

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO PARA ENSAMBLE DE PIEZAS GRANDES
Y PESADAS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A N :

CHAVEZ MENDEZ ALMA CELESTE

CORONA LOPEZ SERGIO ADRIAN

RAMIREZ CORDERO MARIA TERESA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JESUS MANUEL DORADOR GONZALEZ



MEXICO, D. F.

2005

m. 340250



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.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por habernos dado el privilegio de estudiar una carrera universitaria por medio de la Facultad de Ingeniería, por brindarnos la formación integral que nos dará soporte durante nuestro desarrollo profesional y personal.

A nuestro director de tesis Jesús Manuel Dorador, por toda la paciencia brindada, por su tiempo, confianza y apoyo incondicional a lo largo de estos meses de trabajo. Muchas gracias Doctor, por todos los consejos, por saber que "las cosas pasan por algo".

A todos los profesores que contribuyeron para que este proyecto se enriqueciera.

A todas las personas que laboran en la empresa, por permitirnos desarrollar este estudio. Especialmente al ingeniero Enrique Hernández, por todo el apoyo y confianza brindado.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Alma Cecilia Chávez

Mendoza

FECHA: 21 Enero 2005

FIRMA: [Firma]

Esta tesis está dedicada a la gente que forma parte de mi vida:

A Guillermo Ramírez Pérez por haberme enseñado a luchar y a alcanzar mis metas por sobre todas las cosas; porque quien nace grande, lo es para toda la vida.

A Hipólita Cordero Melo por brindarme su apoyo y cariño incondicional en todo momento, por darme la vida y por luchar para mantenerme en ella. Gracias.

A Alberto Iván por estar conmigo toda la carrera motivándome y apoyándome para seguir adelante, esperando con el mismo entusiasmo este momento. Porque me has enseñado a ver las cosas de una mejor forma y a disfrutar las pequeñas cosas que hacen grande a la gente y le dan sentido a la vida, mi vida.

A Tomás, Adriana, Juana, Memo y Jesús porque cada uno me ha enseñado cosas muy valiosas; porque siempre me han apoyado y han creído en mí. Sin ustedes no sería yo, ni tendría lo que ahora tengo.

A mi querida tía Tere por echarme porras y darme ánimo en todo momento, por enseñarme a ser fuerte y ser mi modelo a seguir.

A la familia García Escobar por hacerme parte de su vida; por sus consejos y su apoyo a lo largo de mi carrera y hasta ahora, que me han permitido crecer profesional y personalmente, Gualas, Mariaté y Afro. ¡Gracias!

A Sergio y Celeste, por el compromiso y la entrega dados a nuestra tesis, por ser los mejores compañeros de la carrera; porque sin ustedes este proyecto no sería igual.

A la Pandilla, porque saben ser amigos, en quien se puede confiar: Héctor, Angie, Bob, Lalo, John y Alex . . . Stiganmell

¡A todos ustedes, Gracias por ser parte de mi vida!

Tere

A mi familia, por ser el pilar de mi vida...

A mi papá, porque siempre me ha brindado el apoyo necesario para lograr todas mis metas, porque estoy conciente de todo el esfuerzo que hace día a día para hacer a todos los miembros de la familia mejores personas. Gracias porque todo lo hace con amor y dedicación por nosotros.

A mi mamá, por su paciencia y comprensión, porque sin ella no sería posible este logro, porque con su cariño discreto siempre me ha dado seguridad.

A ambos porque hacen que nuestra familia funcione, porque aun cuando me equivoque siempre están ahí para darme su apoyo, gracias a ustedes soy una persona íntegra.

A mi abuelo, porque aunque no lo recuerde, escuché sus clases de música en un moisés, por todas esas cenas preparadas con cariño en una hojita. Gracias por todo el amor que siempre me ha demostrado, por ser una inspiración de vida que me alienta a ser una mejor persona.

A mi abuela, por enseñarme a ser una persona tolerante, por todos esos años de primaria en que cada tarde me ayudó con las tareas, porque hasta la fecha me cuida.

