

Galga sobre Papel Un ejercicio de GD&T



Indice

- Datums
- Definiciones
- Galga sobre Papel



Datums

- Significado.
- Definiciones Relacionadas.
 - Datum.
 - Datum Simulado.
 - Simulador Característica Datum.
 - Característica Datum.
- Datum Target
- QOS Datums.



Datums: Significado

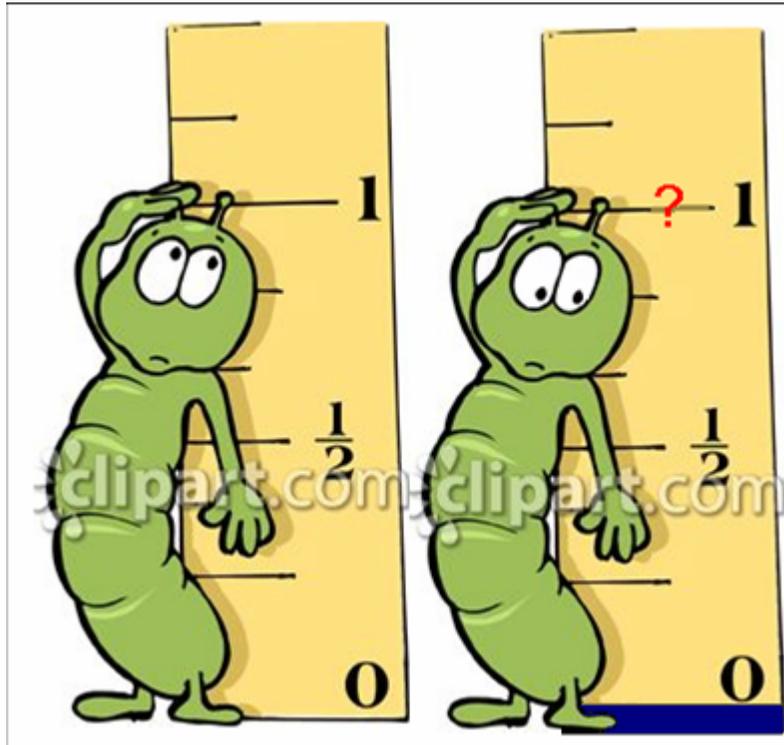
Que representan los datums?.

- Son el **cero** de nuestro sistema de medida.
- La influencia de la **imperfección** del **Simulador Datum** en los resultados del proceso de medición ha de ser 'despreciable'.

Analogía medición longitud / medición de \perp		
Característica física a medir	Longitud	Perpendicularidad
Proceso de medida	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de la pieza • Registro visual de la medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de la pieza en los Datum. • Toma de medición i.e. por CMM.



Datums: Su significado



Contribución de la incertidumbre del Datum (cero) en los resultados dimensionales.

Nos basamos en los Datums para obtener la referencia de nuestra medición.

La referencia se debe de fijar a partir de los Datums simulados obtenidos de la pieza, según la especificación de diseño.

Una buena referencia siempre ayuda a medir.



Datums Definiciones

Datum (teórico)

- Un punto, eje o plano **teóricos** (exactos), obtenidos de la geometría **equivalente perfecta** de una característica.
 - Por **equivalencia perfecta** se entiende que se respeta la intención de diseño.
 - Así en caso de que el diseño muestre como Datum una superficie plana, el datum será un plano.
 - Si el diseño nos indica un agujero, el Datum sería el eje del mismo.

Datum Simulado (teórico)

- Un punto, línea o plano **determinados** por **equipo de fabricación** o inspección. Es una geometría perfecta.



Datums Definiciones

Simulador Característica Datum (Físico)

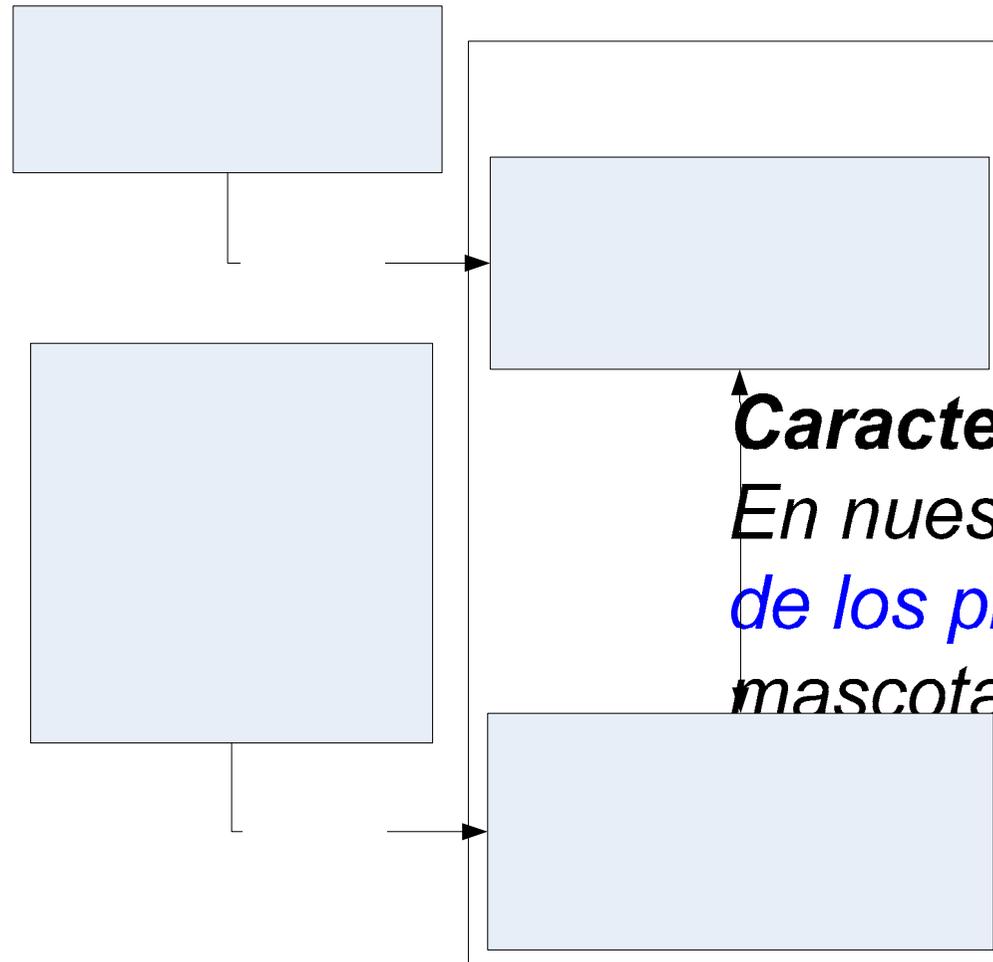
- Una **superficie** de forma precisa (mesa de medición, superficie de galga, o un eje) en contacto con el (las) **característica (s) datum** y usados para establecer el (los) datum simulado(s).
- Es la **superficie** del **utillaje o galga**.

Característica Datum (Físico)

- Una **característica física** de la pieza (superficie, tetón, taladro o coliso) que es usada para establecer un datum.



Datums Definiciones



Característica Datum.
En nuestro caso *la base de los pies de la mascota.*

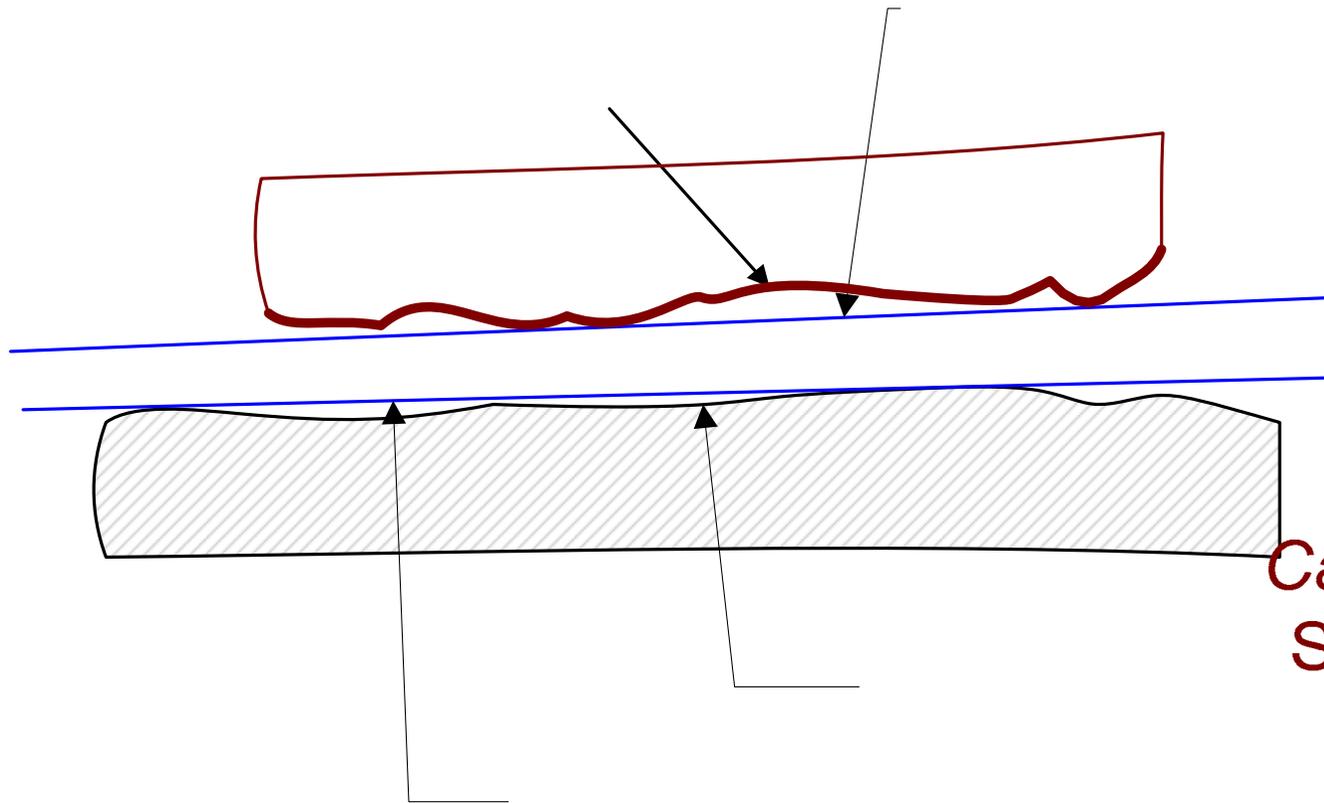
Genera

8



Simulador
Característica

Datums Definiciones



Característica Dat
Superficie de la p



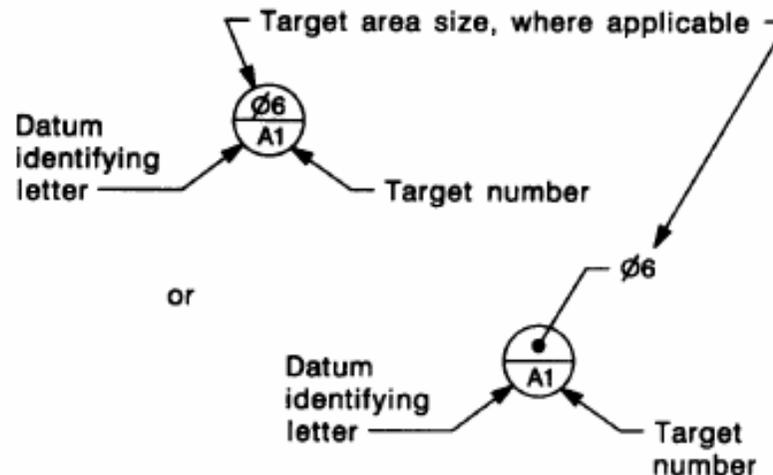
Datum Target (Localizador del Datum)

- Un punto, línea o área específicos de la pieza usados para establecer un Datum. Cada Datum puede estar representado por uno o varios de estos localizadores
- El **símbolo** utilizado es el de un **círculo dividido en dos mitades**
 - La inferior contiene una letra identificando el datum asociado, seguido por el número del localizador asignado secuencialmente, comenzando por 1 para cada dato.
 - Si el localizador es un área, su tamaño se registra en la parte superior del semicírculo
 - En caso de no haber suficiente espacio para incluir el tamaño del área, esta se puede representar fuera del mismo conectada por una línea al semicírculo superior.

