

TITULO: El Análisis de tolerancias por el método de las Burbujas: Parte I: Caso de una Bomba de Achique de ácido.

TITLE: The Analysis Of Tolerances By The Method Of The Bubbles. Part I: Acid draining pump of the acid regeneration plant case.

AUTORES:

Ms C. Ing. Luis Wilfredo Hernández González. Profesor Asistente (1) - Dr C. Ing. Roberto Pérez Rodríguez. Profesor Titular (1)

Dra C. Ing. Ana María Quesada Estrada. Profesora Auxiliar (1) - Ing. Jorge Luis Ayala Peña (1)

PAÍS: Cuba

RESUMEN: Se aborda la aplicación del método de las burbujas para el análisis de tolerancias del ensamble de la bomba de achique de ácido de la planta de regeneración ácida perteneciente a la Planta Termoeléctrica de Felton "Lidio Ramón Pérez" (etapa de diseño). Para lograr dicho objetivo se utilizaron diversos métodos de investigación. La misma permitió la propuesta del mejoramiento de las dimensiones y tolerancias para la modelación del ensamble y la formulación de las cadenas de cotas.

PALABRAS CLAVES: ANÁLISIS DE TOLERANCIAS, MÉTODO DE LAS BURBUJAS, ENSAMBLES MECÁNICOS, CADENA DIMENSIONAL, BOMBA.

ABSTRACT: The objective of this work is the application of the bubble method in the analysis of tolerances when assembling the acid draining pump of the acid regeneration plant that belongs to the Thermoelectric Power Plant of Felton "Lidio Ramón Pérez" (Design Stage). Several research methods were used to achieve this goal. The result of this research allows improving the dimensioning and tolerances for an assembly modeling and the formulation of dimensioning chains.

KEY WORDS: TOLERANCE ANALYSIS, BUBBLE METHOD, MECHANICAL ASSEMBLIES, DIMENSIONING CHAINS, PUMP.

INTRODUCCIÓN

El análisis y el control de las tolerancias se han convertido en un foco de atención en las empresas de fabricación con el objetivo de incrementar la productividad y mejorar la calidad de los productos. Los efectos de las tolerancias son bien conocidos, por una parte influyen en el proceso de ensamble, y por otra, en los costos de producción, la selección de los procesos, las herramientas, los costos de ajustes, la selección de los procesos de inspección, etc. Además, las tolerancias influyen directamente en el desempeño y la robustez del diseño [Chase, 1995].

En el proceso de diseño mecánico las tolerancias constituyen un aspecto crítico, debido a que las decisiones relacionadas con las tolerancias pueden influir de forma decisiva en la calidad y los costes del producto. La utilización de

tolerancias muy amplias puede provocar dificultades en el proceso de diseño, mientras que el empleo de tolerancias muy estrechas puede incrementar el tiempo de fabricación y los problemas en el proceso de montaje o ensamblaje [Pérez, 2002]. Por tanto, existe la necesidad de aplicar en el proceso de diseño de los productos, herramientas que permitan evaluar y cuantificar las tolerancias a fabricar.

En el análisis de tolerancias se conoce o se especifica las tolerancias de cada uno de los eslabones componentes de la cadena dimensional y se calculan las tolerancias del eslabón de cierre. En el caso de la distribución o síntesis de tolerancias se conocen las tolerancias del eslabón de cierre de la cadena dimensional y se desconocen las tolerancias de los eslabones componentes. Se deberá entonces distribuir las tolerancias del eslabón de cierre entre los demás eslabones.

En la actualidad existen numerosos enfoques e investigaciones relacionadas con el análisis y síntesis de tolerancias, donde a menudo se requiere un conocimiento detallado de la geometría de las piezas que conforman el producto y son aplicables en su mayoría en las etapas avanzadas del proceso de diseño [Ciurana et al., 2003]. En este proceso, los requerimientos funcionales se consideran como el modo más adecuado para capturar las intenciones funcionales del diseñador relacionados con las tolerancias, además de considerarse como un vínculo de información entre las diferentes etapas que conforman el ciclo de vida de un producto [Juster, 1992].

