango de aceramiento. Si existen más de una medida que presente el problema, hacer una lista.

5.- Con la información de las ecuaciones de las medidas y de los transductores. checar que los valores que muestra el display corresponda a las medidas que se están controlando. Tomar nota de los transductores que están fuera de rango y de aquellos valores que superen al rango especificado en la información mecánica correspondiente.

6.- Si el o los transductores no se encuentran fuera o por encima del los limites establecidos, regresar a su posición de origen a todas las componentes móviles del sistema y visualizar todos los contactos, palpadores, y células de medición en cuestión. Si uno de los palpadores o contactos esta dañado. proceder a la reparación del mismo (véase el apartado de "reemplazamiento de los transductores").

7.- Probar el adecuado funcionamiento de cada transductor en cuestión. Esta simple prueba consiste en oprimir lentamente los palpadores de cada contacto y verificando los cambios de éste en el display del amplificador. El cambio de los valores leídos será de un valor máximo positivo a un valor mínimo negativo. o bien de un valor negativo a un positivo (debe corroborar su funcionamiento y el rango que se menciona en las hojas de información de los transductores).

Si uno o más transductores no dan respuesta, verificar lo siguiente:

- a) Si existe daño físico
- b) Si tiene algún defecto el cable

8.- Cuando un gran porcentaje de transductores o sistemas de medición esta fuera de rango; se debe a tres posibles causas:

A) Un mal alineamiento del master en el banco o un mal alineamiento de los componentes móviles del sistema de medición. Actividades a realizar:

- \* Verificar que el master esté montado apropiadamente en el sistema de medición

- \* Tomar las lecturas del equipo usando el master.

- \* Verificar que el ensamble del sistema de medición sea el adecuado

Para verificar la posición del master, primero se realiza una inspección visual de cada componente, si no existe algo evidente, debe checar el display de cada transductor, sobre el eje "X" probando que los transductores que se localicen a  $180^\circ$  sobre la misma cara de las superficie o barreno. Si encuentra que una de las lecturas es extremadamente negativa y la otra (a  $180^\circ$ ) positiva, esta es una clara indicación de que el master y/o el sistema de medida esta desalineado. Así debe verificarse el funcionamiento de los otras transductores que se encuentren sobre el eje "X" y si los resultados son los mismos el problema se sitúa obviamente sobre el eje "X". De la misma forma se debe hacer con el eje "Y", y si existe mas de un componente de medición en el sistema así debe hacerse para cada uno de ellos.

Si el problema es identificado en este punto. se deben tomar las precauciones necesarias para localizar adecuadamente el master en el sistema de medición, o bien el realinear los componentes de ensamble del sistema.

NOTA: Nunca intentar mecánicamente el re-posicionamiento de 10 o 15 transductores para corregir el problema de alineamiento. Se debe identificar el problema y después corregirlo.

B) Un problema de tipo eléctrico puede existir. Se debe referir al manual de instrucción del amplificador electrónico, verificar el proceso de auto-test -si es que existe- seguir las instrucciones del proceso de chequeo del sistema. Ejecutar los pasos necesarios para implementar cualquier corrección requerida o solución a los problemas que se indiquen. Si algún problema es identificado y corregido , intentar el acercamiento o calibración del equipo una vez más.

C) Si un gran número de transductores siguen fuera de rango, verificar y probar cada transductor como se indico en el paso 7. Si el funcionamiento de los transductores es adecuado y el problema persiste, es posible requerir los servicios de técnicos especializados en el equipo de medición en cuestión.

9.- Si se encuentra que varios transductores están fuera de rango o se aproximan a fuera de rango, proseguir como sigue:

A) Verificar que todas las instrucciones del paso 6 y el paso 7 se hallan seguido adecuadamente, y checar cuidadosamente si no existe algún daño oculto en las células.

B) Corroborar que las ecuaciones de las distintas medidas estén bien programadas y que los transductores sean comunes al acercamiento de la medida.

NOTA: SI el problema no se encuentra en éste caso y existe un gran número de transductores fuera de ajuste, o que el problema sea más complejo, se recomienda verificar con el personal especializado en el equipo de medición.

C) Si se requiere un ajuste de contactos, véase la próxima sección titulada "Ajustes menores".

## AJUSTES MENORES

Es esta sección, se indican los pasos para realizar el ajuste de los contactos que se encuentren fuera de línea de control.