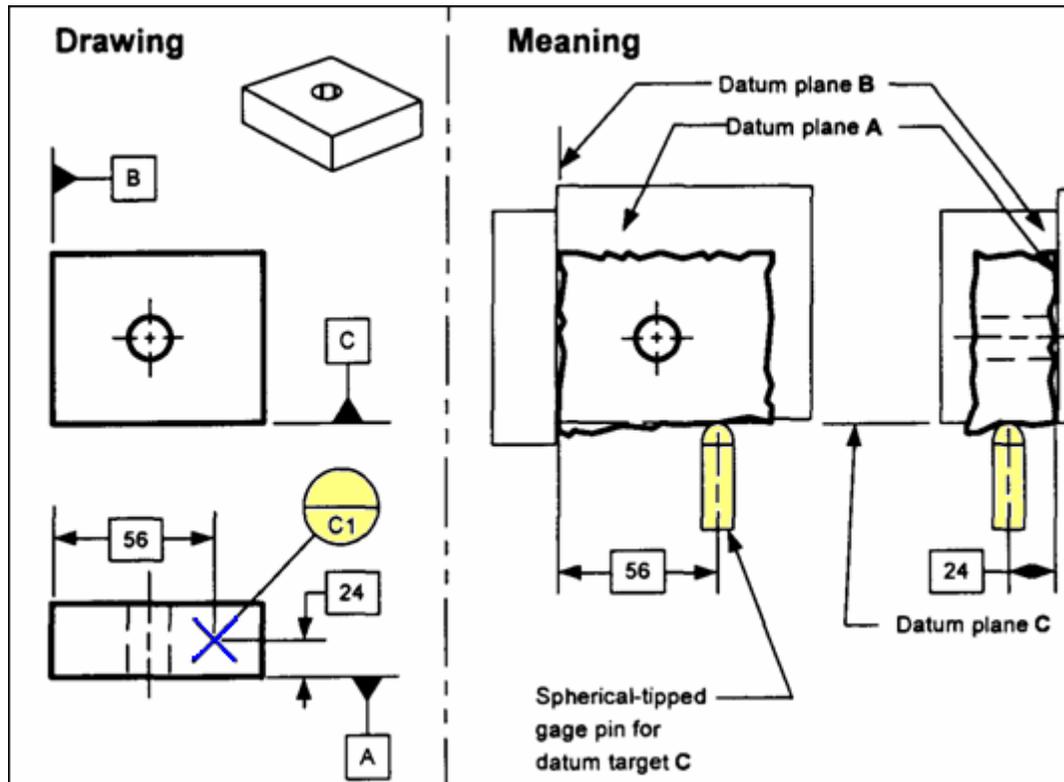


Datum Target (Localizador del Datum)

- Se utilizan en el caso de piezas forjadas o coladas
- Esto nos permiten evitar el mecanizar toda una superficie para poder asentar la pieza.



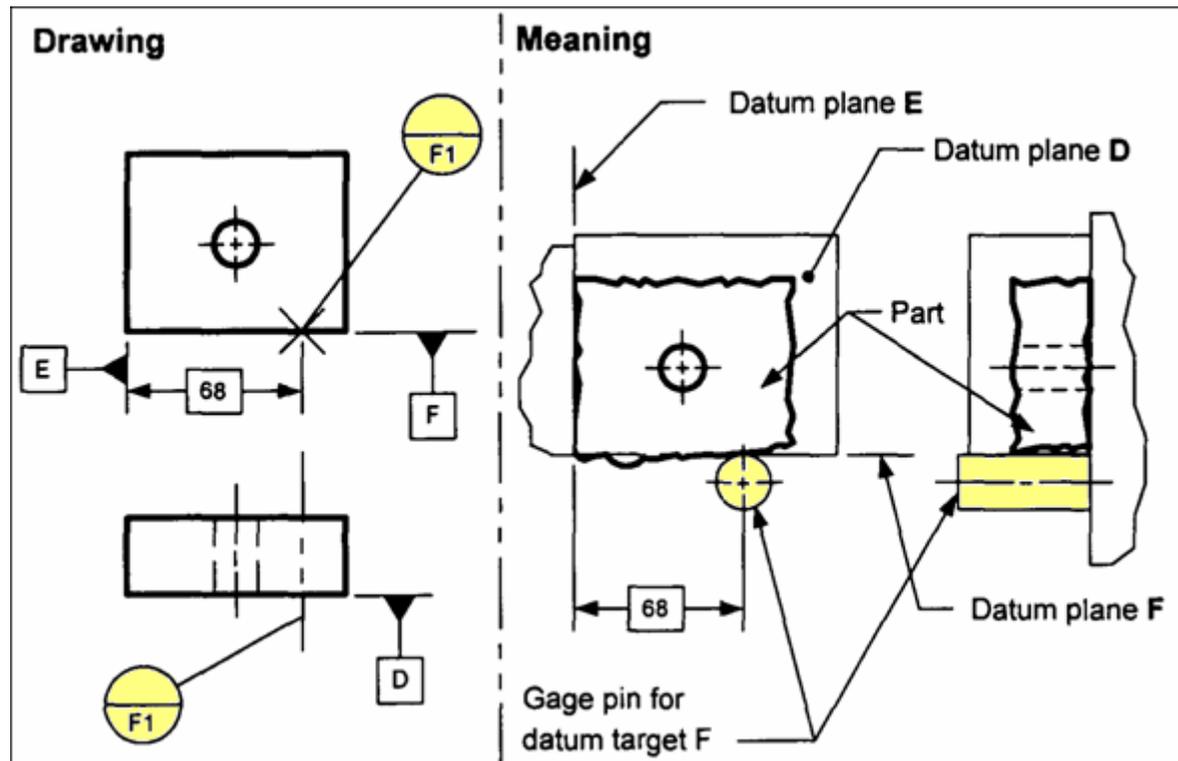
Datum Target Punto



Simulación de un punto datum



Datum Target Line



Simulación de una línea datum



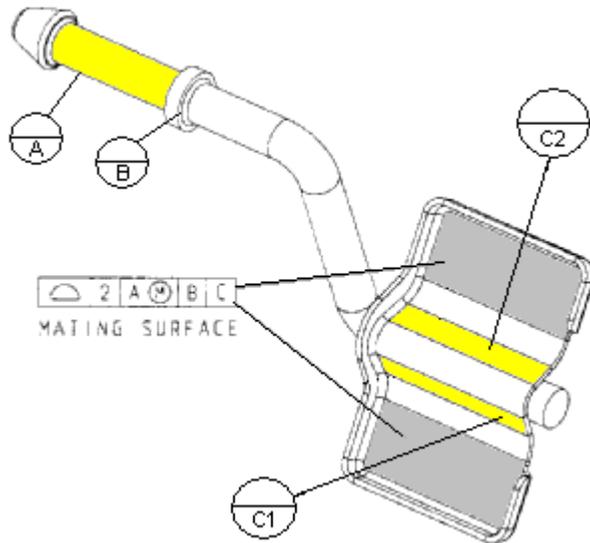
QOS Datums

Los 'parámetros' de calidad de los Datums son:

- **Funcionales.**
Servir un propósito en preservar la funcionalidad de la pieza.
- **Representativos** de superficies de acople o asiento y/o ejes de alineación.
De esta forma nos aseguraremos que las piezas que se den por válidas siendo alineadas por estas características.
- **Accesibles.**
Para las operaciones de fabricación y control.
Si los datums no son fácilmente accesibles lógicamente se dificulta el fijar las piezas en el espacio referenciados a ellos.
- **Repetibles**
Entre las distintas operaciones de fabricación.



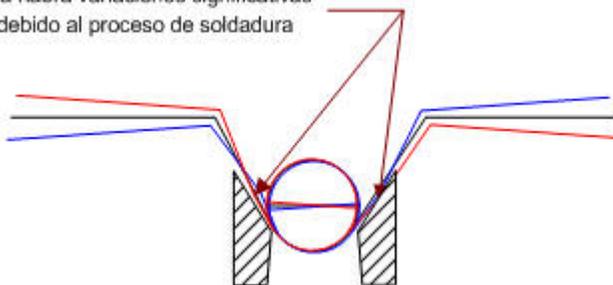
QOS Datums



La presente pieza seguramente dará problemas de repetitibilidad originados por la elección del datum C.

Debido a estar en ángulo, pequeñas variaciones en los puntos de fijación de C darán lugar a variaciones significativas en las mediciones de forma correspondientes a los extremos de las alas.

En esta zona habrá variaciones significativas de forma debido al proceso de soldadura



Hay que tener en cuenta además que la zona en la que se ha fijado el datum C es muy posiblemente una zona de soldadura, por lo tanto la **característica** resultante (superficie de apoyo) variará seguramente de forma significativa con los parámetros de proceso.



Definiciones

- Envolvente Tangencial (Actual Mating).
- Equivalente Geométrico Teórico.
- Condiciones de Material.
- Condición Virtual.
- Condición Resultante.
- Reglas Generales.



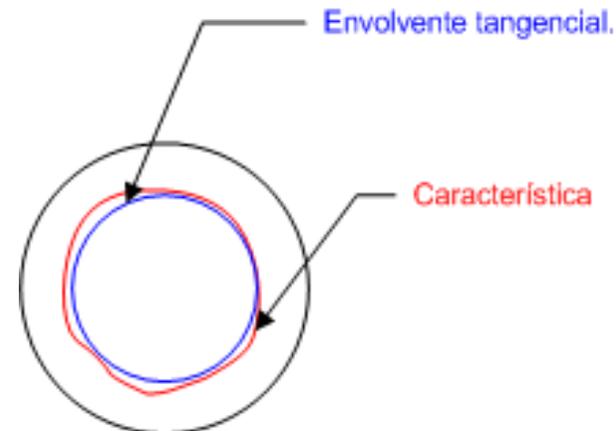
Definiciones: Envolverte tangencial (Actual Mating).