MATERIALES Y METODOS.

ESTUDIOS PREVIOS

Las investigaciones se han encaminado hacia el desarrollo de técnicas estadísticas y determinísticas para el análisis de tolerancias. La técnica estadística más empleada es la simulación por el método de Monte Carlo y la técnica determinística más aceptada invocada por Hillyard es el método de la «geometría variacional». En el entorno del análisis de dimensiones y tolerancias se incluyen los siguientes trabajos investigativos:

1. Asignación de tolerancias en función de los métodos de fabricación y los costos.
2. Asignación de tolerancias estadísticas, y el desarrollo de modelos estadísticos para la resolución del problema del análisis de tolerancias.
3. Estudios para la elaboración de las cadenas de cotas.
4. Simulación de mecanismos para la deducción de las tolerancias.
5. La aplicación de la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos al análisis de tolerancias.

Se aprecian numerosas investigaciones relacionadas la modelación del ensamble, el análisis y la síntesis de tolerancia. No obstante, existen pocos estudios en el campo del análisis de tolerancias utilizando evaluaciones conceptuales. Los trabajos existentes requieren de un conocimiento detallado de la geometría del producto, y se basa sobre todo en la heurística.

MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE TOLERANCIAS

A continuación se muestra un método denominado «método para el análisis de tolerancias» que integra a los requerimientos funcionales de forma coherente en un modelo de ensamble. Este método tiene como objetivo modelar el ensamble de un conjunto mecánico considerando los diferentes requerimientos funcionales y orientados al análisis y síntesis de tolerancias. De forma general, el procedimiento a seguir se puede representar a través de un algoritmo (Figura 1).

En este artículo solo se aborda lo referente a los pasos comprendidos de la creación del gráfico de ensamble y la creación de los lazos de vectores, aplicados al caso del diseño de la bomba de achique de ácido de la termoeléctrica de Felton.

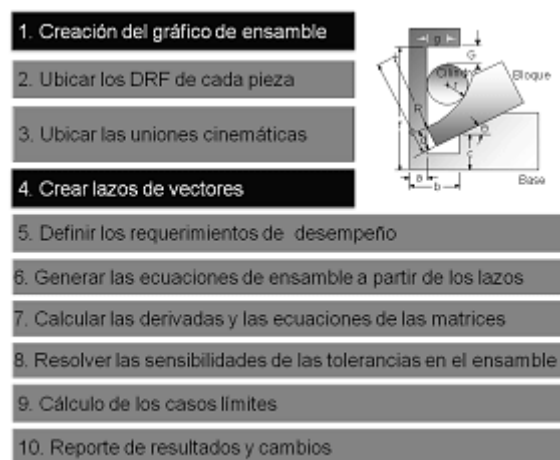


Figura 1. Método propuesto para el análisis de tolerancias en ensambles mecánicos.

RESULTADOS DEL TRABAJO

MÉTODO DE LAS BURBUJAS PARA EL ANÁLISIS DE TOLERANCIAS [Pérez, 2002]

El denominado «método de las burbujas» que integra a los requerimientos funcionales de forma coherente, tiene como objetivo modelar el ensamble de un conjunto mecánico considerando los diferentes requerimientos funcionales y orientados al análisis y síntesis de tolerancias. El mismo se puede detallar en forma secuencial, siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificar los requerimientos funcionales en el ensamble.
2. Identificar las piezas o elementos funcionales que garantizan el desempeño del conjunto mecánico. En este paso, para cada requerimiento identificado en el Paso 1, se deben de identificar cuáles son las piezas con importancia desde el punto de vista funcional. Se sugiere utilizar una nomenclatura numérica en orden ascendente. En esta etapa de identificación, a cada pieza seleccionada se le asocia un

- número con el propósito de identificar cuáles piezas del conjunto son representadas en el modelo.
3. Identificar en cada una de las piezas con importancia funcional las características que permiten el cumplimiento de los requerimientos funcionales en las piezas. Se sugiere utilizar una nomenclatura en orden alfabético creciente para cada pieza.
 4. Construir un gráfico que represente las interacciones y los requerimientos funcionales del ensamble.
 5. Formular la ruta o cadena dimensional que garantice el cumplimiento de cada requerimiento. Una vez que el modelo gráfico ha sido obtenido, la ruta o cadena dimensional puede ser identificada fácilmente.
 6. Evaluar la cadena dimensional propuesta.