Refiérase a las ecuaciones de las medidas, es posible que las ecuaciones de las medidas tengan combinaciones con dos transductores o más, sin embargo el procedimiento cubre todas las aplicaciones de diferentes medidas.

Este procedimiento se utiliza para los ajustes menores sobre los sistemas de medida o espigas de control, no es factible para aquellos ajustes de más de seis transductores. Cuando se ejecuten los siguientes pasos y se detecta que es necesario hacer los ajustes a más de cuatro (4) o seis (6) transductores se debe detener el proceso de ajuste menor, y un técnico entrenado y especializado hará los ajustes mayores que sean necesarios.

- 1.- Observar la lista de medidas que no se pueden calibrar y escoger una de las medidas; por ejemplo alguna que tenga pocos transductores en la ecuación.
- 2.- Verificar que el amplificador se encuentre en modo de calibración.
- 3.- Intentar que sea la pieza master la utilizada para la calibración.
- 4.- Conseguir que sea cero la medida seleccionada. (sin programar el valor nominal).

5.- Asumiendo que el amplificador responde con el mensaje Medida = no acerada (no calibrada), tomar nota de los siguientes dos valores:

a) El "Offset". El valor que tendría que agregarse a la medida para obtener la lectura de cero en el display (tomar la lectura de desviación del master).

b) El "rango". El máximo valor necesario del "offset" sobre el cual el sistema no será cero. La ecuación para el offset es la siguiente:

$$\text{Offset} = (\text{master offset}) - (\text{medida programada en la ecuación})$$

Nota: La ecuación de la medida es la combinación algebraica de los valores de los transductores.

Comparando el offset y el rango, es posible determinar el error de la medida, como se muestra:

$$\text{Ejemplo: (rango) } 50 - (\text{offset}) 75 = (\text{error}) 25$$

Así un ajuste de un mínimo de 25 micras hará que nuestra medida al calibrar sea cero.

6.- Si el error calculado en el punto "5" es grande, más grande de 100 micras, es posible que algún componente de los transductores como un palpador, contacto, bracket, etc. este funcionando inadecuadamente. Antes de proseguir, se debe volver a inspeccionar los ensambles de las células involucradas en la medida que se esta verificando. Así se debe confirmar que las células estén bien fijas y entonces continuar con el procedimiento.

7.- La siguiente descripción asume que el master se encuentra al valor medio, y que las condiciones son tales que el master puede ser colocado mecánicamente con respecto al calibrador o sistema de medida al ménos dentro de una tolerancia de +/- 10 micras.

Refiriéndose a las ecuaciones de medida, se procede como sigue:

- a.- Si el (rango) - (offset) es menor de 50 micras, se continúa con el paso número "9".
- b.- Colocar el master y observar si existe un espacio (luz) del master con respecto a las referencias mecánicas.
- c.- Tomar la medida del master en el banco o sistema de medición.
- d.- Observar en el display el valor que se obtiene del transductor.
- e.- Observar la ecuación del primer transductor. Si este es mas grande +/- 25 o 50 micras desde el cero; se tiene que hacer el ajuste de los contactos. Esto se hace con pequeños incrementos, haciendo acercamientos al cero con los ajustes, en la posición de los palpadores.

Notas:

- Si todos los transductores muestran un offset en la misma dirección, esto indica que el master no se encuentra bien centrado. Se debe comenzar de nuevo.
- Asegurarse que cada transductor se encuentra lo más cercano del cero. Los valores pueden ser positivos o negativos, pero cerca de cero.
- Para espigas con diámetros pequeños:
  - Checar el error cordal
  - Acercarse al cero tanto como sea posible.
  - Verificar lo saliente de los contactos.
- Para superficies planas:
  - Verificar la localización de los contactos
  - Observar lo saliente de los contactos.
- No se debe seguir con este procedimiento en casos en que el master no puede ser colocado adecuadamente.

8.- Ejecutar en el amplificador la función de acercamiento. Nota: Alguna medida puede mostrar algún pequeño error, pero inferior al anterior.

9.- A éste punto, la diferencia entre el rango y el offset podría ser de menos de 50 micras. Se debe tener mucho cuidado en las ecuaciones de las medidas, definiendo cuales de las medidas tiene el más grande factor entonces tomando notas en papel, verificar el valor obtenido por el transductor. Trabajando únicamente con los transductores que tengan los factores más grandes, aplicar una prueba, adicionando + 25 micras al valor más positivo de los transductores y adicionando + 25 micras al valor más negativo. Determinar como afecta esto a los resultados de la ecuación.

