

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHIHUAHUA.

09

METROLOGÍA AVANZADA. **ACUMULACIÓN DE TOLERANCIAS.**

ÍNDICE ALFABÉTICO:

A

ACUMULACION DE TOLERANCIAS Y DIMENSIONAMIENTO DE LINEA BASE. · 3
APLICACIONES DE LA ACUMULACION DE TOLERANCIAS EN INGENIERIA · 8

C

COMPARACIONES ENTRE EL METODO DE MONTECARLO Y EL DLM · 6
CONCLUSION · 9

D

DEFINICION DE TOLERANCIA. · 3
DISEÑO DE UN DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE · 7

E

ESTIMACION DE LA ACUMULACION DE TOLERANCIAS EN LOS ENSAMBLAJES · 6

I

INFLUENCIA DEL ORDEN DE MONTAJE · 5
INTRODUCCION. · 3

R

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA DE INTERNET · 9

S

SOFTWARES COMERCIALES DE CAT (Computer Aided Tolerancing). · 7

U

USOS Y APLICACIONES DE ESTOS SISTEMAS · 8
UTILIZACION DEL CAD PARA CALCULAR LA TOLERANCIA DE ENSAMBLAJE · 7

V

VARIACION DE LAS POSICIONES EN LOS ENSAMBLAJES · 4
VENTAJAS POR EL USO DE ACUMULACION DE TOLERANCIAS · 8

INTRODUCCIÓN.

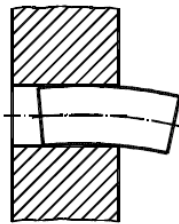
De manera general toda máquina está compuesta por elementos, mismos que son conformados por maquinas simples (palanca, tornillo, plano inclinado, etc.), estas a su vez se unen gracias a ensambles mecánicos para lograr que varios millones de elementos tan simples conformen sofisticadas maquinas como un transbordador espacial. Todos estos ensambles están regidos por tolerancias tanto individuales como en conjunto de los mismos elementos. Por ello encontramos que en el dimensionamiento de tolerancias, es muy importante considerar el efecto de una tolerancia sobre otra. Cuando la ubicación de una superficie se ve afectada por más de un valor de tolerancia, dichas tolerancias son acumulativas.

DEFINICIÓN DE TOLERANCIA.

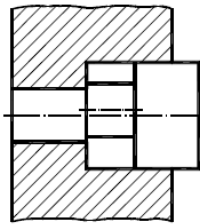
Podríamos definir la tolerancia geométrica de un elemento que conforma una pieza (superficie, eje, plano de simetría, etc.) como la zona de tolerancia dentro de la cual debe estar contenido dicho elemento. Dentro de la zona de tolerancia el elemento puede tener cualquier forma u orientación, salvo si se da alguna indicación más restrictiva. El uso de tolerancias geométricas evita la aparición en los dibujos de observaciones tales como “superficies planas y paralelas”, con la evidente dificultad de interpretación cuantitativa que conllevan; aún más, a partir de los acuerdos internacionales sobre símbolos para las tolerancias geométricas, los problemas de lenguaje están siendo superados.

Las tolerancias geométricas deberán ser especificadas solamente en aquellos requisitos que afecten a la funcionalidad, intercambiabilidad y posibles cuestiones relativas a la fabricación; de otra manera, los costos de fabricación y verificación sufrirán un aumento innecesario. En cualquier caso, estas tolerancias habrán de ser tan grandes como lo permitan las condiciones establecidas para satisfacer los requisitos del diseño.

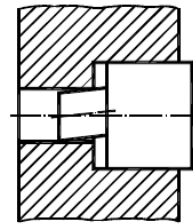
El uso de tolerancias geométricas permitirá, pues, un funcionamiento satisfactorio y la intercambiabilidad, aunque las piezas sean fabricadas en talleres diferentes y por distintos equipos y operarios.



DEFECTO DE RECTITUD



DEFECTO DE COAXIALIDAD



DEFECTO DE PERPENDICULARIDAD

ACUMULACION DE TOLERANCIAS Y DIMENSIONAMIENTO DE LINEA BASE.

El análisis de tolerancias es el término general utilizado para todas las actividades relacionadas con el estudio de la acumulación de las variaciones en partes mecánicas y ensambles. También pudiese usarse en otros tipos de sistemas en los que se manejen acumulación de las variaciones, como lo es en los sistemas eléctricos.