Veamos la secuencia para la construcción del gráfico que representa las interacciones y los requerimientos funcionales del ensamble - paso 3 del método de las burbujas. Este gráfico servirá como base para la formulación de las cadenas dimensionales.

El elemento básico del gráfico que representa las interacciones y los requerimientos funcionales del ensamble, lo constituye el nodo o burbuja. Un nodo o burbuja es un círculo que contiene la información necesaria para obtener las cadenas de cotas en la etapa del diseño conceptual.

Cada burbuja representa una pieza y en su interior se representan cuáles características de la pieza son relevantes desde el punto de vista funcional, así como sus relaciones.

A partir de la identificación de los requerimientos funcionales y de las piezas que garanticen un adecuado desempeño del conjunto mecánico, los nodos se construyen con facilidad. A continuación se describe el primero de los gráficos o gráficos para los casos de requerimientos funcionales dimensionales, que incluye a los requerimientos funcionales de paralelismo máximo en los casos de conjuntos mecánicos con piezas prismáticas.

En la Figura 2 se muestra la configuración básica de cada nodo -un nodo por cada pieza del conjunto mecánico que se analice- para la familia de las tolerancias dimensionales. La burbuja resulta muy útil para la construcción del gráfico, el cual será utilizado para obtener las cadenas dimensionales.

Una de las principales ventajas de la utilización de modelos gráficos genéricos, como es el caso del método de la burbuja, es que permiten reducir considerablemente el tiempo empleado en la elaboración de las rutas o cadenas dimensionales. A continuación se describe la anatomía o estructura del método de la burbuja para los casos de los requerimientos funcionales dimensionales representado en la Figura 3.

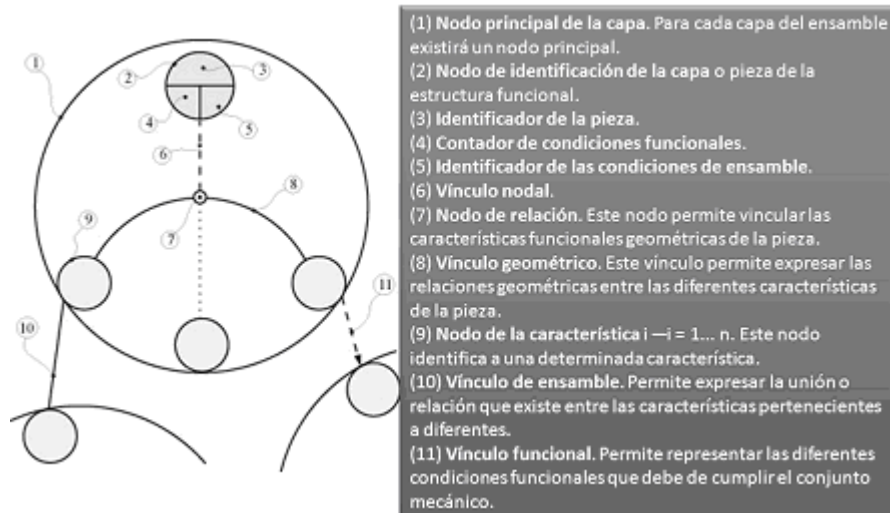


Figura 2. Método de la burbuja para los requerimientos funcionales [Pérez, 2002].

Este procedimiento se puede expresar de forma secuencial de la siguiente manera: (1) A cada pieza con importancia funcional en el conjunto, se le asocia un nodo principal; (2) A cada nodo principal se le asocia un nodo de identificación. En este caso, se debe de identificar a la pieza según la etapa 2, definir el número de condiciones funcionales en que participa el nodo principal y definir los requerimientos funcionales de ensamble presentes en la pieza - identificador de las condiciones de ensamble; (3) Se construye el nodo de relación y se le asocia al nodo de identificación a través del vínculo nodal; (4) De acuerdo con lo expuesto en la etapa 3, se deben de construir en el nodo principal, tantos nodos de características como características posean las piezas; (5) Cada nodo de característica se une al nodo de relación a través del vínculo geométrico; (6) Una vez se tengan todos los nodos principales contruidos, las características entre nodos principales que posean una relación de contacto permanente, se unen a través del vínculo de ensamble.