Si la magnitud de los resultados es grande, intentar adicionando - 25 micras al valor más positivo del transductor y - 25 micras la valor más negativo de los transductores. El resultado de la ecuación de la medida debe estar más cerca de cero.

Después de determinar sobre papel cual es el valor para ajustar los transductores para reducir el offset de la medida, se procede con el actual ajuste.

Nota:

Las medidas deben estar en cero, o al menos el offset debe ser menor al repetir éste paso. Si no es más pequeño, se sugiere llamar al servicio de ingeniería especializado. Si el offset es más pequeño, seleccionar el conjunto de los transductores con el factor más elevado y repetir el procedimiento.

#### 4.11.-REEMPLAZAMIENTO DE TRANSDUCTORES Y REPARACION

Existe una gran diversidad de formas en las cuales los transductores son montados, por ejemplo:

- A).- Sistema especial con brazos para los transductores
- B).- Ensamblados combinados de contactos y palpadores
- C).- Contactos de palpadores ajustables

Los técnicos deben de revisar cada una de las aplicaciones independientemente, y reemplazar los componentes necesarios. El siguiente procedimiento es una lista sencilla de lo que se revisará cuando se hace una reparación.

- 1.- Si la célula de medida no está físicamente dañada, pero no funciona, verificar el cable y los conectores antes de seguir con el procedimiento.
- 2.- Cuando se reemplace una célula completa con palpador y contacto, o se ajuste un palpador, es necesario corregir los errores de ajuste. En suma, la localización de los contactos y la magnitud del coeficiente son importantes.
- 3.- Siempre que se trabaje con un diámetro pequeño de una espiga de medición, no se debe olvidar checar el error cordal. Muy a menudo es necesario hacer los pasos necesarios para encontrar el error mecánico y el error cordal cuando se trate de una espiga que controle éste tipo de parámetros dimensionales.
- 4.- Siempre deben usarse contactos del radio apropiado, esto se especifica en función del acabado superficial y del tipo de material, por el departamento de Ingeniería.

5.- Siempre se debe checar la carrera del contacto, que posea un movimiento suave, sin atascarse o atorarse.

6.- Debe seguirse la descripción de “Los ajustes menores” en la sección de aceramiento mecánico de las células.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

## CONCLUSIONES GENERALES

La calidad, economía y flexibilidad de los procesos de manufactura, es el objetivo que hoy en día persigue la industria metal-mecánica en general y los fabricantes de autopartes en particular, con la finalidad de lograr ventajas competitivas y por lo tanto una mayor penetración en el mercado nacional e internacional.

El futuro viable de los procesos de manufactura descansa entonces sobre la creación y producción de procesos flexibles y en adecuadas estrategias de calidad.

Las modernas estrategias de calidad están enfocadas a detectar y prevenir errores, tan pronto como sea posible. Esto se logra aplicando adecuadas técnicas de medición, durante el proceso de manufactura, desde la fabricación, hasta llegar a la inspección de las piezas para obtener ensambles precisos.

Las máquinas-herramientas actuales (C.N.C's, centros de maquinado automáticos, etc.) han alcanzado altos niveles de precisión y confiabilidad intrínsecas, sin embargo, su exactitud se ve afectada debido a causa de inevitables condiciones tales como desgastes, variaciones ambientales, entre otras. Es por esto que la tarea del sistema de medición es mejorar la exactitud de las máquinas-herramientas, manteniendo bajo control las variables a corto plazo e incluso, si se desea, llevar a cabo la retroalimentación de la máquina: para corregir en forma continua cualquier tipo de variación o error en el proceso de maquinado. Aunado a lo anterior, la eficiente integración de los

datos de medición en el sistema informativo de calidad y de la factoría es un elemento crucial para mejorar la actividad de la empresa.

Cuando una medida de longitud es el objetivo de un proceso, los instrumentos comparadores son los idóneos para llevar a cabo ésta tarea, incluso actualmente algunos indicadores también están disponibles para proporcionar el valor absoluto de la pieza que se mida.

En la industria de la medición los indicadores se han desplazado, en forma considerable, por el uso de amplificadores e instrumentos con indicadores electrónicos. El propósito de ellos es detectar las variaciones en una distancia, tomando como referencia un plano establecido a una posición fijada con respecto a la pieza que se compara con respecto a una pieza cuyas medidas críticas o de interés estén dentro de las tolerancias geométricas que se desean encontrar e inspeccionar.