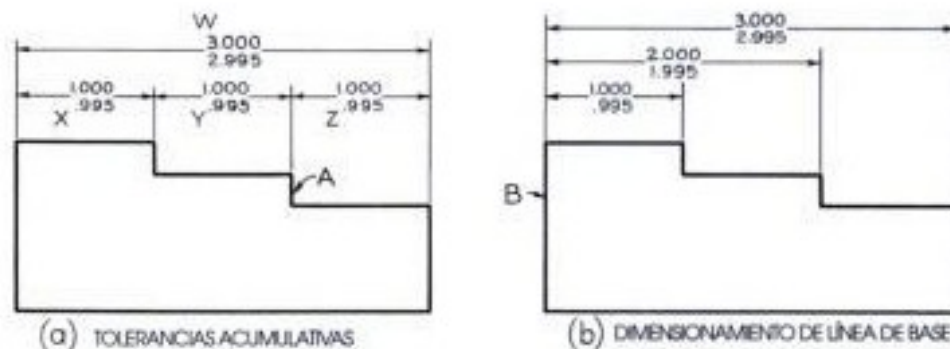
Tolerance stacks, tolerance stackups o tolerance stack-ups son términos utilizados para describir el proceso y los efectos de las variaciones acumulativas en la ingeniería mecánica especificadas en las dimensiones y tolerancias. Alex Krulikowski (1994).

Generalmente estas dimensiones y tolerancias son especificadas en un dibujo de ingeniería. La acumulación de tolerancias aritméticas utiliza el peor de los casos, ya sea el máximo o el mínimo valor de las dimensiones con el fin de calcular la máxima o mínima (holgado o con interferencia) distancia entre dos elementos. Esto se puede lograr mediante un sistema estadístico basado en cálculos aritméticos.

Por lo tanto la acumulación de tolerancias es el efecto que tiene una tolerancia sobre otra; es decir cuando la ubicación de una superficie se ve afectada por más de un valor de tolerancia, estas tolerancias son acumulativas.

En algunos casos, por razones funcionales, puede ser deseable conservar cercanas las tres dimensiones (como en este caso X, Y, Z mostrados en la figura) sin considerar la anchura total de la parte. En tales casos, la dimensión total debe convertirse en una dimensión de referencia colocada entre paréntesis. En otros casos puede desearse la conservación de dos dimensiones (como X e Y), y la anchura total de la parte. En este caso una dimensión como la Z debe omitirse o bien proporcionarse solo como una dimensión de referencia.

Como regla general, resulta mejor dimensionar cada superficie de manera que este afectada por solo una dimensión. Esto puede hacerse relacionando a todas las dimensiones con una sola superficie de referencia tal como la superficie B.



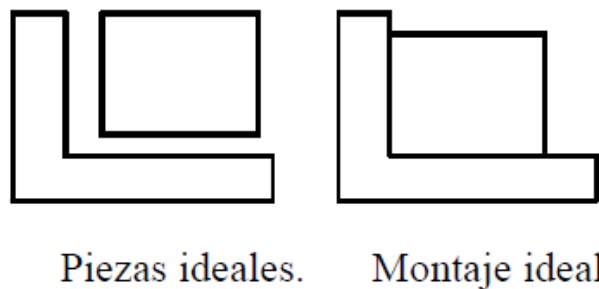
VARIACIÓN DE LAS POSICIONES EN LOS ENSAMBLAJES.

Son tres las fuentes principales que deben ser tenidas en cuenta en la variación de las posiciones en los ensamblajes [Chase, 1999]:

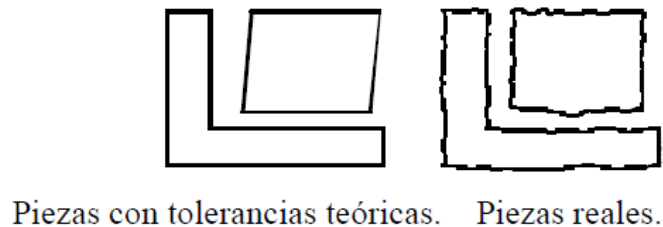
- Las variaciones debidas a las tolerancias dimensionales (longitudinales y angulares).
- Las variaciones debidas a las tolerancias geométricas (posición, redondez y planicidad).
- Las variaciones cinemáticas (pequeños desplazamientos en los acoplamientos de las piezas).