A ambos por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida, por impedir mi estancia en una guardería, por querer a mi familia. Gracias por todo el apoyo que todos recibimos de ustedes.

A Puchi y Tony, por hacer de mi vida algo divertido, por cada una de esas peleas que crearon un lazo único entre nosotros.

A Alfredo, por toda la paciencia, comprensión, cuidado y cariño que me ha demostrado, gracias por estar siempre a mi lado, sin importar que tan bien o mal vayan las cosas. Por hacer de este logro sólo un paso de todo lo que sueño.

A Peka, Cara, Míriam, Moni, Cynthia L, Fabiola; las mongas, por esos viajes tan divertidos y por hacer de la prepa algo genial. A Omar, Esther, Fermín por todos esos momentos que compartieron conmigo en la FI.

A MAR y Lau, por darme su apoyo cuando lo necesité y entender entre líneas.

A Tere y Sergio, por toda la confianza brindada, por hacer de este proyecto algo divertido y por el compromiso con el que se entregaron a él.

A todos aquellos que de aunque fue corta su estadía, de alguna manera han influido en mi vida. Gracias.

Celeste

DEDICATORIA...

Para mi mamá Carmen, como un regalo de amor y un reconocimiento al esfuerzo que durante todos estos años ha dedicado para darme una carrera y por demostrarme día con día que sí se puede superar la adversidad... te amo mamá, eres mi ídolo!!!...

A mi abuelita Vicky, por que siempre estas conmigo en las buenas y en las malas, por brindarme tu amor incondicional y ser una segunda mamá para mí... te adoro abue!!!...

A mi hermano Jorge Alberto, como una alegría más de todas las que hemos compartido juntos y como un ejemplo de que los sueños sí se pueden realizar... te admiro y te quiero mucho Beto!!!...

Para mi papá Sergio y mi abuelito Héctor, como un homenaje a su memoria, porque tuve la fortuna de tener dos papás que en su oportunidad me dieron todo su amor y me enseñaron a luchar para salir adelante... los llevo siempre presentes en mi mente, pero sobre todo en mi corazón... este logro es para ustedes!!!...

A todos mis tíos que siempre han estado conmigo y me han brindado su apoyo y comprensión en los momentos que los he necesitado... muchísimas gracias!!!...

A mis primos junto a los cuales he tenido la oportunidad de compartir momentos muy bonitos... este esfuerzo también es para ustedes!!!...

A mis amigos y personas especiales con quienes he vivido momentos muy importantes y con quienes quiero compartir este nuevo éxito en mi vida... a todos muchas gracias!!!...

A mis compañeras de tesis Celeste y Teresa, por invitarme a participar en este proyecto dándome la oportunidad de vivir esta experiencia juntos y llevar a buen término este trabajo... gracias por la confianza!!!...

Sergio

TEMARIO	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	2
1. MARCO TEÓRICO	
1.1 Ensamble	6
1.2 Diseño para Ensamble (DFA)	7
1.3 Método Boothroyd de Diseño para Ensamble	8
1.4 Método Lucas para DFA	11
1.5 El método de Evaluación de Ensamble de Hitachi (AEM)	14
1.6 El estudio de tiempos y movimiento	14
1.6.1 Estudio de tiempos	15
1.6.2 Estudio de movimientos	16
2. ANTECEDENTES PARA LA MANIPULACIÓN DE LAS PIEZAS GRANDES Y PESADAS	
2.1 Formas de ensamble	22
2.2 Equipo para manipulación	23
2.2.1 Equipo móvil	23
2.2.2 Equipo para manipulación a nivel elevado	28
2.2.3 Equipo para manipulación para movimiento vertical con asociación de movimiento horizontal	31
2.3 Clasificación de las piezas	34
3. CASO DE ESTUDIO	
3.1 Tipos de ventiladores	38
3.1.1 Ventiladores de flujo centrífugo	39
3.2 Modelo HA	42
3.3 Diagrama de procesos	46
3.4 Descripción del proceso	47
3.5 Tablas de ensamble final	67
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE MÉTODO PARA EVALUAR LAS PIEZAS GRANDES Y PESADAS	
4.1 Clasificación de las piezas analizadas	71
4.2 Descripción del método propuesto	75
4.3 Ejemplos para el uso de la tabla de penalización	78
4.4 Ejemplo de aplicación del método propuesto	79
5. CONCLUSIONES	82
ANEXO 1. MÉTODO BOOTHROYD	84
ANEXO 2. MÉTODO LUCAS DE DISEÑO PARA ENSAMBLE	90
ANEXO 3. METODO HITACHI	97
ANEXO 4. COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS DE DISEÑO PARA ENSAMBLE	102
BIBLIOGRAFÍA	104