Se observa la importancia real que posee dentro del control de la calidad el que durante la fabricación de piezas en serie se cuente con el adecuado equipo que verifique sus dimensiones, por lo que se reduce al máximo la posibilidad de generar extracostos por fabricar un gran número de piezas de rechazo fuera de los estándares buscados.

La mayoría de las industrias mecánicas, de ingeniería y de taller mecánico, confían en los estándares de forma y dimensiones para mantener el control de la calidad. En cualquier pieza dada, los límites de variación pueden ser más importantes en una dirección que en otra. Las superficies exteriores pueden variar entre límites extensos, pero las que tengan que unirse ó ajustarse (como

lo son las partes automotrices aquí controladas) han de tener límites de variación minuciosamente prescritos y calculados. Naturalmente estos no son los mismos para todas las superficies aún en el caso de que tengan que adaptarse unas a otras.

Existe la necesidad de llevar a cabo la producciones con un control de calidad muy riguroso, por ende se requiere una inspección adecuada para aquellos lotes de productos en los que se exige un control tal como ISO 9000, es así que para lograrlo todas aquellas empresas que lo requieran deben tomar las herramientas y el equipo que cubra con todas las expectativas y estándares de control, un ejemplo de ello es la producción de discos para freno de la industria automotriz.

Uno de los mayores beneficios que se derivan del servicio de la inspección proviene de la capacidad para llevar prontamente a la dirección informes sobre el estado real de las operaciones de fabricación, de modo que se corrijan en seguida las faltas y las deficiencias en los procesos.

Los mayores progresos realizados durante los últimos quince años en el campo de calibrado, se han centrado alrededor del uso de dispositivos eléctricos, electrónicos y neumáticos y de las propiedades físicas conocidas de la luz que hacen posible su uso como estándar primario. Las especificaciones de la industria están siendo cada día más exigentes dejando de lado la época del micrómetro y el "pasa - no pasa". La nota característica actual es la producción exacta y en masa de piezas intercambiables en la cual desempeñan un papel importante los métodos modernos de calibrado, con equipo más

sofisticado. que ofrecen opciones disponibles para llevar a cabo control del proceso simultáneamente cuando se use el equipo de calibración.

Los instrumentos o calibradores empleados tienen elementos complejos, en sus partes mecánicas y electrónicas, los cuales facilitarán el uso de éste tipo de instrumentos, es decir, contrapuesto a su compleja construcción y equipamiento, se presenta y proporcionan una facilidad de uso, resultando práctico; basta colocar en el equipo de medición la pieza patrón (Master) para calibrar a cero el equipo; y en seguida se sustituye el patrón por la piezas a comprobar. las desviaciones del índice señalan el valor del error en los amplificadores electrónicos.

En México se exige cada vez una mayor calidad. que se cumpla con los estándares internacionales; para alcanzar estos objetivos se requiere llevar a cabo modificaciones al proceso productivo por medio de la inspección minuciosa, precisa, aplicándose los adelantos tecnológicos en los procesos de medición de toda industria moderna. con la finalidad de ejecutar el control en la fabricación y el control final de aceptación de la forma más adecuada y oportuna.

## **ANEXOS**

ANEXO 1

TABLA DE AJUSTE ISO

La tabla nos muestra las tolerancias que se designan según se trate de un diámetro interno con una letra minúscula y un número ó un diámetro externo con una letra mayúscula y un número.