Se sobreentiende que hablamos de la **Envolverte Tangencial** de una **Característica** dada.

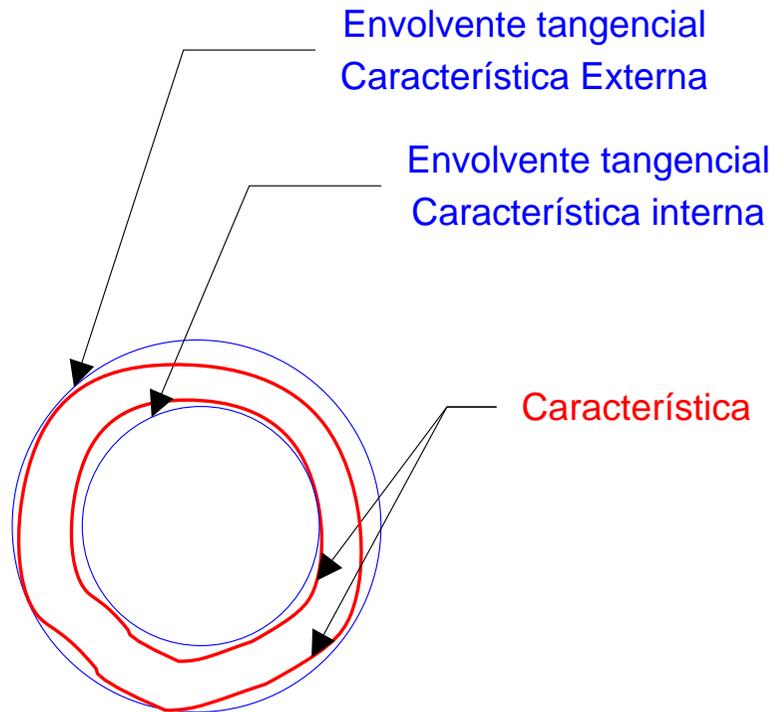
Sería la característica similar **teórica** que más se ajusta a la característica dada, de forma que contacta con ella en los puntos más sobresalientes.

Por teórica quiere decir que sigue la intención de diseño (plano, cilindro, eje,...).

A su vez **respetará la orientación** con respecto a los **datums** a los que esté referida.



Definiciones: Envolverte tangencial (Actual Mating).



- Para una característica interna sería por ejemplo el cilindro perfecto más pequeño o dos planos paralelos de separación mínima tangentes a la superficie característica.
- Para una externa el cilindro mayor o dos planos paralelos de separación máxima tangentes a la superficie característica.



Definiciones: Equivalente geométrico teórico

El término según norma ASME Y14.5M sería “True Geometric Counterpart”.

- Es el contorno perfecto **de una característica datum**.
- Así como la envolvente tangencial se aplica a cualquier característica el TGC se aplica a características que han sido elegidas para constituir el sistema de referencia.
- Así el TGC puede ser:
 - a. Un caso particular de envolvente tangencial, i.e. si el Datum se aplica en RFS.
 - b. O bien un contorno de condición virtual (MMC, LMC) cuando al caso anterior se le añade la tolerancia geométrica
 - c. Una superficie definida matemáticamente



Condiciones de Material

- Condición de Máximo Material (MMC)
- Condición de Mínimo Material (LMC)
- Independiente del tamaño (RFS)



Condición de Máximo Material (MMC).

- Se usaran los **acrónimos ingleses** de los términos por correspondencia con la norma ASME Y14.5M.
- MMC es la condición en la cual una característica de tamaño contiene la **máxima cantidad de material** dentro de los límites de tamaño especificados.
 - Por ejemplo, mínimo diámetro en un agujero y máximo tamaño de un eje.
 - Corresponde al caso del agujero más pequeño o el eje mayor.



Condición de Máximo Material (MMC).

- MMC se usa en características que intervienen en **acoplamientos**.
- MMC garantiza pues la funcionalidad de la pieza en un acoplamiento, definiendo un área libre de material, bien externa o interna, según sea la característica.
- La MMC permite aceptar piezas que la condición RFS rechazaría, a pesar de ser válidas funcionalmente si se tiene en cuenta la lógica de la MMC.



Condición de Máximo Material (MMC).

- A diferencia de la norma ISO, en la norma ASME la MMC implica forma perfecta en dicha condición.
- Una pieza producida en MMC tiene que tener geometría perfecta, no se permiten desviaciones de forma para una pieza producida en MMC.
- Esta es la denominada Regla #1 de la ASME (ver punto 2.7 limits of size).
- Esta condición no es requerida en el caso (LMC).



Condición de Mínimo Material (LMC).

- La condición en la cual una característica de tamaño contiene la mínima cantidad de material dentro de los límites de tamaño especificados.
 - Por ejemplo, máximo diámetro en un agujero y mínimo tamaño de un eje.
 - Corresponde al caso del agujero mayor o eje más pequeño.



Condición de Mínimo Material (LMC).

- A diferencia de MMC, la LMC se usa cuando se pretende preservar un mínimo de material, como por ejemplo:
 - Para asegurar una **mínima resistencia** de una **pared** después de la operación de **taladrado**.
 - En el caso de piezas coladas para asegurarse que las siguientes operaciones de mecanizado tendrán suficiente material para realizarse.
- Al igual que la MMC, la LMC nos permite aceptar piezas que bajo la condición RFS serían rechazadas, debido a la tolerancia extra que nos permite al separarnos de la condición virtual.



Independiente del tamaño (RFS).

- Regardless of Feature Size (RFS)
- La tolerancia geométrica o dato de referencia se aplica para cualquier incremento de tamaño de la característica dentro de sus tolerancias



Condición Virtual

- **Límite fijo** generado por el atributo de tamaño especificado en MMC o LMC y la tolerancia geométrica para esa condición de material.
- La **Condición Virtual** nos define el peor caso posible. Una vez conocida la **CV**, podremos jugar con nuestra tolerancia respetando dicha condición.
- A la **Condición Virtual** cuando corresponde a una característica interna (agujero) se le denomina también **Límite Interno** y si corresponde a una externa (tetón) **Límite Externo**.



Condición Resultante.

- El límite variable generado por los efectos del tamaño de la característica especificado en MMC o LMC, la tolerancia geométrica para esa condición de material, la tolerancia de tamaño y cualquier otra tolerancia adicional derivada de la desviación de la característica de su condición de material especificada.
- A la Condición Resultante cuando corresponde a una característica interna (agujero) se le denomina también **Límite Interno** y si corresponde a una externa (eje), **Límite Externo**.



Condiciones de Material. Reglas generales

Regla 1

- Una MMC dará lugar siempre a una CV o CR con '*más material*'.
- Una LMC da lugar a una CV o CR con '*menos material*'.



Condiciones de Material. Reglas generales

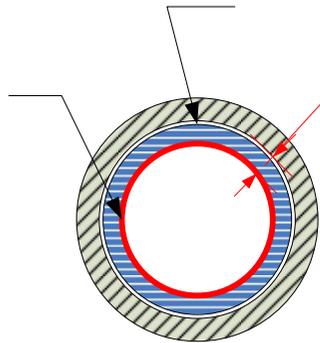
Regla 2

- La CV resulta de aplicar la **Tolerancia Geométrica** a la **Condición de Material** especificada en el plano
 - Es decir si el plano especifica MMC la CV saldrá de aplicar la tolerancia geométrica a dicha MMC, teniendo en cuenta la Regla 1 para calcularla.
 - $CV = TG \pm CM$
- La CR resulta de la variación permitida entre la Condición de Material opuesta a la especificada y la CV
 - Es decir si el plano especifica MMC, usaremos la LMC y la CV para calcularla, teniendo en cuenta la Regla 1.
 - $CR = CM \pm CV$