INTRODUCCION

El proyecto al que pertenece esta tesis pretende integrar y extender los trabajos realizados en Inglaterra en los proyectos: Model Oriented Simultaneous Engineering Systems (MOSES, 1995), Manufactured Information Models (MIM, Young, et al, 2001), por Dorador (Dorador, 2001) y por la Facultad de Ingeniería para establecer los fundamentos para el desarrollo de herramientas de cómputo que asistan la toma de decisiones en cuanto a ensamble y sus procesos se refiere, utilizando información de fábricas específicas.

La presente tesis comienza con una breve introducción sobre los factores que justifican un ensamble y hace clara la necesidad de realizar un estudio del Diseño para Ensamble de las piezas grandes y pesadas.

El Diseño para ensamble (Design For Assembly, DFA) es una herramienta que permite analizar efectivamente la facilidad de ensamble de los productos dando resultados de forma rápida y que se puedan usar fácilmente. Las técnicas de Diseño para Ensamble se refieren básicamente a formas de calificar el diseño de estos productos.

Un aspecto de gran importancia que tradicionalmente no se toma en cuenta en las etapas tempranas de diseño es el ensamble. En el tiempo total de producción el ensamble utiliza entre un 40% y un 60%, y un 40% del costo total de los productos manufacturados se debe al ensamble.

Los métodos tradicionales de Diseño para Ensamble solamente sirven para analizar piezas pequeñas y ligeras. En el método DFMA de Boothroyd y el Método Lucas de Swift se penalizan por igual todas las piezas grandes o pesadas que requieren más de una mano para manipulación o inserción. En la realidad estas consideraciones no son válidas, ya que las piezas grandes o pesadas son muy diferentes entre sí, existiendo las que se pueden manipular fácilmente y otras que requieren mucho trabajo previo a poder hacerlo. Debido a esto se requiere realizar una investigación para poder calificar la facilidad de ensamble y proveer con lineamientos a los diseñadores de este tipo de piezas.

Debido a que los métodos actuales tienen restricciones de peso y tamaño para evaluar la facilidad de ensamble, todas aquellas piezas que no estén dentro de las restricciones se evalúan del mismo modo. Por lo tanto este trabajo analiza las piezas que están fuera de los lineamientos: piezas grandes y pesadas.

Se explican brevemente algunos de los métodos tradicionales de Diseño para Ensamble y el estudio de tiempos y movimientos para posteriormente basar su análisis en el Método Boothroyd de Diseño para Ensamble debido a que estudia las piezas tal como son actualmente y no como deberían ser.

Se describirán las formas de ensamble y manipulación, el equipo existente en el mercado para realizar la manipulación y comenzar con el registro de Información real en una empresa dedicada a la fabricación de ventiladores industriales.

Se describen los tipos de ventiladores y se estudia un ensamble final, para que con ayuda de esta Información se pueda dar forma a una tabla que nos ayude a evaluar la facilidad de manipulación de piezas grandes y pesadas.

En la parte final del trabajo se presenta la tabla que contiene la primera propuesta de penalizaciones para la manipulación de piezas grandes y pesadas, que es la etapa inicial de esta Investigación.

Objetivo del proyecto.

El objetivo primordial del proyecto de Investigación es establecer los lineamientos para la evaluación de piezas grandes y pesadas para utilizarla en establecer los fundamentos para el desarrollo futuro de un sistema de cómputo que asista el diseño para ensamble de componentes, así como la planeación de los procesos de ensamble, considerando los recursos de manufactura específicos de una empresa. Esta investigación considera el uso de modelos de información para representar productos y capacidades de manufactura.