Cada requerimiento funcional se expresa entre las características de las piezas a través del vínculo funcional. En la Figura 3, aparece un corte de la bomba de achique de ácido, donde se destaca a modo de ejemplo la identificación de una condición funcional (A3), y la ubicación de algunas condiciones funcionales.

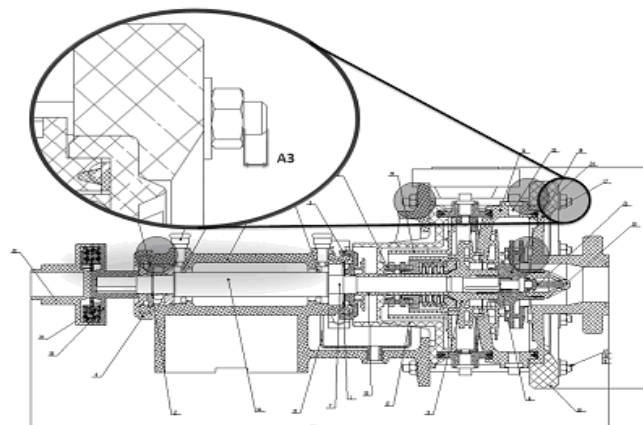


Figura 3. Condiciones funcionales de la bomba de achique.

Una vez identificados los requerimientos funcionales existentes en el conjunto (Figura 3), se pasa a la numeración de cada una de las piezas con importancia funcional. En la Tabla 1 se muestra la correspondencia entre las condiciones necesarias para el funcionamiento del conjunto y los correspondientes requerimientos funcionales.

Identificador	Condición
A	Requerimiento funcional de Distancia Máxima (J1)
B	Requerimiento funcional de Distancia Máxima (J2)
C	Requerimiento funcional de Distancia Máxima (J3)
D	Requerimiento funcional de Distancia Mínima (J4)
E	Requerimiento funcional de Distancia Mínima (J6)
F	Requerimiento funcional de coaxialidad (J7y)
G	Requerimiento funcional de coaxialidad (J8y)
H	Requerimiento funcional de distancia mínima(J5)

Tabla 1. Requerimientos funcionales de la bomba de achique de ácido.

La identificación de los requerimientos funcionales expresados en la Tabla 1, es el elemento inicial del método que permite un posterior análisis de los elementos y tipos de contactos que se establecen en el conjunto mecánico. En la Tabla 2, se muestra para el caso de las piezas 1, 3 y 4, las demás se analizan siguiendo el mismo protocolo.

Pieza	Relaciones entre piezas	Requerimiento funcional
Pieza 1	(Pieza 1 – Pieza 10)	Contacto plano-plano
	(Pieza 1 – Pieza 38)	Contacto plano-plano
Pieza 3	(Pieza 3 – Pieza 10)	Contacto plano-plano
	(Pieza 3 – Pieza 23)	Contacto plano-plano
	(Pieza 3 – Pieza 10)	J5
Pieza 4	(Pieza 4 – Pieza 10)	Contacto plano-plano

Tabla 2. Requerimientos funcionales de 1as piezas 1, 3 y 4.

Una vez que se han caracterizado y representado los requerimientos funcionales según la estructura funcional, se desarrolla el «método de las burbujas» para el caso en cuestión. Para modelar estos requerimientos funcionales en el ensamble, se utilizará la metodología mostrada anteriormente. A partir de la aplicación del método de las burbujas para cada requerimiento funcional, se obtiene un gráfico integrador que visualiza el comportamiento de las cadenas dimensionales para cada caso. En la Figura 4 se muestra el gráfico integrador.