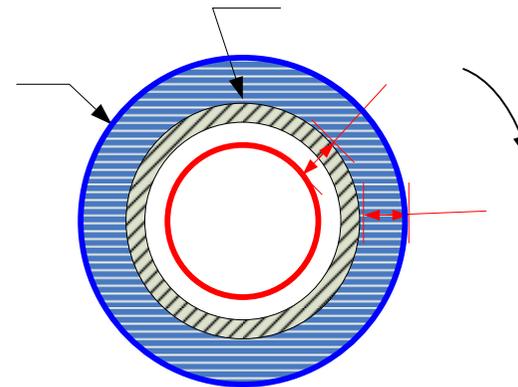


Condiciones de Material. Reglas generales

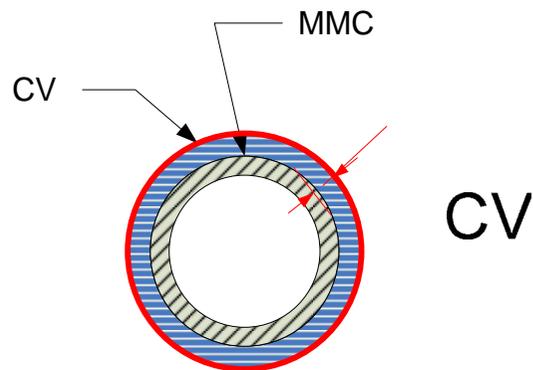
MMC



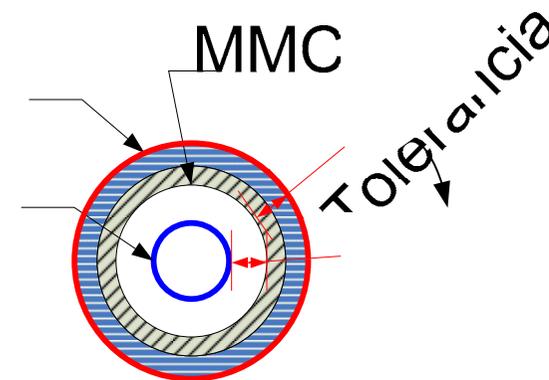
CV Característica Interna



CR Característica Interna



CV Característica Exterior

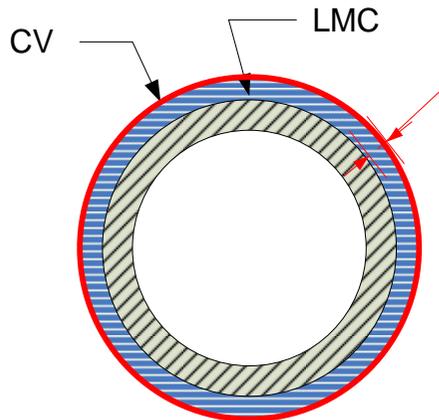


CR Característica Exterior

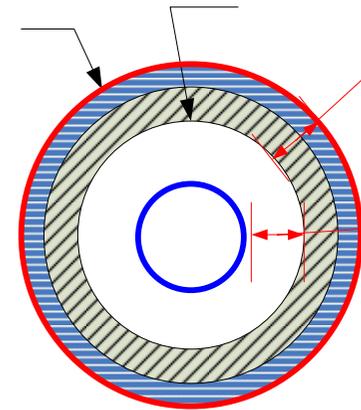


Condiciones de Material. Reglas generales

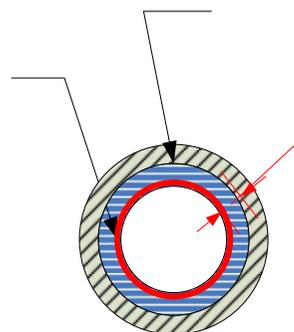
LMM



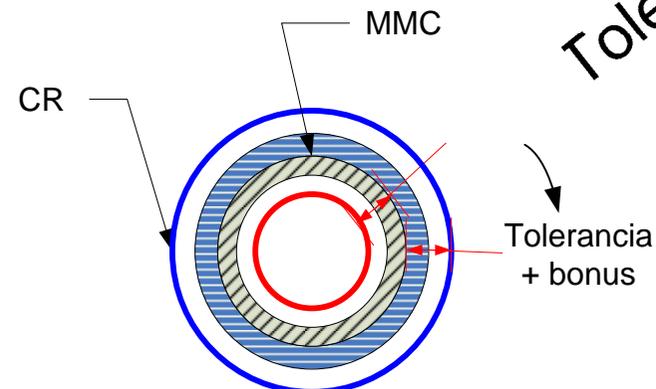
CV Característica Interna



CR Característica Interna



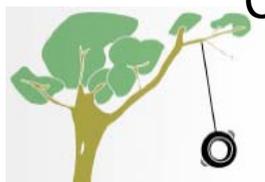
CV Característica Exterior



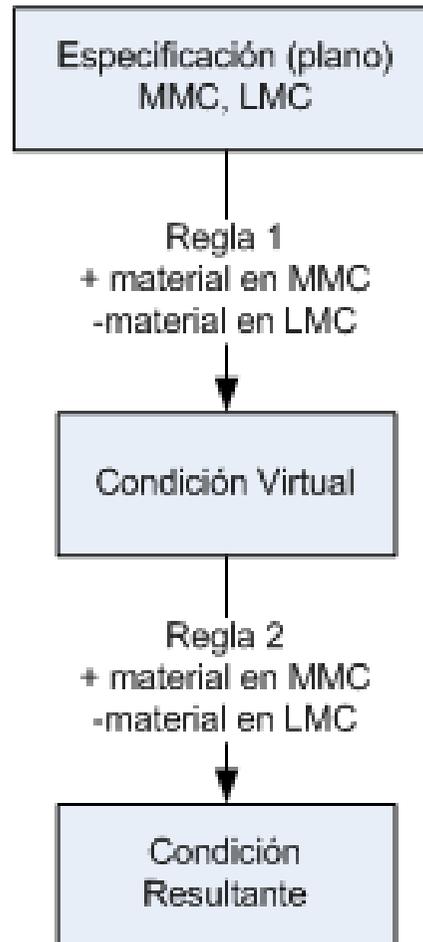
CR Característica Exterior

Tolerancia

Tolerancia + bonus



Condiciones de Material. Reglas generales



Galga sobre Papel

- Introducción
- Aplicaciones
 - Aplicaciones I: Verificación de una matriz de taladros
 - Aplicaciones II: Característica Datum aplicada en MMC
 - Aplicaciones III: Tolerancia de rotación en una Característica Datum en MMC
 - Aplicaciones IV: Determinar el Datum de un conjunto de características

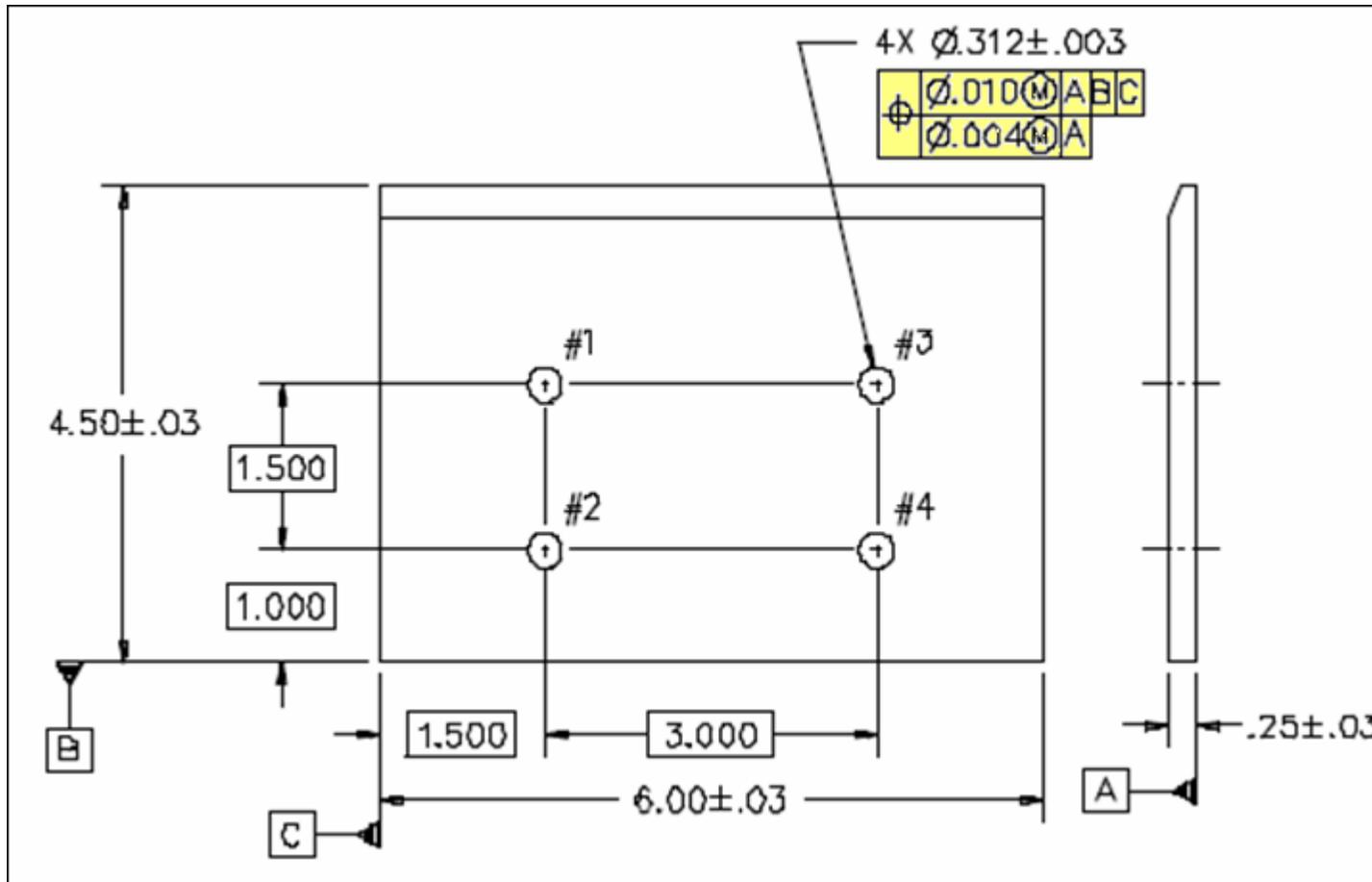


Galga sobre Papel

- La galga sobre papel es una de varias técnicas de inspección verificación que pueden usarse para asegurar conformidad con respecto a la intención de diseño.
- A esta técnica también se la conoce por galga blanda o análisis de inspección gráfica.
- Aplicable en bajos volúmenes de producción, donde el coste no justifica la realización de una galga funcional, o bien en un muestreo selectivo como complemento de la galga funcional, para dejar una constancia gráfica del proceso.
- Manejar y asentar los conceptos de GD&T



Aplicaciones I: Verificación de una matriz de taladros

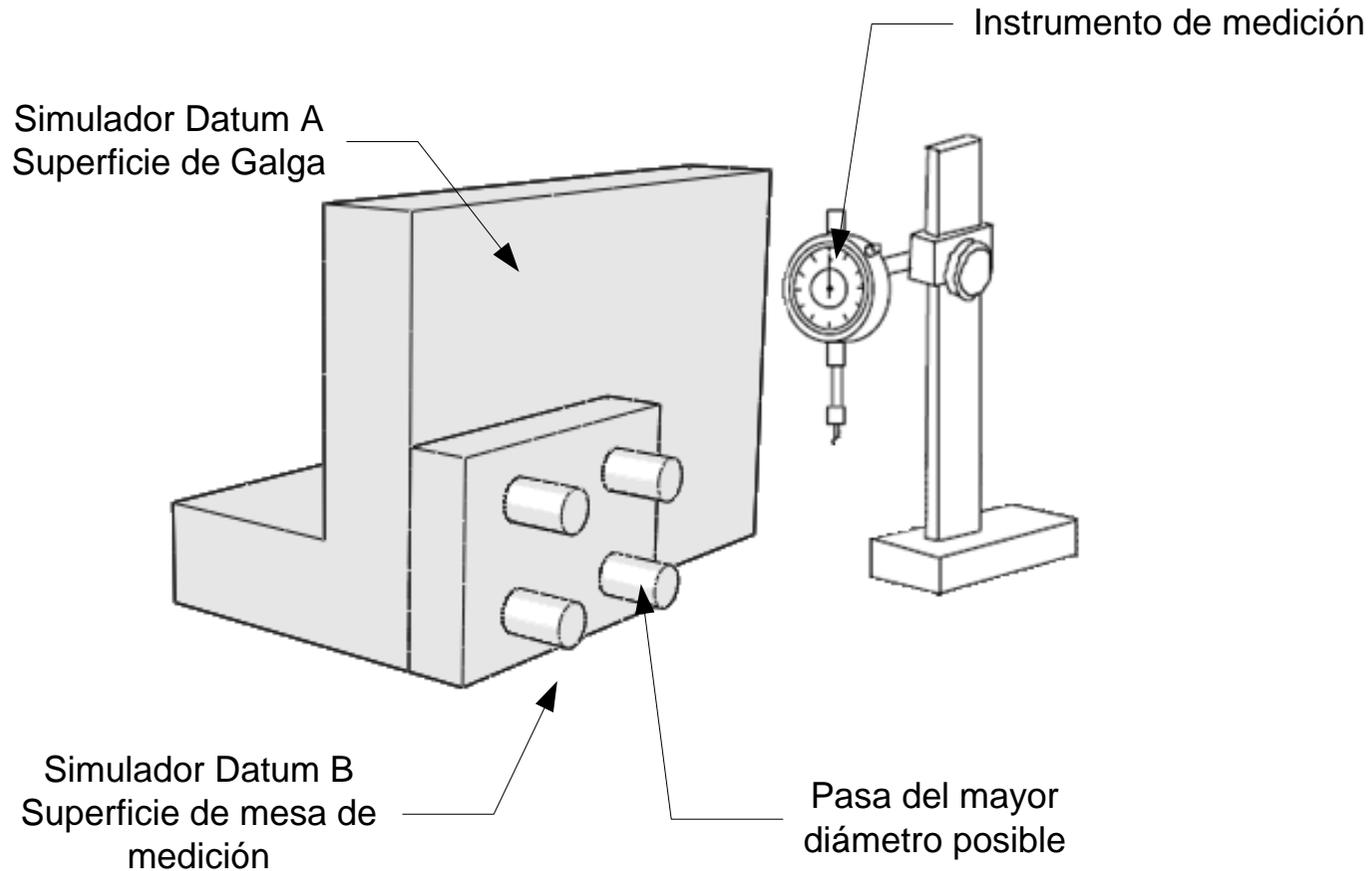


Proceso

1. Verificación de los diámetros de los taladros
2. Colocación de la pieza para medir la posición de los agujeros en la referencia de los Datum.
3. Inserción en los agujeros del pasa de mayor tamaño (determinado en 1).
4. Control de la posición de los agujeros
5. Mapeo de los resultados