Objetivo de la tesis

El objetivo de la tesis es Analizar y evaluar piezas grandes y pesadas para proponer una metodología aplicada al Diseño para Ensamble.

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1 Ensamble**
- 1.2 Diseño para ensamble DFA**
- 1.3 Método Boothroyd de Diseño para ensamble**
- 1.4 Método Lucas para DFA**
- 1.5 El método de evaluación de Ensamble de Hitachi (AEM)**
- 1.6 El estudio de tiempos y movimientos**

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ENSAMBLE

Los siguientes factores justifican un ensamble desde el punto de vista funcional y de diseño: son requeridos los grados de libertad (movimiento), la diferenciación del material, consideraciones de la producción del material, consideraciones de la producción, consideraciones de la planta, diferenciación de funciones, la relación de funciones y finalmente las consideraciones del diseño.

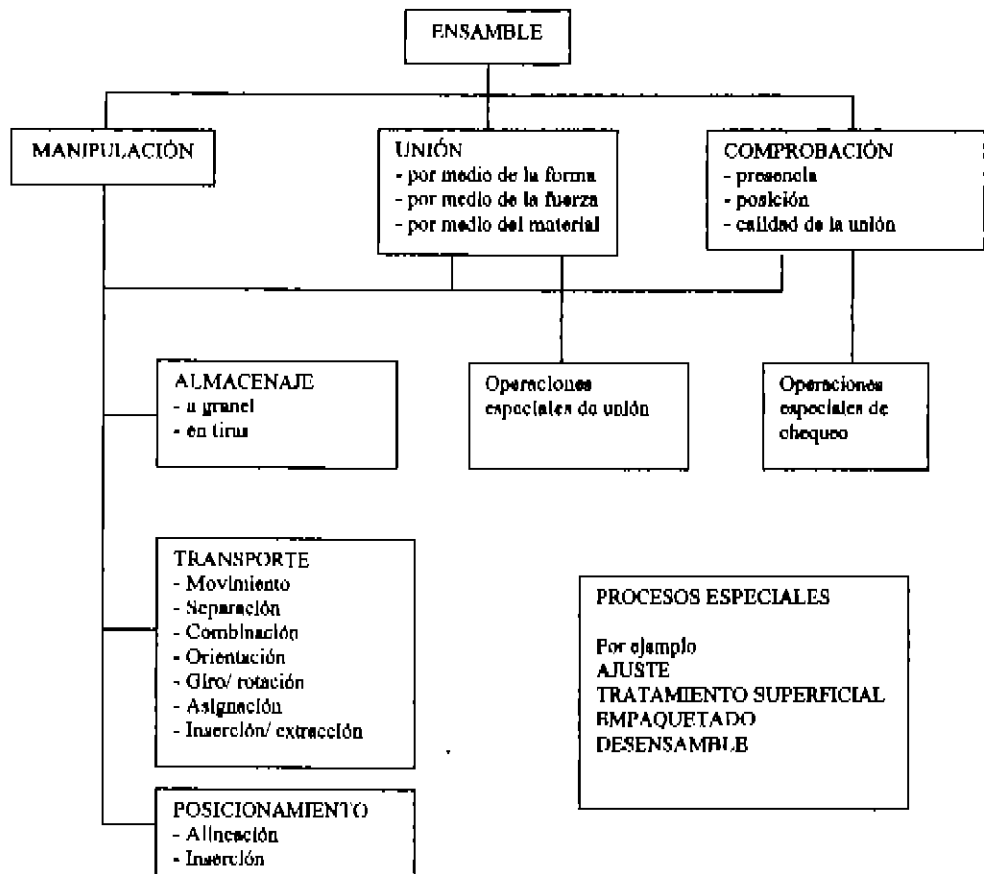


Figura 1.1 Operaciones de ensamble

Un proceso de ensamble está compuesto de las operaciones de manipulación, unión e Inspección, así como de procesos especiales si se requieren. Estos procesos pueden ser subdivididos en almacenaje, movimiento, posicionamiento así como operaciones especiales relacionadas con la unión, Inspección, etc.