		TOLERANCIAS PRINCIPALES											
		AGUERO NORMAL											
		Temperatura de referencia 20°C											
Valores en micras (0.001 mm)													
Diámetro en mm	≤ 3	>3 a 6	>6 a 10	>10 a 18	>18 a 30	>30 a 50	>50 a 80	>80 a 120	>120 a 180	>180 a 250	>250 a 315	>315 a 400	
A G U E R O S	H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0
	H 7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0
	H 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0
	H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0
	H 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 220 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0	+ 360 0
E S	g 5	- 2 - 6	- 4 - 9	- 5 - 11	- 6 - 14	- 7 - 15	- 9 - 20	- 10 - 23	- 12 - 27	- 14 - 32	- 15 - 35	- 17 - 40	- 18 - 43
	h 5	0 - 4	0 - 5	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 23	0 - 25
	j 5	+ 2 - 2	+ 2.5 - 2.5	+ 3 - 3	+ 4 - 4	+ 4.5 - 4.5	+ 5.5 - 5.5	+ 6.5 - 6.5	+ 7.5 - 7.5	+ 9 - 9	+ 10 - 10	+ 11.5 - 11.5	+ 12.5 - 12.5
	k 5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4
	f 6	- 6 - 12	- 10 - 18	- 13 - 22	- 16 - 27	- 20 - 33	- 25 - 41	- 30 - 49	- 36 - 58	- 43 - 68	- 50 - 79	- 56 - 88	- 62 - 98
	q 6	- 2 - 8	- 4 - 12	- 5 - 14	- 6 - 17	- 7 - 20	- 9 - 25	- 10 - 29	- 12 - 34	- 14 - 39	- 15 - 44	- 17 - 49	- 18 - 54
	h 6	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 16	0 - 19	0 - 22	0 - 25	0 - 29	0 - 32	0 - 36
	j 6	+ 1 - 1	+ 4 - 4	+ 4.5 - 4.5	+ 5.5 - 5.5	+ 6.5 - 6.5	+ 8 - 8	+ 9.5 - 9.5	+ 11 - 11	+ 12.5 - 12.5	+ 14.5 - 14.5	+ 16 - 16	+ 18 - 18
	m 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 9	+ 35 + 11	+ 40 + 13	+ 46 + 15	+ 52 + 17	+ 57 + 21
	p 6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 16	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 49	+ 88 + 56	+ 98 + 62
	O L I S	e 7	- 14 - 14	- 20 - 32	- 25 - 40	- 32 - 50	- 40 - 61	- 50 - 75	- 60 - 90	- 72 - 107	- 85 - 125	- 100 - 146	- 110 - 162
f 7		- 6 - 16	- 10 - 22	- 13 - 29	- 16 - 34	- 20 - 41	- 25 - 50	- 30 - 60	- 36 - 71	- 43 - 83	- 50 - 96	- 56 - 108	- 62 - 119
h 7		0 - 10	0 - 12	0 - 15	0 - 16	0 - 21	0 - 25	0 - 20	0 - 35	0 - 43	0 - 45	0 - 52	0 - 57
k 8		- 14 - 22	- 20 - 39	- 25 - 47	- 32 - 59	- 40 - 73	- 50 - 89	- 60 - 106	- 72 - 126	- 85 - 148	- 100 - 172	- 110 - 191	- 125 - 214
f 8		- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 51	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 96	- 43 - 106	- 50 - 122	- 56 - 137	- 62 - 151
h 8		0 - 14	0 - 16	0 - 22	0 - 27	0 - 33	0 - 39	0 - 46	0 - 54	0 - 63	0 - 72	0 - 81	0 - 89
d 9		- 20 - 45	- 30 - 60	- 40 - 76	- 50 - 92	- 65 - 117	- 80 - 142	- 100 - 174	- 120 - 207	- 145 - 245	- 170 - 285	- 190 - 320	- 210 - 360
e 9		- 14 - 39	- 20 - 50	- 25 - 61	- 32 - 75	- 40 - 92	- 50 - 112	- 60 - 134	- 72 - 159	- 85 - 185	- 100 - 215	- 110 - 240	- 125 - 265
d 11		- 20 - 30	- 30 - 105	- 40 - 130	- 50 - 160	- 65 - 195	- 80 - 240	- 100 - 290	- 120 - 340	- 145 - 395	- 170 - 460	- 190 - 510	- 210 - 570
h 11		0 - 60	0 - 75	0 - 90	0 - 110	0 - 130	0 - 160	0 - 190	0 - 220	0 - 250	0 - 290	0 - 320	0 - 360
k 11		+ 10 - 10	+ 37 - 37	+ 45 - 45	+ 55 - 55	+ 65 - 65	+ 80 - 80	+ 95 - 95	+ 110 - 110	+ 125 - 125	+ 145 - 145	+ 160 - 160	+ 180 - 180

## ANEXO 2

## PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE EQUIPO DE MEDICION

CONTROL DE VERIFICACION FINAL DE CALIDAD Y ACEPTACION  
DE DOCUMENTOS

ORDEN DE COMPRA: _____	VERIFICACIÓN FINAL DEL INGENIERO: LEER LA COTIZACIÓN.
CLIENTE: _____	___ SI                  FIRMA: _____
NUM. DE COTIZACION: _____	
TIEMPO DE ENTREGA: _____	
V.F. FECHA DE VERIFICACIÓN: _____	