INFLUENCIA DEL ORDEN DE MONTAJE.

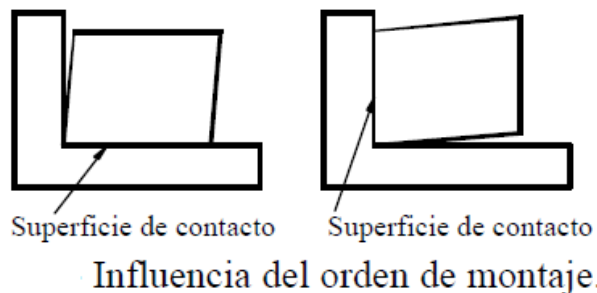
La descripción del problema general de análisis de tolerancias de los conjuntos y mecanismos aun es más compleja ya que además de estudiar las tolerancias dimensionales y el aspecto superficial, influyen el orden de montaje y las tolerancias geométricas. Para ilustrar el análisis de tolerancias en general, tomaremos el siguiente ejemplo. Suponemos un conjunto formado únicamente por dos piezas. Podemos hacerlo de dos formas: poniendo en contacto primero las caras horizontales y luego las verticales, o al revés. Si ambas piezas fuesen perfectas, el resultado sería el mismo.



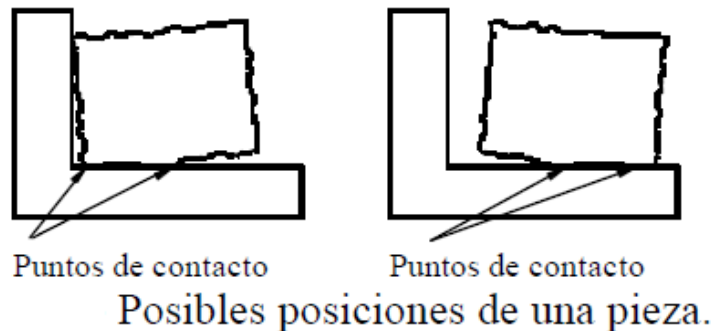
Pero las piezas no son ideales y tienen errores de forma en sus superficies y errores dimensionales y geométricos.



Si realizamos el estudio teniendo en cuenta las tolerancias teóricas. Podemos comprobar cómo influye el orden de montaje. Si ponemos en contacto primero las caras verticales y luego las horizontales, obtenemos el resultado de la derecha; si ponemos primero las horizontales y luego las verticales, obtenemos el resultado de la izquierda.



Si además estudiamos la influencia real de las superficies, los puntos de apoyo de la superficie horizontal pueden ser distintos, en función de su aspecto superficial, obteniendo distintas posiciones de las piezas.



De los ejemplos anteriores deducimos que en el análisis de tolerancias influyen tanto las tolerancias individuales de cada pieza, como la secuencia y métodos de montaje de cada pieza en el conjunto. Para resolver el problema debemos actuar sobre aquellas tolerancias que realmente influyen en las mediciones finales, y sobre los procesos de montaje.

MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE TOLERANCIAS EN LOS ENSAMBLES.

- Por el método del peor de los casos.
Suponiendo que la tolerancia del ensamblaje es igual a la suma de las tolerancias que intervienen en la condición de ensamblaje.
- El método de la raíz cuadrada (RSS).
Establece la probabilidad de obtener el máximo y el mínimo valor
- De forma aleatoria, por simulación del método de Monte Carlo.
El método Monte Carlo estima la variación dimensional en un ensamblaje, debido a las variaciones dimensionales y geométricas de los distintos componentes del ensamblaje
- DLM (Direct Linearization Method).

La decisión del método que utilicemos para llegar a la acumulación de tolerancias dependerá del dimensionamiento y de los estándares de tolerancias a los que están referidos los documentos ingenieriles; ya sea ASME Y14.5, ASME Y14.41 o el equivalente en las normas ISO.

COMPARACIONES ENTRE EL MÉTODO DE MONTECARLO Y EL DLM.

[Gao, 1995] Realizó un estudio de siete mecanismos en 2D, uno en 3D, incluyendo en dos de ellos control de tolerancias geométricas, además de las dimensionales. Comparó el método Monte Carlo con el método DLM, obteniendo los siguientes resultados:

1. El método DLM es preciso estimando la variación del ensamblaje. Es también preciso en predecir los rechazos de ensamblajes, en la mayoría de los casos, excepto cuando el número de restricciones cinemáticas no lineales es alto.
2. El tamaño de la muestra tiene gran influencia en predecir los ensamblajes rechazados en el método Monte Carlo, pero el efecto es pequeño en la simulación de las variaciones del ensamblaje, para tamaño de muestreo mayor de 1.000 simulaciones.