1.2 El Diseño para ensamble DFA

El Diseño para ensamble (DFA) es una herramienta que permite analizar efectivamente la facilidad de ensamble de los productos dando resultados de forma rápida y que se puedan usar fácilmente. Esta herramienta debe eliminar el juicio subjetivo asociado al diseño, permitir la asociación libre de ideas, la comparación fácil en un diseño alternativo, asegurar que la solución está evaluada lógicamente, identificar áreas problemáticas del ensamble, y sugerir los acercamientos alternativos para simplificar la estructura del producto reduciendo costos de fabricación y de ensamble.

Existen cinco tipos distintos de métodos de diseño para ensamble clasificados así:

- Teorías de operaciones específicas de ensamble.
Técnica basada en la conversión de la geometría de las piezas en un valor para la facilidad de ensamble.
- Método axiomático.
Este enfoque maneja dos axiomas principales:
 - Mantener la Independencia de los requerimientos funcionales.
 - Minimizar el contenido de Información.

- Reglas y lineamientos no estructurados.

Este enfoque provee reglas generales y lineamientos para el diseño para ensamble propuestas por varios autores, pero que en algunos casos se contradicen. Estas reglas han sido el punto de partida para el diseño para ensamble en forma estructurada y para sistemas expertos.

- Aplicación estructurada de reglas y lineamientos.

Son procedimientos sistemáticos que se utilizan ya sea manualmente o por medio de la computadora.

- Sistemas expertos.

Estos sistemas se relacionan con la Inteligencia artificial. Van más allá que los sistemas basados en reglas estructuradas, ya que estas reglas se han incluido en sistemas expertos capaces de tomar decisiones con base en las experiencias previamente grabadas en el sistema.

Los principales métodos de diseño para ensamble aplicados en la industria son los desarrollados por Boothroyd y Dewhurst, y el desarrollado por Swift para Lucas Industries, que se explicarán a continuación.

1.3 Método Boothroyd de Diseño para ensamble

El objetivo primordial de esta técnica es reducir el costo del producto por medio de la reducción del número de piezas individuales que deben ser ensambladas y asegurar que todas las piezas son de fáciles manufactura y ensamble, se enfoca principalmente a los ensambles mecánicos dirigidos, marca una distinción aguda entre el ensamble manual y el automático de gran velocidad. De hecho, hay sistemas absolutamente separados de análisis para cada una de estas áreas. La idea del método de ensamble es hacer el producto lo más económico posible bajo consideración de factores tales como: volumen anual de la producción, número de las piezas que se ensamblarán, número de estilos del

producto, y período de reembolso requerido. Estableciendo una base de datos de tiempos de ensamble y factores de costo para varias situaciones de diseño y condiciones de producción.

Este método analiza por separado los ensambles manuales, los ensambles por medio de máquinas dedicadas y los ensambles por medio de robots. El proceso de ensamble manual puede ser dividido en dos áreas separadas, manejo (adquisición, orientación y movimiento de partes) e inserción y sujeción (acoplamiento de una pieza a otra parte o grupo de piezas).

Para ayudar a la identificación de los componentes que son candidatos para ser eliminados o combinados con otros, hay tres criterios que se utilizan y éstos son los siguientes:

1. Durante la operación del producto, ¿la pieza se mueve respecto al resto de las piezas previamente montadas? Solamente el movimiento grueso debe ser considerado, los movimientos pequeños que se pueden acomodar por bisagras elásticas, por ejemplo, no son suficientes para una respuesta positiva.
2. ¿La pieza debe ser de un material diferente o debe ajustarse a las otras piezas montadas? Solamente se aceptan razones fundamentales referidas a las características del material.
3. ¿La pieza debe estar separada de todas las demás para permitir el montaje o desmontaje de otras piezas?

En general, para un fácil manejo de partes, el diseñador de un producto debe intentar:

1. Diseñar partes que tengan simetría de extremo a extremo y la simetría de rotación sobre el eje de inserción. Si esto no puede lograrse, intentar diseñar partes que tengan la máxima simetría posible.
2. Diseñar partes que, en esos casos dónde ninguna de las partes pueden hacerse simétricas, sean obviamente asimétricas.