Colocación de la pieza



Mapeo de Resultados

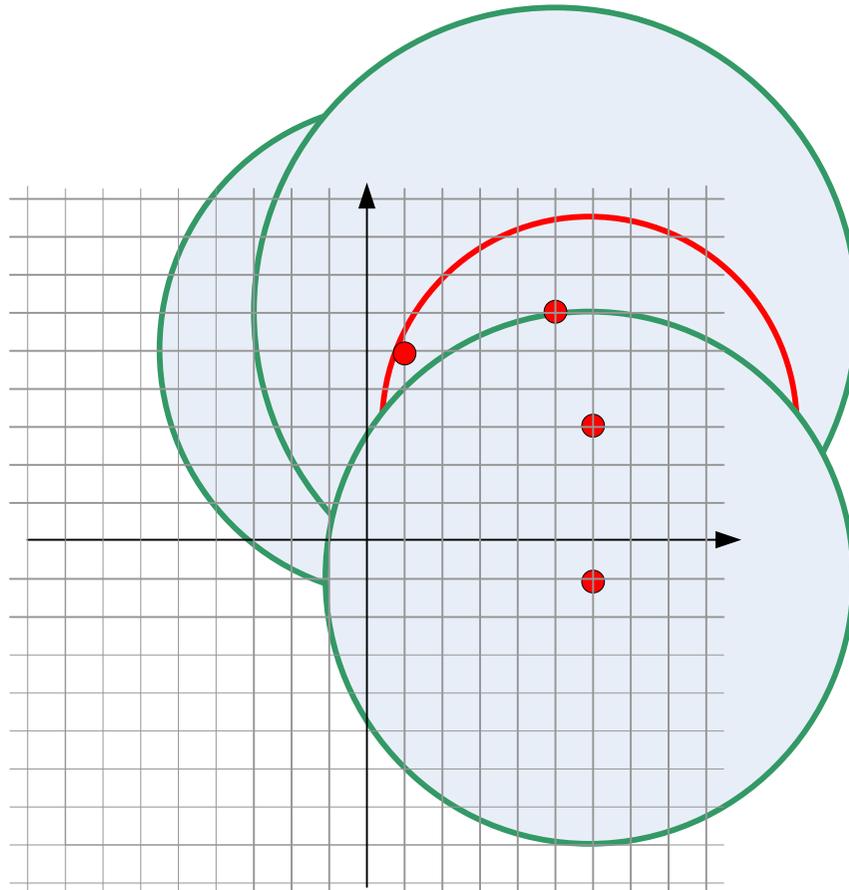
Nº	CARACT.	TAMAÑO			Tol+	COORD X			COORD Y			DESV	OK	NOK	
		MMC	ACTUAL	DESV	Bonus	BASE	ACTUAL	DEV	BASE	ACTUAL	DESV	Total			
1	.312±.003	0,309	0,310	0,001	0,011	1,500	1,506	0,006	2,500	2,503	0,003	0,013		X	
1b					0,005									X	
2			0,315	0,006	0,016	1,500	1,505	0,005	1,000	1,006	0,006	0,016	X		
2b					0,010									X	
3			0,313	0,004	0,014	4,500	4,506	0,006	2,500	2,499	-0,001	0,012	X		
3b					0,008									X	
4			0,312	0,003	0,013	4,500	4,501	0,001	1,000	1,005	0,005	0,010	X		
4b					0,007										X

La columna de la desviación Total, comparada con la columna de Tol+bonus nos da el criterio de aceptación para la condición:

\varnothing	Ø 0.010	(M)	A	B	C
---------------	---------	-----	---	---	---



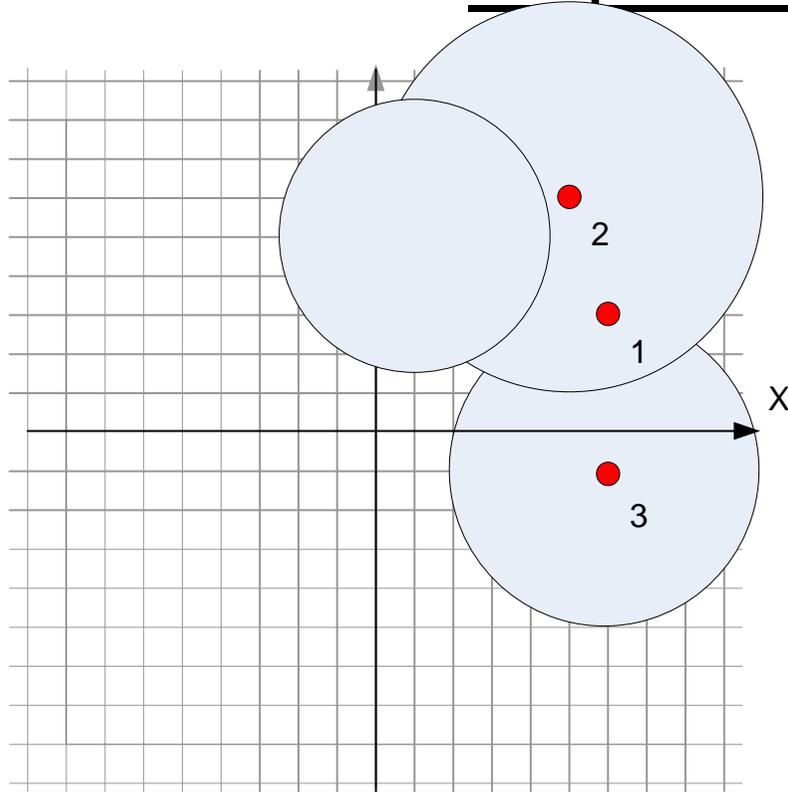
Mapeo de Resultados



- Al diagrama adjunto se le conoce también por **diagrama polar**.
- Cada área circular en azul es un Lugar Geométrico de Aceptación para ese punto, es decir, si el **origen** estuviese **dentro de ese área** ese punto sería **Ok** → desviación punto **dentro de Tol+Bonus**.
- Cada punto tiene unas condiciones distintas debido a la MMC.
- Vemos como el círculo correspondiente al punto 1 no encierra al origen y por lo tanto origina no conformidad.



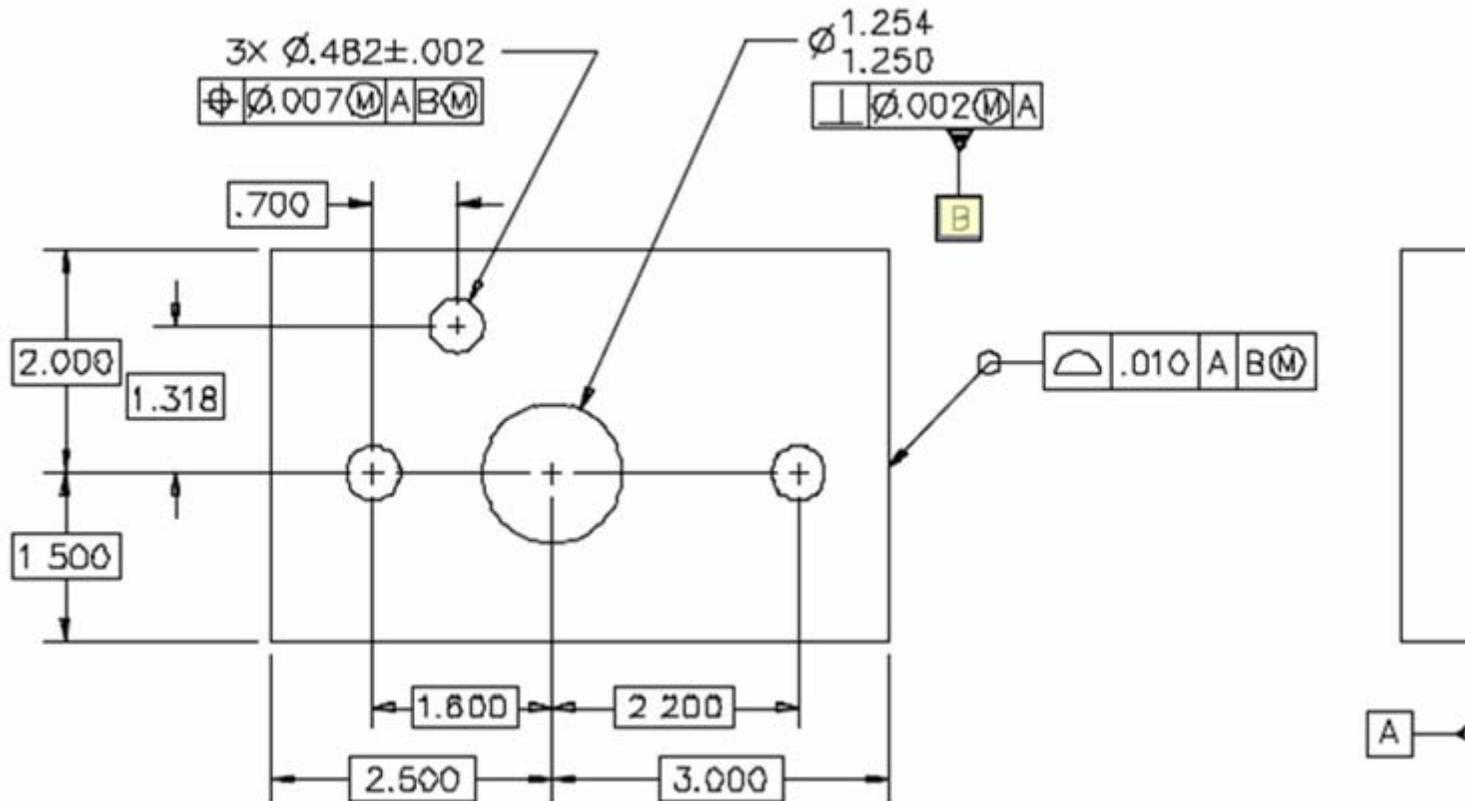
Mapeo de Resultados



- La verificación de la segunda condición, la posición relativa de los ejes entre sí, se realiza de una forma análoga.
- En este caso las áreas de conformidad tienen un \emptyset igual al indicado en las filas 1b, ..., 4b.
- Puesto que en este caso no hay referencia a los datum, tenemos **libertad** para **mover el origen**, a diferencia de la situación con la primera condición.
- Si hay **interferencia** entre todas las áreas podemos mover el origen a un punto de ella → conformidad.
- En nuestro caso dado que las áreas 3 y 4 son disjuntas, no tenemos conformidad. Se puede señalar arbitrariamente a uno de los ~~das~~ puntos como no conforme.