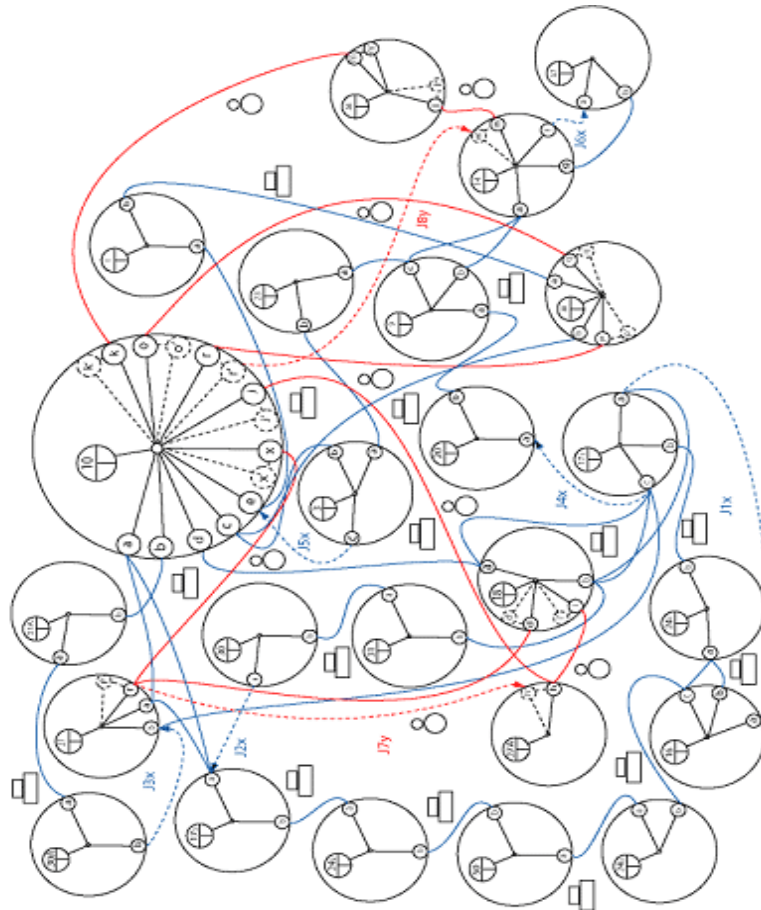


Figura 4. Etapas f y g; y paso número 5 del método de las burbujas [Ayala, 2006].

El seguimiento de cada ruta, permite la obtención de cada cadena dimensional, en la Figura 5, se muestra la cadena obtenida para el caso del requerimiento J7y.