EVALUACION DE DOCUMENTACION (ESTA DOCUMENTACION DEBE  
SER ENTREGADA CON EL SISTEMA)

## PLAN MECANICO REQUERIDO PARA LA INSTALACION:

- \_\_\_ Estudio de dibujos y diagrama de puntos de medición: \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Detalles de las partes de contacto: \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Detalles de partes en peligro de golpes: \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Dibujos de Master: \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Códigos de transductores: \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Procedimiento de ajuste de transductores: \_\_\_\_\_

## PLAN ELECTRICO REQUERIDO PARA LA INSTALACION:

- \_\_\_ Diagramas de interconexión de amplificadores y transductores: \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Documentación acerca de la programación del amplificador: \_\_\_\_\_  
(Debe incluirse todas las fórmulas y los coeficientes)
- \_\_\_ Copia de Software en disco (Requerido para "E4N" y "E9066") \_\_\_\_\_

## DOCUMENTACION COMERCIAL

- \_\_\_ Manual de instrucción para la parte mecánica (Indicar código): \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Manual de instrucción para la parte eléctrica (Indicar código): \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Certificado de Master (Indicar Número de certificado): \_\_\_\_\_
- \_\_\_ Panel sinóptico: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS Y NOTAS ADICIONALES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**VERIFICACION DE LA COMPOSICION Y ESTRUCTURA, "LAY-OUT" Y SEGURIDAD FUNCIONAL.**

PARTE MECANICA:

\_\_\_ Cubiertas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Guardas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Protección de células: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Partes de protección: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Parte de cargas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Protección para cables de transductores: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Etiquetas (Cables de los transductores y calibradores: debe incluirse el código del calibrador): \_\_\_\_\_

PARTE ELECTRICA

\_\_\_ Cables: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Programación del amplificador: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Opciones a verificar: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Etiquetas: \_\_\_\_\_

MASTER

\_\_\_ Caja: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Soporte: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Marcado: (Debe incluir el código Marposs, el código del Cliente y el logotipo Marposs): \_\_\_\_\_

ACCESORIOS:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**VERIFICACION DE CALIDAD METROLOGICA Y FUNCIONAL**

PRUEBAS METROLOGICAS

\_\_\_ Resultados de Prueba de "Repetibilidad" Marposs: \_\_\_\_\_  
\_\_\_ Prueba metrológica del Cliente: \_\_\_\_\_

Resultados de la prueba "G.R. & R.": \_\_\_\_\_  
 Resultados de la prueba de "Precisión" (Laboratorio): \_\_\_\_\_  
 Resultados de prueba de "Corriente Térmica": \_\_\_\_\_  
 Resultados de la certificación del Master (Están todas las dimensiones en tolerancia) \_\_\_\_\_

**PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD**

Facilidad para cargar la pieza: \_\_\_\_\_  
 Facilidad para la visualización de las medidas: \_\_\_\_\_  
 Facilidad para la calibración: \_\_\_\_\_  
 Facilidad para la Reherramientación: \_\_\_\_\_  
 Facilidad para el reemplazo de el transductor y el contacto (en caso de daño): \_\_\_\_\_

**PLAN DE ACCION DE SEGUIMIENTO**

ITEM	ACCIONES REQUERIDAS	QUIEN LO HARA	PARA CUANDO (FECHA)	COMENTARIOS

**LISTA DE PENDIENTES PARA LA VERIFICACION FINAL**

ITEM	DESCRIPCION DE LA ACCION NECESARIA	QUIEN LO HARA	FECHA REQUERIDA	FECHA COMPLETADA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

### ANEXO 3

## COMPARACION ENTRE TECNOLOGIA NEUMATICA Y ELECTRONICA

#### RANGO DE MEDIDA Y EL ERROR DE LINEARIDAD:

Usando la tecnología neumática existe una proporción grande entre el error de la linealidad y el rango de medición. Esto significa que los claros entre una espiga neumática y la pieza a medir son muy limitados; los valores típicos están alrededor de 0.04 - 0.08 mm, dependiendo del diámetro y de la presión a la que se trabaje el calibrador. En este rango de medición se tiene una linealidad cerca de una micra (Marposs, 1995).

Usando la tecnología electrónica existe una pequeña razón o proporción entre el error de la linealidad y el rango de medición. Dependiendo del tipo de célula empleada, el rango de medida es 0.2 a 0.3 mm mínimo hasta 7 a 8 mm máximo; el error de linealidad es menor que el 1% de el rango de la medida.