- Aplicaciones II: Característica Datum aplicada en MMC



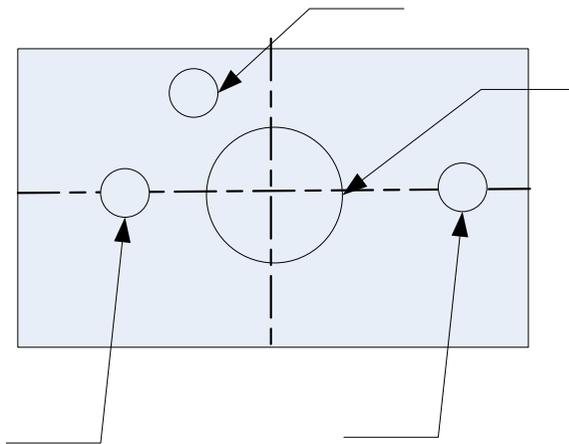
Galga sobre Papel: Proceso

El proceso será el mismo que el seguido para el caso I con dos particularidades:

- La referencia Datum B se construirá con un pasa que mejor ajuste en su agujero.
- A la hora de colocar la pieza se elegirá arbitrariamente uno de los agujeros para parar la rotación.
- Habrá un ajuste final de resultados basado en la MMC del Datum B



Diámetro de taladros

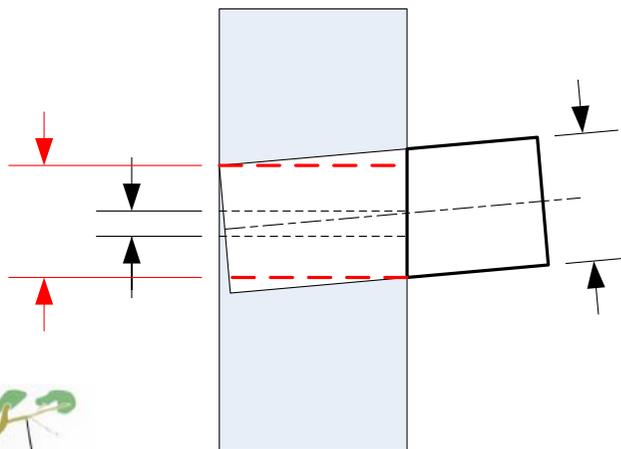


El tamaño del pasa en el Datum B se ha Determinado de 1.253

Se ha medido también su perpendicularidad Con respecto al Datum A dando una Desviación de 0.001.

Por lo tanto la envolvente tangencial tiene un \varnothing de $1.253 - 0.001 = 1.252$.

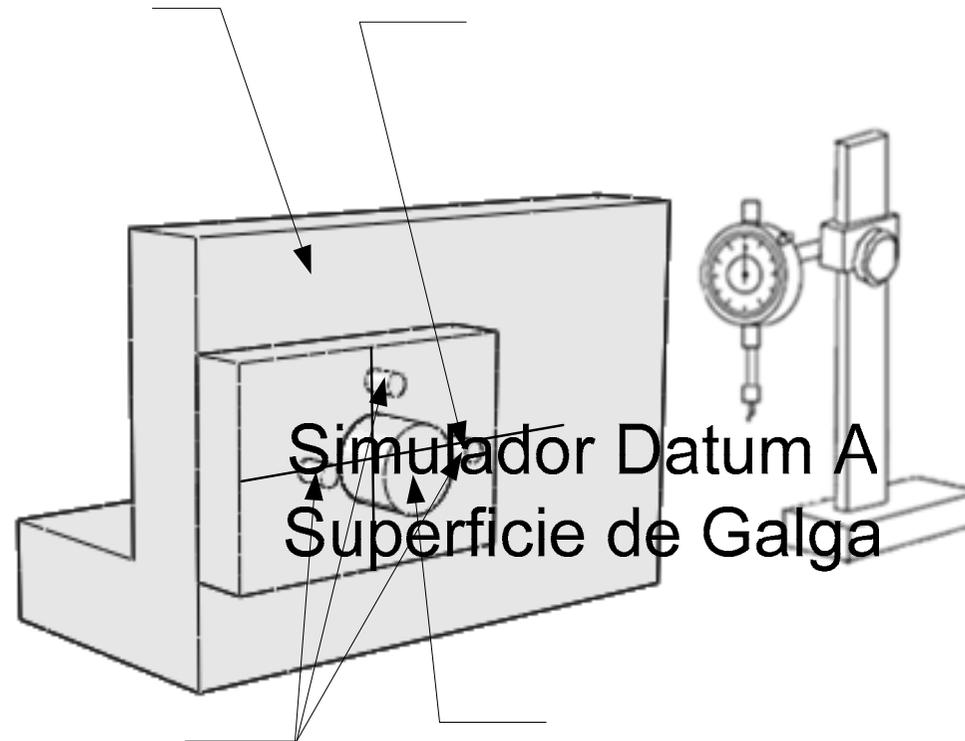
Con $\varnothing.001$



La diferencia con MMC será de:
 $1.252 - 1.250 - 0.002 = 0.004$



Colocación de la pieza



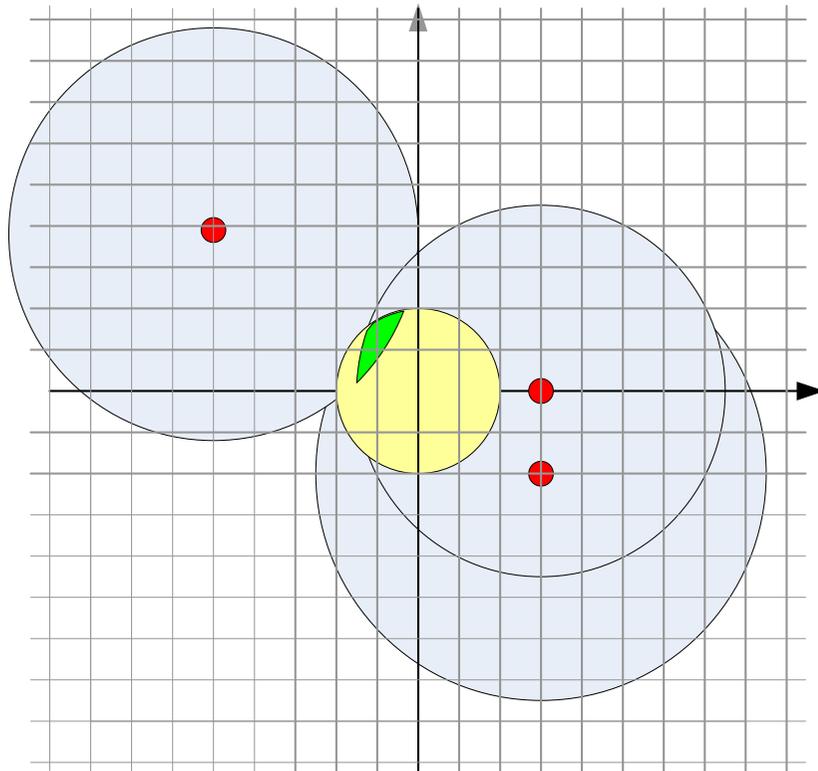
Mapeo de Resultados

Nº	CARACT.	TAMAÑO			Tol+ Bonus	COORD X			COORD Y			DES Total	OK	NOK
		MMC	ACTUAL	DES		BASE	ACTUAL	DEV	BASE	ACTUAL	DES			
1	.482±.002	0,48	0,482	0,002	0,009	2,200	2,203	0,003	0,000	0	0,000	0,006	X	
2			0,483	0,003	0,010	-0,900	-0,905	-0,005	1,318	1,322	0,004	0,013	X	
3			0,484	0,004	0,011	-1,600	-1,597	0,003	0,000	-0,002	-0,002	0,007	X	

- Se puede observar que el punto 2 cae fuera en principio de la tolerancia posicional admitida (0,010).
- Comparando la envolvente de la característida datum B con su MMC, vemos que hay 0,004 de diferencia entre los dos.



Mapeo de Resultados



- En el diagrama polar, las coordenadas representan desviaciones.
- Cada área circular en azul es un Lugar Geométrico de Aceptación para ese punto, es decir, si el origen estuviese dentro de ese área ese punto sería Ok → desviación punto dentro de Tol+Bonus.
- El desplazamiento del origen está limitado por el desplazamiento del datum B con una desviación máxima de 0.004 (area amarilla).
- La \cap de las áreas nos dará la zona de conformidad.