3. Las restricciones no lineales en los ensamblajes, pueden causar un cambio significativo en el resultado de las dimensiones cinemáticas del ensamblaje y en la simetría de la distribución.
4. Para muestreo superior a 30.000, es más preciso el método Monte Carlo, que el método DLM en predecir la variación del ensamblaje.
5. Para muestreo superior a 10.000 es más preciso el método Monte Carlo, que el método DLM en predecir los ensamblajes rechazados. Por debajo de este muestreo la predicción de rechazos da peor resultado
6. Para muestreo de 100.000 o superior los resultados son razonablemente precisos.

UTILIZACION DEL CAD PARA CALCULAR LA TOLERANCIA DE ENSAMBLAJE.

El cálculo de las tolerancias de ensamblaje se realiza esqueletizando los modelos de CAD 3D con herramientas de CAT, integrados en paquetes de CAD. El costo del conjunto de estos software es muy elevado actualmente para la mayoría de las medianas y pequeñas empresas, pero con los conceptos teóricos del método DLM y un paquete de CAD estándar que tenga geometría variacional asociativa, podemos resolver un gran número de problemas.

DISEÑO DE UN DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE

Como se muestra en figura un diagrama de se realiza de la siguiente manera. Donde cada pieza se representa por un círculo y las juntas cinemáticas entre las distintas piezas se representan por arcos, que unen los distintos círculos. Estas juntas se representan por su símbolo.

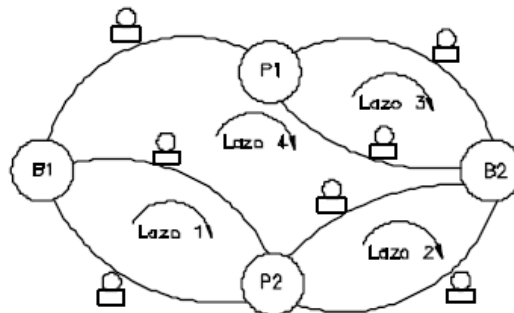


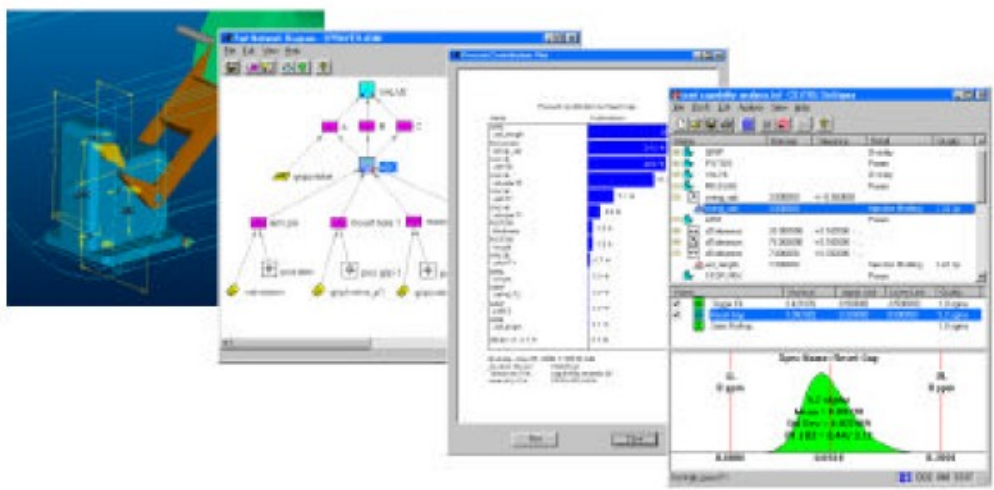
Diagrama de ensamblaje.

SOFTWARES COMERCIALES DE CAT (Computer Aided Tolerancing).

Las soluciones más importantes, que conocemos, para la resolución de análisis de tolerancias en el entorno de CAD son VSA, 3DCS y CE/TOL 6s.

- VSA-3D. VSA era una empresa llamada Variation Systems Analysis, Inc con tradición en análisis de Tolerancias y que fue comprada por EDS. Este software es compatible con CATIA V4, pero no con CATIA V5.