3. Proporcionar características que prevendrán el bloqueo de partes que tienden a amarrarse o aplastarse cuando se guardan a granel.
4. Evitar características que permitan el enredo de partes cuando se guardan a granel.
5. Evitar partes que se peguen o se deslicen, delicadas, flexibles, muy pequeñas, o muy grandes o que son arriesgadas para el manejador (piezas afiladas, que se astillan fácilmente, etc.)

Para la facilidad de inserción un diseñador debe intentar un:

1. Diseño para que sea pequeña o nula la resistencia a la inserción, o que proporcione un chafán para guiar la inserción y unión de las dos piezas.
2. Estandarizar usando partes comunes, procesos, y métodos para todos los modelos e incluso para las líneas del producto para permitir el uso de procesos de volúmenes más altos que normalmente resultan en bajo costo del producto.
3. Usar la pirámide ensamble-proporción, basada en la idea de que la secuencia de ensamble debe iniciar desde la pieza más grande, montando sobre ella la que le sigue en tamaño logrando un ensamble progresivo cerca del eje de referencia de dicha pirámide, proporcionando estabilidad y rapidez a la operación.
4. Evite, dónde sea posible, la necesidad de sujetar las piezas para mantener su orientación durante la manipulación del subensamble o durante la colocación de otra pieza. Si requiere ser sujetado, entonces intentar diseñar para que la pieza sea lo más pronto posible asegurada después de que se ha insertado.
5. Diseñar para que una pieza sea localizada antes de que se suelte.
6. Cuando se usan los broches mecánicos comunes la siguiente sucesión, indica el costo relativo de diferentes procesos de atadura, listados en el orden del incremento en el costo del ensamble manual.
 - a. El cierre a presión
 - b. Doblamiento plástico
 - c. Remachado
 - d. Atomillado

7. Evitar la necesidad de recalibrar el ensamble parcial o completamente.

Finalmente, estas pautas simplemente son reglas que, cuando se ven en conjunto, le proporcionan al diseñador información de fondo para usarse convenientemente para desarrollar un diseño que será más fácil de ensamblar que otro desarrollado sin dicha información. Este método se detalla en el anexo número 1.

1.4 Método Lucas para DFA

La estructura y especialización usadas en este sistema surgen como resultado del estudio desarrollado en las organizaciones dedicadas a la fabricación y la comercialización de los sistemas mecanizados de ensamble flexibles y especializados. La técnica de Lucas comparte con el procedimiento de Boothroyd Dewhurst el objetivo de reducir el número de componentes, y el análisis de los procesos de inserción. Sin embargo, el método Lucas analiza las piezas como podrían ser mientras que el método de Boothroyd las analiza tal como son.

Cuestionando al diseñador sobre las funciones de los componentes y su relación con la especificación del producto, el procedimiento se puede utilizar para evitar errores cruciales y para proporcionar un mejor punto de partida para el proceso de diseño de ensamble.

Otra característica distintiva de la técnica es la salida de una estructura esquemática del trabajo de ensamble: una especificación inicial para el diseño del sistema de montaje del producto.

Cuando comienza el diseño del producto es importante decidir si sus características deben ser únicas, o si hay semejanzas con otros; y por lo tanto si existen oportunidades para la estandarización de componentes y de procedimientos de ensamble, para establecer una familia de productos.

El análisis funcional se realiza según las reglas del análisis de valor, y los componentes se dividen en los que tengan alta prioridad funcional y en grupos que son de baja importancia funcional. Los costos de ensamble se pueden reducir por la eliminación o la combinación de los componentes que caen en la segunda categoría. Una consecuencia de tal análisis funcional es que es posible desviar los problemas de ensamble diseñando algunas piezas complejas que sustituyen muchas piezas simples.

El análisis de alimentación se refiere a los problemas de manejar componentes y subensambles parciales desde el punto de la fabricación hasta su llegada a la máquina automática de ensamble. A cada componente se asigna un índice del costo de alimentación y un símbolo de alimentación. El objetivo de esta etapa es asegurarse de que el diseño de los componentes individuales sea compatible con el método de alimentación probable.