2

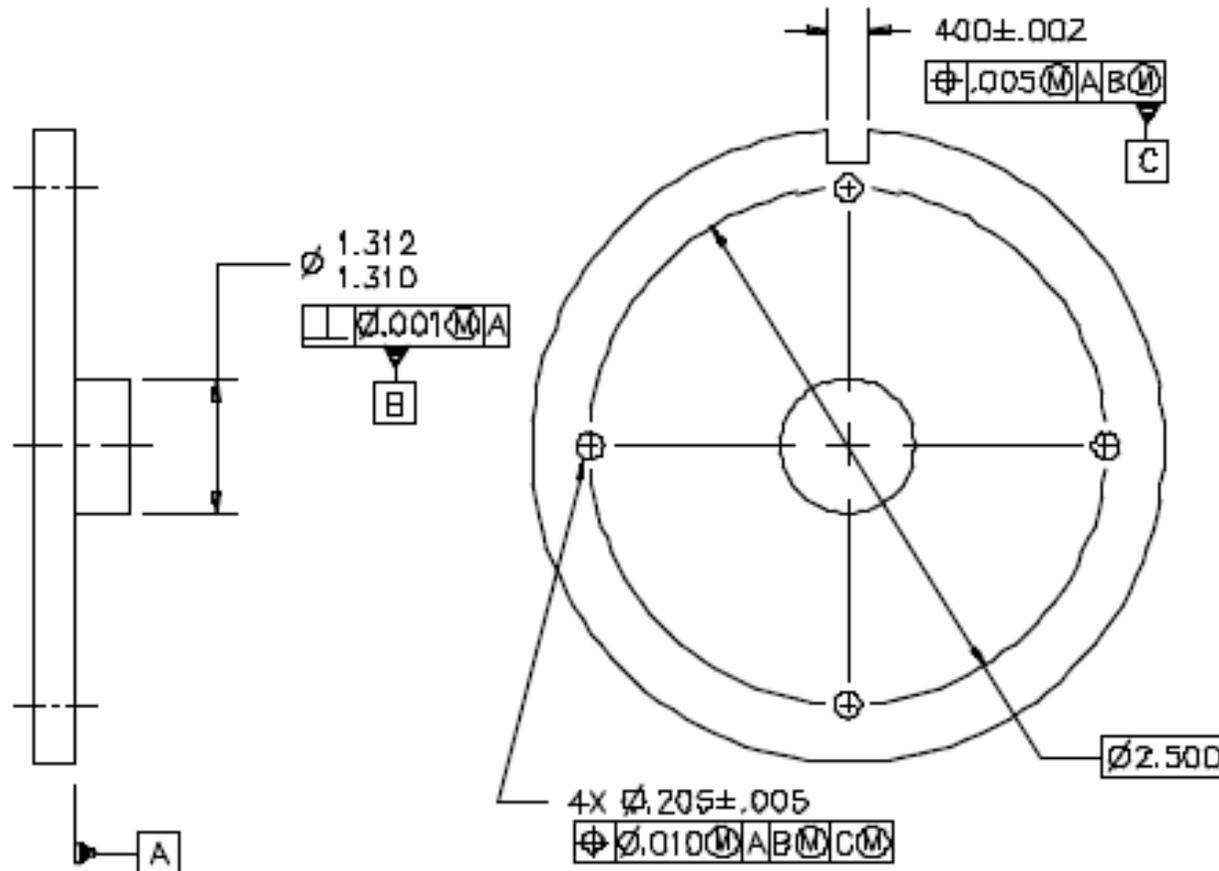
47

1

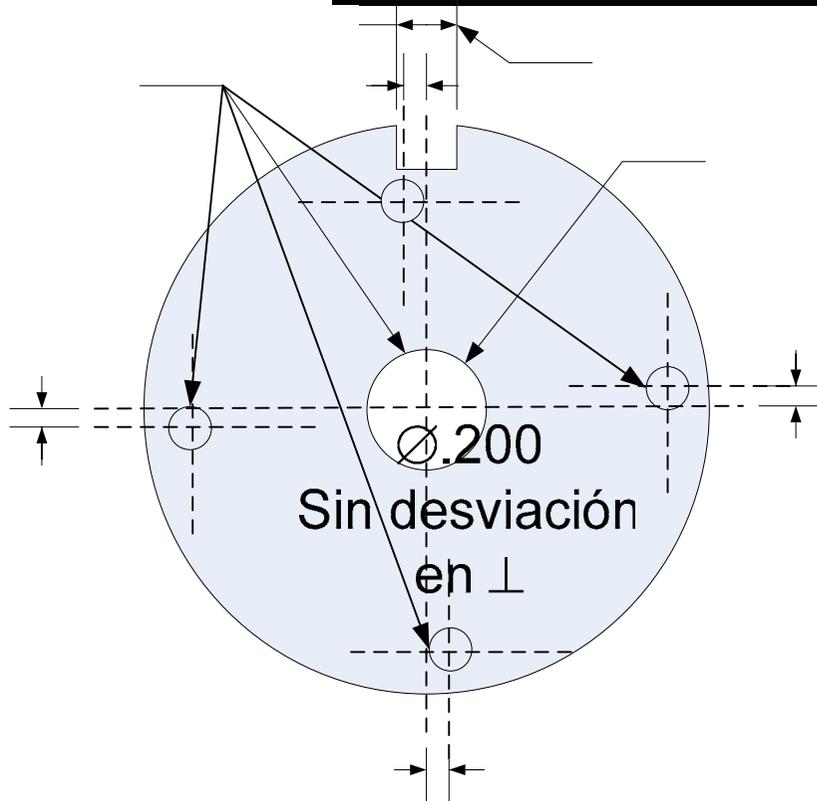


X

Aplicaciones III: Tolerancia de rotación en una Característica Datum en MMC



Diámetro de taladros



Para centrarnos en el efecto de la ranura (Datum C), suponemos que:

- los taladros están a MMC y tienen forma perfecta.
- La envolvente de B coincide con su condición virtual → no hay juego en el Datum B.

Fuera de p respect

El único juego proviene del giro que podemos dar en C.

$$\begin{aligned} \text{Ø Envolvente de B} &= \text{ØB} - \text{Desv} \perp B = 1.311 - 0.002 = 1.309 \quad \rightarrow 0 \text{ juego} \\ \text{Ø CV de B} &= 1.310 - 0.001 = 1.309 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ø Envolvente de C} &= 0.400 - 0.001 = 0.399 \\ \text{Ø CV de C} &= \text{MMC} - 0.005 = 0.400 - 0.002 - 0.005 = 0.393 \quad \rightarrow 0.006 \text{ juego} \quad \mathbf{2} \end{aligned}$$



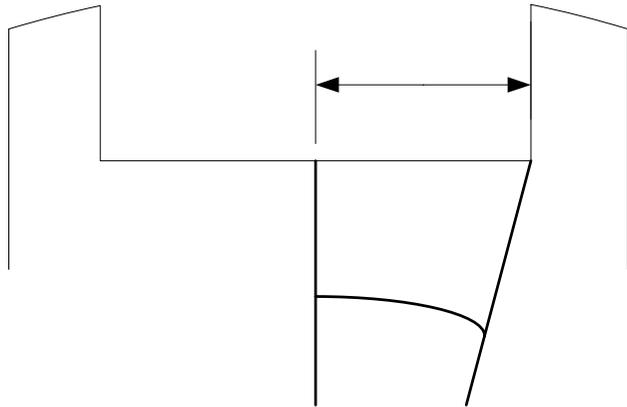
Mapeo de Resultados

Nº	CARACT.	TAMAÑO			Tol+ Bonus	COORD X			COORD Y			DESV Total	OK	NOK
		MMC	ACTUAL	DESV		BASE	ACTUAL	DEV	BASE	ACTUAL	DESV			
1	.205±.005	0,2	0,2	0,000	0,010	0,000	-0,005	-0,005	1,250	1,253	0,003	0,012	X	
2			0,2	0,000	0,010	1,250	1,253	0,003	0,000	0,005	0,005	0,012	X	
3			0,2	0,000	0,010	0,000	0,005	0,005	-1,250	-1,248	0,002	0,011	X	
4			0,2	0,000	0,010	-1,250	-1,248	0,002	0,000	-0,005	-0,005	0,011	X	

- Observamos que la desviación permitida por los taladros es nula.
- En principio todos los taladros estarían fuera de cumplir la limitación bonus+tol.



Mapeo de Resultados



Observar la dirección de desplazamiento de los Puntos con el giro.

Cuanto podemos desplazarles?

Si aproximamos la tg por el ángulo, la pieza puede rotar un ángulo a cada lado de:

$$\omega r = j/2 \rightarrow \omega = j/2r$$

Siendo:

- r la distancia del eje de giro a la ranura.
- j el juego de nuestro datum.

Conociendo el semi-ángulo que puede girar la pieza, para cada agujero su movimiento será:

$$m_x = \omega r_x$$

Siendo:

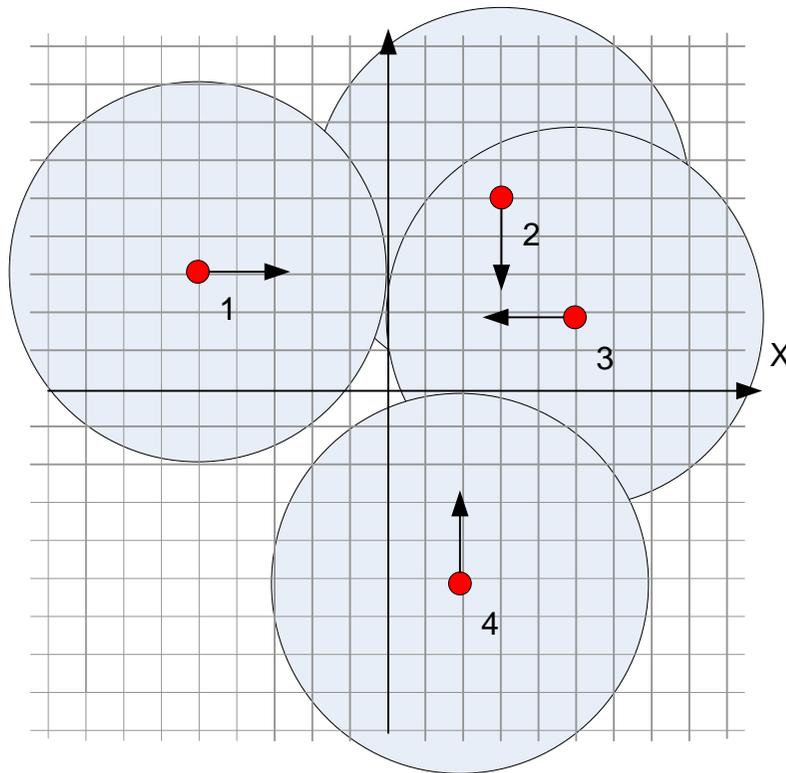
- m_x el movimiento máximo permitido.
- r_x la distancia del eje del agujero al eje de giro, 0.0025 en nuestro caso.



r ⁵¹



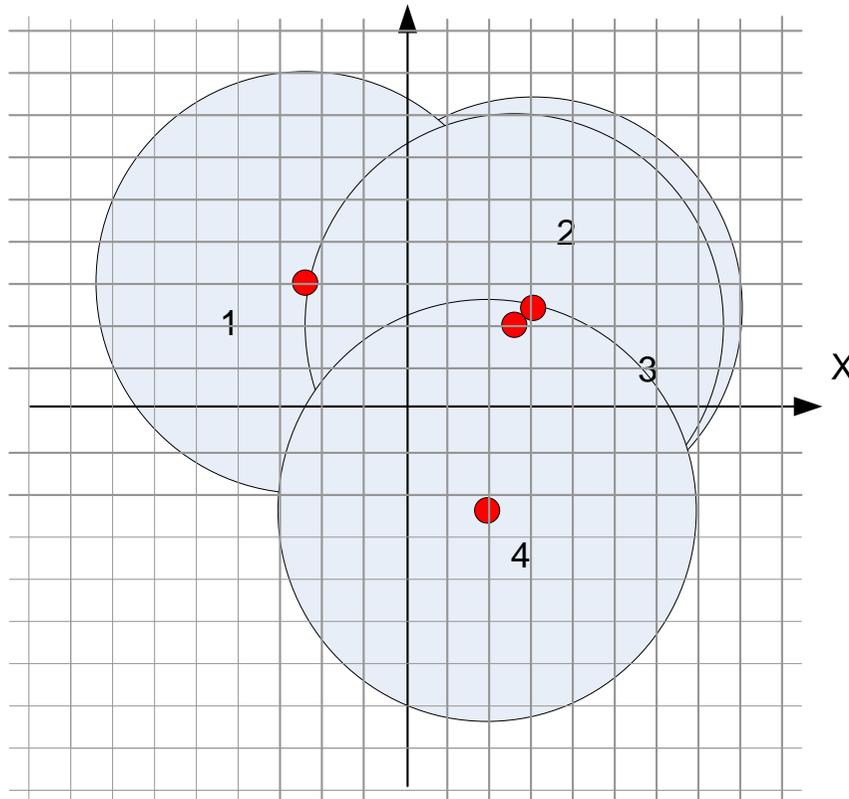
Mapeo de Resultados



- Esta es la situación inicial, en la que el origen cae fuera de todas las áreas de conformidad.
- Sería la situación reflejada en la tabla de resultados.
- Las flechas nos indican el vector desplazamiento que podemos dar a cada área debido al giro.