La amplitud de medición del rango en un calibrador electrónico permite una gran versatilidad en comparación a uno neumático; esto significa grandes beneficios en operaciones donde el rango a controlar en las piezas sea grande.

#### FLEXIBILIDAD:

Los límites de medición de la tecnología neumática no permiten resolver problemas que requieran soluciones flexibles (diferentes tipos de partes a

verificar) sin reherramientación en sus dispositivos de medida. Como las partes cambian, es necesario reemplazar el sistema o dispositivo (reherramientación manual); para resolver el problema requiriendo flexibilidad, usualmente se emplean igual número de calibradores que número de partes a medir, a excepción de aquellas soluciones en los que se requiera calibradores de multi-sección.

La tecnología electrónica, por el contrario, toma ventajas de un amplio rango de medición (Más amplio que 10 mm) y soluciona los problemas de producciones flexibles sin tener que recurrir a la reherramientación del dispositivo de medida.

#### INCERTIDUMBRE EN LA MEDICION:

Por incertidumbre en la medición se refiere, en este caso en particular, a la suma de todos los errores en la repetibilidad y precisión. donde esto se ve reflejado en una prueba de correlación entre la sala metrológica de una planta contra el calibrador o sistema de medición en cuestión.

Con la tecnología neumática la correlación entre la sala de metrología y el calibrador es menor, tan sólo por el hecho de que la tecnología neumática utiliza mediciones de promedios tomados sobre la superficie a controlar, es decir, no tiene un punto de contacto definido. Gracias a la experiencia con el manejo de las tecnologías neumática y electrónica, se han recabado los siguientes datos:

Tabla comparativa de la tecnología neumática y electrónica:

TECNOLOGIA	PRECISIÓN	REPETIBILIDAD
NEUMATICA	1% del rango (0.5 $\mu\text{m}$ / 50 $\mu\text{m}$ )	0.2 $\mu\text{m}$
ELECTRONICA	0.5% del rango (0.5 $\mu\text{m}$ / 100 $\mu\text{m}$ )	0.2/0.3 $\mu\text{m}$

## GLOSARIO

A continuación se presenta una explicación de algunos términos que son usados dentro del contenido de información mencionada, que pertenecen al campo de la medición de piezas mecánicas.

**Analógico.-** Se refiere al dispositivo que trabaja internamente con señales que pueden tener cualquier valor dentro del margen para el cual ha sido diseñado o bien de las señales que pueden tomar cualquier valor continuo en un cierto margen.

**Aceramiento o calibración a cero.-** Proceso de calibración del banco de medición en relación a una pieza master. La calibración es un ajuste que debe efectuarse periódicamente, para asegurar la más óptima y alta precisión en el proceso de medición de las piezas. Para ésta operación se usa una pieza master ó en su defecto una pieza certificada.

**Calibrador.-** Se emplea indistintamente con el término de Banco de medición. Instrumento para calibrar.

**Calibración.-** Determinación de la variación respecto al valor nominal, o de la precisión de un instrumento de medida para determinar los factores de corrección necesarios.

**Células de medición.-** Estas piezas contienen todos los elementos requeridos para convertir un desplazamiento mecánico a su señal eléctrica proporcional: este es el elemento básico de cualquier sistema mecánico de medición.

**Contacto.-** Elemento mecánico que toca físicamente a la pieza, para ser medida; también llamado palpador. Unión momentánea, temporal o permanente de la superficie de dos cuerpos.

**Comparador.-** Es un instrumento que efectúa la medida de un objeto por comparación respecto a una muestra (bloque patrón, calibre fijo, etc) obteniendo el valor de la diferencia, entre el tamaño del objeto y el de la muestra, señalado por el indicador después de ser amplificado. Los comparadores, por tanto, están constituidos por un palpador, un amplificador, un indicador y los órganos complementarios. El *palpador* es el órgano sensible que palpa y compara directamente la diferencia de tamaño del objeto respecto a la muestra y convierte en una magnitud de la misma o distinta especie. El *amplificador* es el aparato destinado a aumentar dicha diferencia, que el *indicador* se encarga a su vez de señalar. Los *órganos complementarios* son los soportes de fijación, los dispositivos de mando, de señalización (luminosos o acústicos) etc.

**Desviación de master.-** Diferencia entre los valores reales de las medidas del master y las dimensiones teóricas de la pieza.