El análisis de sujeción examina la facilidad con la cual cada pieza se puede sujetar para el transporte, desde el punto de ubicación dentro de la máquina automática de ensamble hasta la etapa donde se completa la inserción. Para cada componente se examina la facilidad de ser tomado o sujetado y se asigna el índice apropiado.

El análisis del proceso de inserción requiere que el diseñador genere un diagrama de la secuencia de ensamble y asignar un índice de costo a los procesos individuales. El objetivo de este análisis es identificar aquellos procesos que son costosos. Los altos valores individuales y/o un alto valor total indican procesos de ensamble costosos, y por lo tanto sugieren la necesidad de reajuste.

La etapa de evaluación implica la terminación sistemática del diagrama de bloques para un ensamble, y los resultados del análisis se utilizan como una ayuda para generar mejores propuestas que las evaluadas anteriormente.

Claramente, se incurre en una reducción al mínimo de los costos de ensamble cuando se obtienen los valores más bajos de: N_p (número de piezas), C_i (costo de inserción), C_p (costo de alimentación), C_q (costo de sujeción), C_m (costo de trabajo), a la vez que se maximiza la eficiencia del proceso.

A continuación se muestran los criterios empleados en el análisis funcional cuyo objetivo es obtener el número mínimo de piezas empleadas por ensamble.

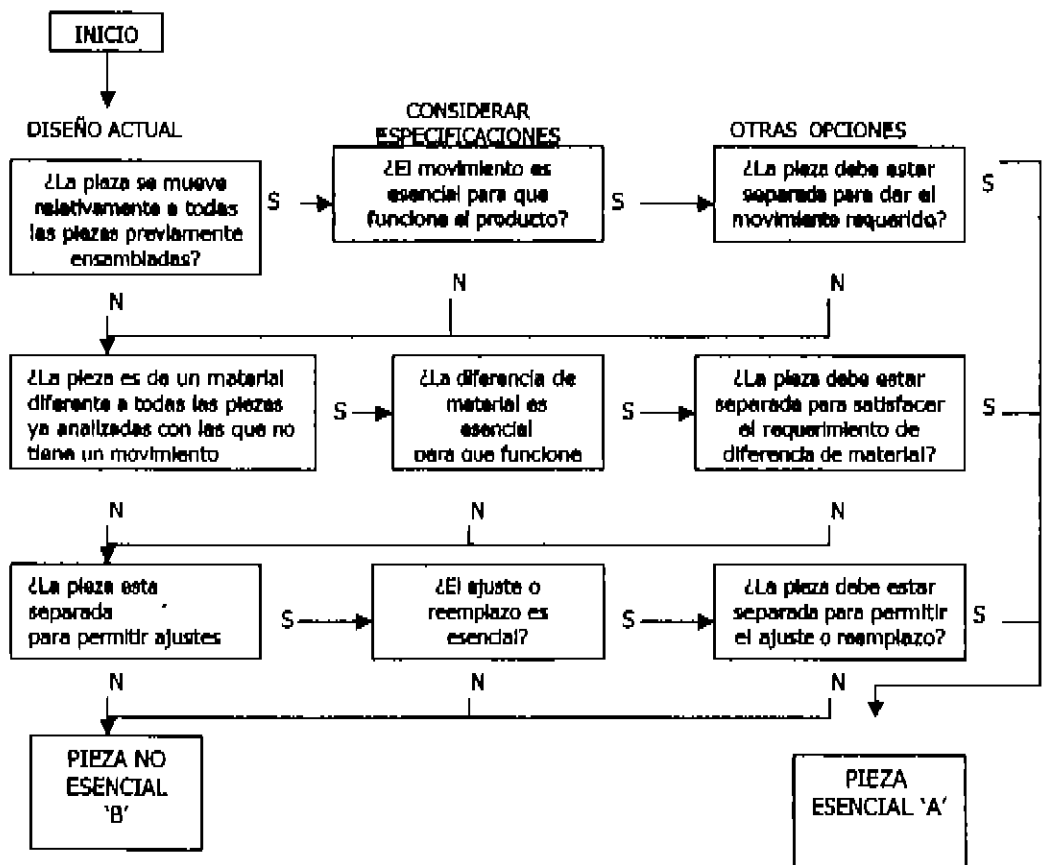


Figura 1.2 criterio para piezas no indispensables

En el anexo número 2 se da más información sobre este método.