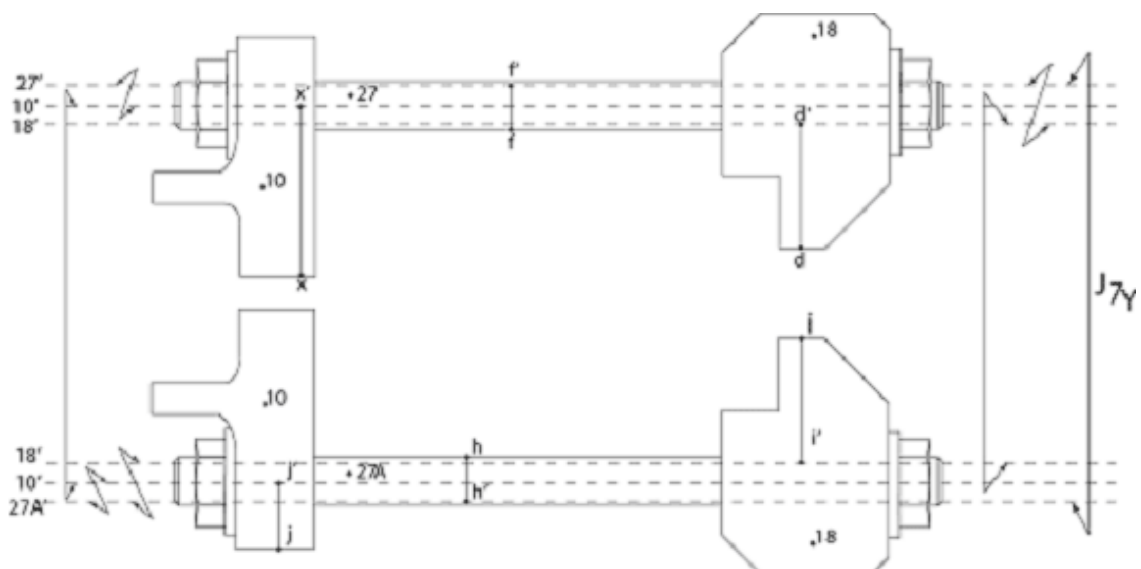


Figura 5. Definición de la ruta para el juego J7y.

La aplicación del método de las burbujas al caso de la bomba de achique de ácido, permitió el análisis de las tolerancias relativas a las principales condiciones funcionales presentes en el conjunto mecánico.

La aplicación consecuente de cada uno de los pasos, definió la ruta de cada requerimiento funcional y garantizó la ruta mínima de eslabones componentes, influyendo de esta manera en un aumento de la calidad dimensional del referido conjunto.

CONCLUSIONES

1. Fue aplicado al método de las burbujas para el análisis de las tolerancias de la bomba de achique de ácido de la Planta de Regeneración ácida de la Planta Termoeléctrica de Felton.
2. La investigación permitió la propuesta de mejoras de las dimensiones y tolerancias para la modelación del ensamble y la formulación de las cadenas de cotas de la bomba de achique de ácido de la Planta de Regeneración ácida de la Planta Termoeléctrica de Felton.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala Peña, Jorge L. Análisis de tolerancias de la bomba de achique de ácido de la Planta Termoeléctrica de Felton. Holguín; Universidad de Holguín, 2006. 73 h. (Tesis de grado, Ingeniería Mecánica).
2. Balakshin, B. Fundamentos de la tecnología de construcción de maquinaria. La Habana: Editorial Mir, 1974. 591 p.
3. Chase, K. W; Greenwood, W. H. Design Issues in Mechanical Tolerance Analysis. **Manufacturing Review** (ASME) 1: 50-59; mar.1988
4. Chase, K. Tolerance analysis of 2-D and 3-D Mechanical Assemblies with Small Kinematic Adjustments / K. Chase, W. Magleby. En: Advances Tolerancing Techniques. New York; John Wiley, 1995. p. 103-138.
5. Ciurana, J.; Riba, C.; G.-Romeu, M.L.. Implementation of unidirectional functional dimensioning and tolerancing algorithm in CAD systems. **Integrated Manufacturing Systems**. 14(5):468-476; 2003.
6. Egorov, M.E. Tecnología de la construcción de maquinaria / M. E. Egorov, V. I. Dementiev, V. L Dmitriev. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985. 2 t.
7. Juster, N. P. Modelling and representation of dimensions and tolerances: a survey. **Computer Aided Design** 24(1):3-17; 1992.
8. Kórsakov, V. Fundamentos de la tecnología en la construcción de maquinaria. Moscú: Editorial Mir, 1987. 390 p.
9. Pérez Rodríguez, R. Caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el Diseño Conceptual: aportaciones para su Implantación en los Sistemas CAD. Holguín; Universidad "Oscar Lucero Moya", 2002. 196 h. (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. España: Barcelona, 2002).

DATOS DE LOS AUTORES

Nombres:

Ms C. Ing. Luis Wilfredo Hernández González. Profesor Asistente (1) - Dr C. Ing. Roberto Pérez Rodríguez. Profesor Titular (1)

Dra C. Ing. Ana María Quesada Estrada. Profesora Auxiliar (1) - Ing. Jorge Luis Ayala Peña (1)

Correo:

wilfredo@facing.uho.edu.cu
roberto.perez@facing.uho.edu.cu
aquesada@facing.uho.edu.cu
ayala@facing.uho.edu.cu

Centro de trabajo:

(1) Departamento de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Carretera Vía Guardalavaca, Gaveta Postal 57, 80100. Holguín. Cuba. Tel. (+53) 24 48 26 75