- 3DCS. (3 Dimensional Control System) Representa virtualmente las variaciones del diseño en un sistema de modelado en 3D y proporciona una simulación estadísticamente del ensamblaje virtual.
- CE/TOL 6s. Es un software de CAT (fig. 14), totalmente integrado en PRO/Engineer que permite modelar en 3D, realizar ensamblajes entre las piezas con sus restricciones y tolerancias, calcular la matriz sensitiva, identifica el camino crítico y realiza un análisis estadístico o por el método del peor de los casos.



USOS Y APLICACIONES DE ESTOS SISTEMAS.

En la actualidad hemos visto como la mano de obra humana ha sido remplazada por todos aquellos métodos computacionales de automatización y con mera razón en los aspectos de economía, calidad en los productos, rapidez en el proceso, etc.

El tema de la acumulación de tolerancias no es la excepción mas en estos días en que la competencia tiende a mejorar la calidad en de los productos día a día, trayendo consigo una ola de nuevos productos cada vez más calidad, por ejemplo los autos; sofisticadas maquinas con conjuntan sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos.

Para que estos últimos tengan un alto grado de precisión es necesario que sus dimensiones y ensamblajes tengan como ya se dijo un alto grado de calidad, misma que se logra con el uso de sistemas computacionales y métodos sistemáticos en el estudio de la acumulación de tolerancias. En realidad el ejemplo de la industria auto motriz es uno de tantos en los que estos métodos se aplican en gran manera.

APLICACIONES DE LA ACUMULACION DE TOLERANCIAS EN INGENIERIA:

- Ayuda a los ingenieros y diseñadores a estudiar la relación entre dimensiones y ensambles.
- Brinda a los diseñadores una herramienta para el calculo de tolerancias.
- Los ingenieros pueden compara propuestas de diseño.
- Soporte a diseñadores para crear dibujos completos. (con características funcionales).

VENTAJAS POR EL USO DE ACUMULACION DE TOLERANCIAS.

- Mayor control en las temperaturas operacionales en elementos y ensambles.
- Menor desgaste.
- Menor fatiga por flexiones en elementos una vez ensamblados.
- Menor probabilidad de rechazo en la producción de partes.
- La importancia en general de la acumulación de tolerancia, pues ¿que pasaría si no se conocieran las condiciones de diseño?

CONCLUSION.

La integración del CAT en el CAD, aporta una herramienta que permite ahorrar costos de forma rápida, simulando de forma aleatoria, automática e instantánea los distintos ensamblajes. Pudiendo modificar cualquiera de las cotas o tolerancias del ensamblaje dentro de las condiciones de diseño, fabricación e inspección permitidas, y comprobar de forma instantánea su contribución a la variación en las condiciones funcionales del ensamblaje.

Ya sea por el análisis de tolerancias o por la acumulación de tolerancias ahora sabes que estos componentes son esenciales para el buen diseño de los productos a elaborar, ya que ambas herramientas ayudan a prevenir y solucionar problemas.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA DE INTERNET.

- [Chase, 1999]. Kenneth W. Chase, 1999. *Tolerance Analysis of 2-D and 3-D Assemblies*. ADCATS Report nº 99-4. Brigham Young University.
- Engineering Department Brigham Young University, Provo UT.
[Gao, 1995]. Jinsong Gao, Kenneth W., Chase, and Spencer P. Magleby, 1995.
- [ASME](#) journal publication "Automation of Linear Tolerance Charts and Extension to Statistical Tolerance Analysis". *Journal of Computing and Information Science in Engineering* **3** (1): 95–99. March 2003.
- ASME publication Y14.41-2003, *Digital Product Definition Data Practices*
- Alex Krulikowski (1994), *Tolerance Stacks using GD&T*, [ISBN 0-924520-05-1](#)
- Bryan R. Fischer (2004), *Mechanical Tolerance Stackup and Analysis*", [ISBN 0-8247-5379-8](#)

Dirección de internet.

Nombre de la página.

<http://www.3dcs.com> Software

DCS(Dimensional Control Systems)

<http://www.sigmetrix.com>

Propietario del software CEL/TOL 6s

<http://www.dsweb.com>

Dassault systemes

<http://www.google.com>

Google

<http://www.wikipedia.com>

Wikipedia the free encyclopedia