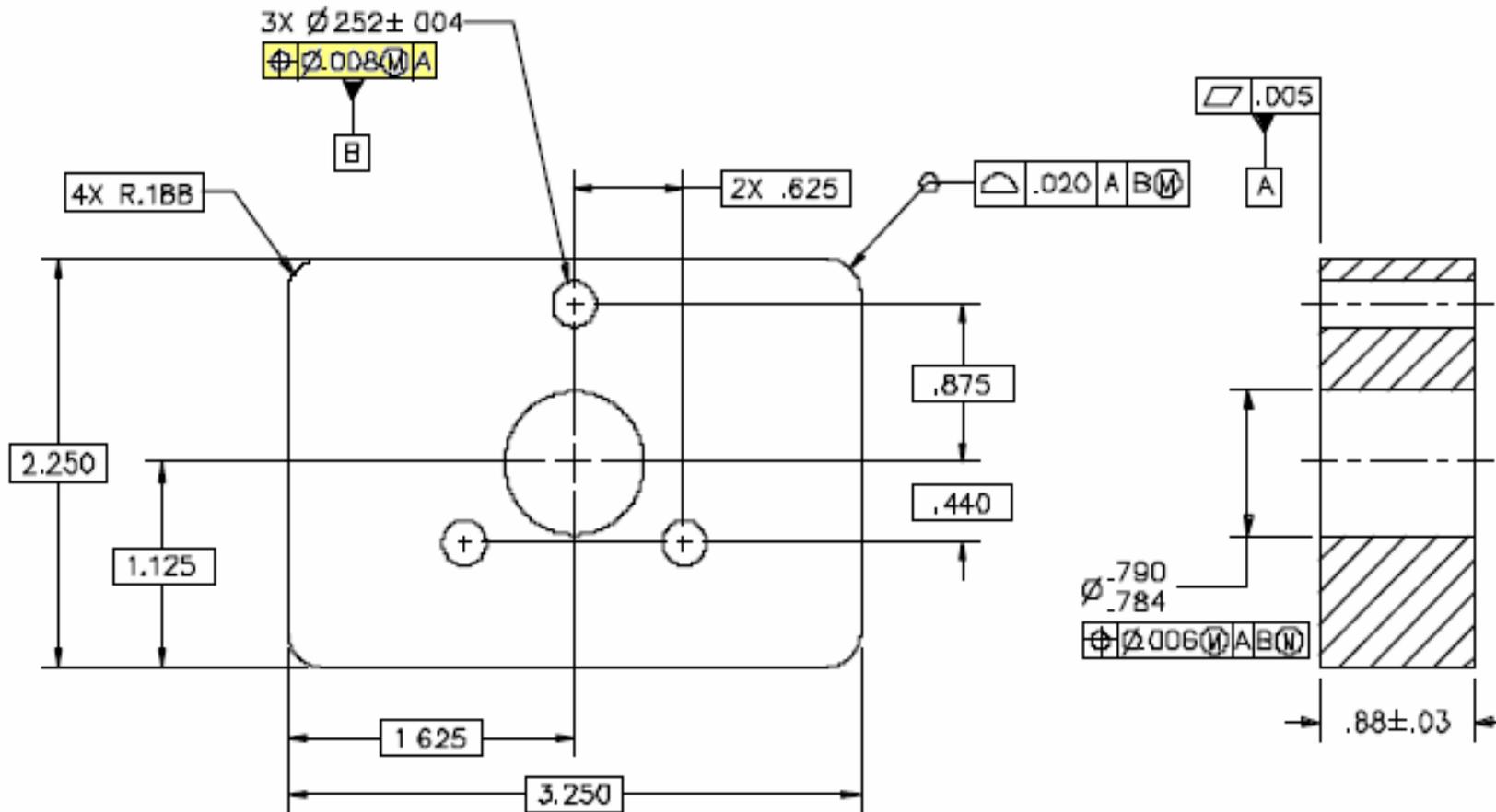
Mapeo de Resultados



- Esta es la situación final, después de aplicar el giro.
- Se observa que el origen cae dentro de todas las áreas y por lo tanto todos los puntos son conformes.



Aplicaciones IV: Determinar el Datum de un conjunto de características



Aplicaciones IV: Determinar el Datum de un conjunto de características

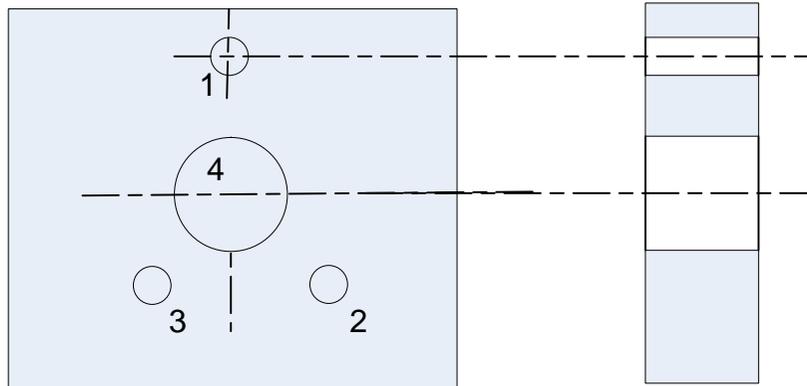
- Cuando un conjunto de características, como un conjunto de taladros, se usa como Datum en condición MMC, el **Equivalente Geométrico Teórico** (por ser una característica Datum) del conjunto se usa para establecer el Datum.
- En nuestro caso el TGC estará constituido por la CV de cada cilindro. Cada uno de ellos sería un pin en una galga funcional de \varnothing :

$$\varnothing = \text{MMC} - \text{TolGeom} = 0.248 - 0.008 = 0.240$$



Mapeo de resultados

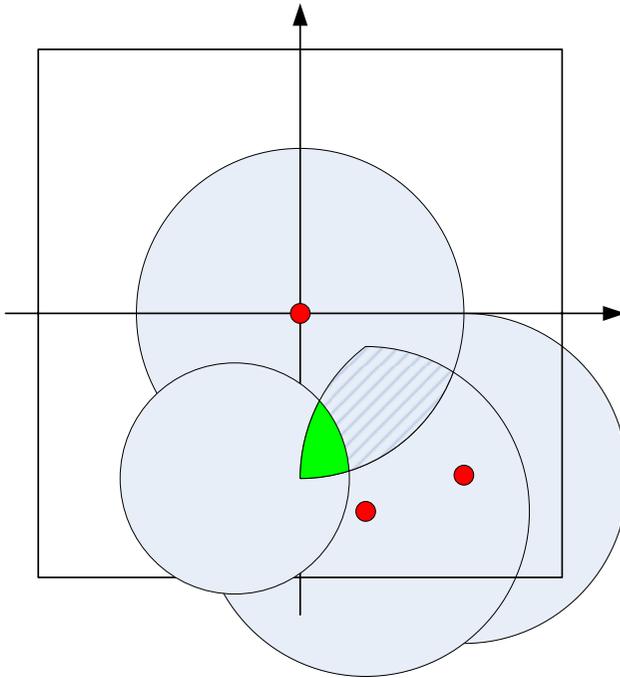
Nº	CARACT.	TAMAÑO			Tol+ Bonus	COORD X			COORD Y			DES Total	OK	NOK
		MMC	ACTUAL	DESV		BASE	ACTUAL	DEV	BASE	ACTUAL	DESV			
1			0,25	0,002	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	X	
2	.252±.004	0,248	0,25	0,002	0,010	-0,625	-0,623	0,002	-1,315	-1,321	-0,006	0,013	X	
3			0,25	0,002	0,010	0,625	0,63	0,005	-1,315	-1,32	-0,005	0,014	X	
4	.787±.003	0,784	0,785	0,001	0,007	0,000	-0,002	-0,002	-0,875	-0,880	-0,005	0,011	X	



- Inicialmente tomamos el agujero N°1 como origen, de forma que este no tendrá desviación.
- Vemos que en principio la desviación total en los puntos 2,3 y 4 nos impediría aceptar la pieza.



Mapeo de resultados



- En el diagrama polar, las coordenadas representan desviaciones.
- Cada área circular es un **Lugar Geométrico de Aceptación** para ese punto, es decir si el origen estuviese dentro de ese área el punto sería Ok.
- El \varnothing del área para cada punto se corresponde al valor de la columna ^Y(Tol+Bonus).
- En principio el Datum B únicamente ha de cumplir el ser \perp al Datum A, luego puedo mover el origen de mi diagrama, sería un caso similar al caso II.

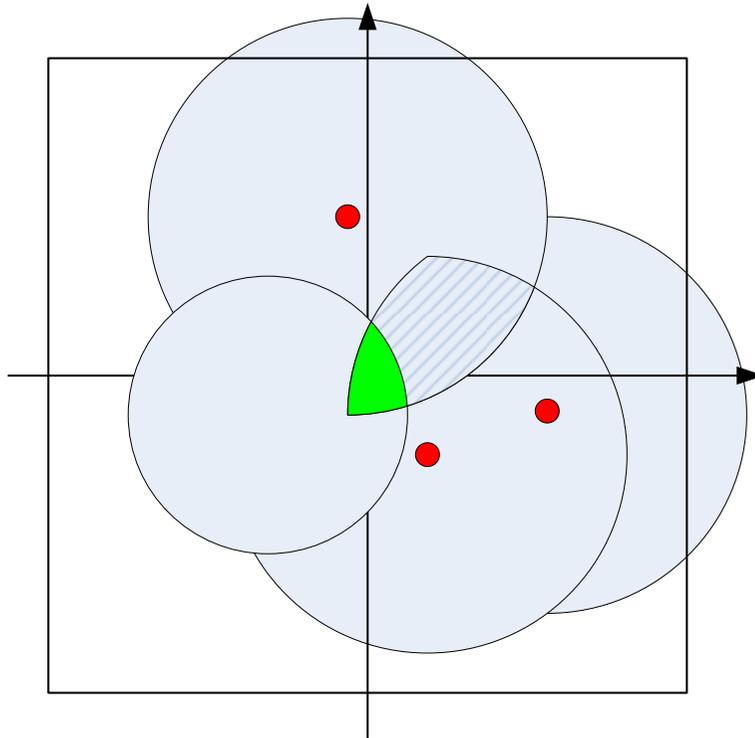
1

X

57



Mapeo de resultados



- Si hay interferencia de áreas
 → podemos mover el origen
 (físicamente se correspondería al desplazamiento que nos permite el juego en la galga)
 a un punto de esa área y la pieza sería conforme, tal y como ocurre en el ejemplo.



Referencias

- ASME Y14.5M-1994.
- ASME Y14.5.1M Mathematical Definition of Dimensioning and Tolerancing Principles.
- Dimensioning and Tolerancing Handbook (P Drake).
- Gaging Practical design and application (Edward S Roth, Robert E King).
- Jig & Fixture Design (Edward G. Hoffman).

Contacto:

egarci23@ford.com