**Diagrama punto de medición.-** Dibujo que muestra los puntos donde los contactos tocan la pieza para constituir la medición, los puntos son usualmente indicados en numeración progresiva.

**Digital.-** El adjetivo digital se aplica a las calculadoras electrónicas, a los servomecanismos y, en general, a los aparatos elaboradores de datos y a los instrumentos de medida, como sinónimo de numérico y en contraposición al de analógico.

**Lay-out.-** Dibujos que muestran los componentes del calibrador.

**Master ó pieza patrón.-** Pieza de acero tratado, sencilla o compuesta, finamente maquinada dentro de las tolerancias especificadas, que presenta todas las dimensiones de la pieza a medir; ésta es utilizada para la calibración a cero.

**Ojiva.-** Es la referencia del calibrador, cuya forma permite posicionar correctamente a la pieza master ó a las piezas de producción, designadas para el banco, que se van a medir.

**Palpador.-** En los aparatos de comprobación de piezas metalúrgicas, es el órgano que toca en los extremos o superficies de ellas para medir sus dimensiones. Véase contacto.

**Tolerancia.-** Es el error admitido en la fabricación de un elemento mecánico y representa, la diferencia entre la dimensión máxima y la mínima entre las cuales se admite que varíe la dimensión efectiva del elemento. La dimensión máxima constituye el límite superior de tolerancia y la dimensión mínima el límite inferior de tolerancia. La dimensión efectiva es la dimensión efectivamente poseída por el elemento, tal como se puede determinar con instrumentos de medición dentro de los límites de precisión de estos.

**Transductor L.V.D.T.-** Sistema que transforma las variaciones dimensionales directamente en variaciones eléctricas proporcionales.

## BIBLIOGRAFIA

- Alford L. P. , Bangs R. John, 1981 "**Manual de la producción**", Ed. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana S.A. de C.V. México.
- Beigbeder B. Atienza (Ing. civil y militar), 1996 "**Technical dictionary (ingles español - español ingles)**", Ed. Díaz de Santos, España.
- Diccionario, 1990 "**Diccionario Monográfico de Tecnología**", Ed. Bibliograf S.A. España.
- Empresa subsidiaria de Carpenter Technology Corporation, "**Manual de Aceros Fortuna**" S.A. de C.V. México.
- Farago Francis T., Curtis Mark A., 1994 "**Handbook of dimensional measurement**", Ed. Industrial Press Inc. tercera edición, Estados Unidos.
- Oberg Erick, Jones Franklin D., Horton Holbrook L., Ryffel Henry H. 1996 "**Machinery's handbook**", Ed. Industrial Press Inc. vigesimoquinta edición. Estados Unidos.
- Hoffman Catálogo. 1996 "**Specifier's guide 1993-1994 electronic/electrical enclosures and equipment**", Estados Unidos.
- Kennedy Clifford W., Hoffman Edward G., Bond Steven D. 1987 "**Inspection and Gaging**", Ed. Industrial Press Inc. sexta edición, Estados Unidos.

- Kuntz Myer, Paniagua B. Francisco, 1990 "**Enciclopedia de la mecánica, Ingeniería y técnica**" Grupo editorial océano, España.
- Kuntz Myer, 1986 "**Mechanical Engineer's handbook**" Ed. Wiley-interscience publication, Estados Unidos.
- Lasheras Esteban José Maria, Arias Sanvicente Héctor. 1970 "**Procedimientos de fabricación y control Vol. II**" Ed. Cedel, España.
- Lucchesi Domenico. 1973 "**Metrotécnia tolerancias e instrumentación**", Nuevos manuales técnicos labor Vol. 16. Ed. Labor S.A. España.
- Lowell W. Foster. 1986 "**Modern geometric dimensioning and tolerancing**". Estados Unidos,.
- Maluquer Wahl Juan J. 1977 "**Enciclopedia de la técnica y de la mecánica**", Ed. Nauta S.A. España.
- Marposs S.p.A. 1995 "**Measuring equipment for quality control**". Italia.
- Marposs S.p.A. 1990 "**Preliminary information, equipments for disk brake inspection**", Italia.
- Mitutoyo Catálogo, 1996 "**Precisión is our profession**" Mitutoyo. Mitutoyo Corporation Estados Unidos.

- Sánchez Sánchez Antonio, 1980 "**La inspección y el control de la calidad**" Ed. Limusa S.A. Cuarta impresión. México.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación. 1980 "**Niveles de iluminación en México**", Revista Ingeniería de Iluminación. México.