1.5 El Método de Evaluación de Ensamble de Hitachi (Assembly Evaluation Method, AEM)

El método de Hitachi hace uso de índices tales como el costo de la facilidad de ensamble y del ensamble para identificar los puntos débiles de un diseño.

De los diseños (de detalle o conceptuales) o de las muestras, el analista llena el formulario del AEM incorporando los nombres y los números de la pieza en el mismo orden que proporcione una estructura apropiada para el trabajo de ensamble. Los procesos de ensamble implicados en la construcción del producto se analizan, usando cerca de 20 símbolos de AEM. El siguiente paso es el cálculo de los índices de evaluación. Los valores se calculan para cada parte, y la evaluación de ensamblabilidad del producto entonces es determinada. La evaluación se puede también correlacionar a un cociente del costo de ensamble. Este paso es seguido por la etapa de determinación, donde los índices de la evaluación se comparan con valores objetivo. Finalmente viene la mejora del diseño, en caso de ser necesario.

El AEM no distingue entre el ensamble manual, y el automático. Hay dos razones para esto: la fuerte correlación entre el grado de dificultad del ensamble manual, la robustez y dedicación del ensamble, y la dificultad implicada en predecir el modo de producción en la etapa del diseño.

1.6 El estudio de tiempos y movimientos.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta para la medición del trabajo utilizado con éxito desde finales del Siglo XIX, cuando fue desarrollado por Taylor. A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar muchos problemas de producción y a reducir costos.

1.6.1 Estudio de tiempos.

Actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Los objetivos del estudio de tiempo son: Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos; Conservar los recursos y minimizar los costos; Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía y Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

Requerimientos: antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente lo siguiente:

- Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- El método a estudiar debe haberse estandarizado
- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato
- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato preimpreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.
- La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero

Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos, el continuo y el de regresos a cero.

En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En caso de tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico inmóvil.

En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio.

1.6.2 Estudio de movimientos

Análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo. El objetivo del estudio de movimientos es: Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes.

El estudio de movimientos se puede aplicar en dos formas, el estudio visual de los movimientos y el estudio de los micromovimientos. El primero se aplica más frecuentemente por su mayor simplicidad y menor costo, el segundo sólo resulta factible cuando se analizan labores de mucha actividad cuya duración y repetición son elevadas.

Dentro del estudio de movimientos hay que resaltar los movimientos fundamentales, estos movimientos fueron definidos por los esposos Gilbreth y se denominan Therblig's, son 17 y cada uno es identificado con un símbolo gráfico, un color y una letra o sigla:

TIERBLIG	LETRA O SIGLA	COLOR
Buscar	B	negro
Seleccionar	SE	Gris Claro
Tomar o Asir	T	Rojo
Alcanzar	AL	Verde Olivo
Mover	M	Verde
Sostener	SO	Dorado
Soltar	SL	Carmín
Colocar en posición	P	Azul
Precolocar en posición	PP	Azul Cielo
Inspeccionar	I	Ocre Quemado
Ensamblar	E	Violeta Oscuro
Desensamblar	DE	Violeta Claro
Usar	U	Púrpura
Retraso Inevitable	DI	Amarillo Ocre
Retraso Evitable	DEV	Amarillo Limón
Planear	PL	Castaño o Café
Descansar	DES	Naranja

Tabla 1.1 Tierbliga letra o color

Estos movimientos se dividen en eficientes e Ineficientes así:

Eficientes o Efectivos:

De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y precolocar en posición.

De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar

Ineficientes o Inefectivos

Mentales o Semimentales: buscar, seleccionar, colocar en posición, Inspeccionar y planear

Retardos o dilaciones: retraso evitable, retraso Inevitable, descansar y sostener

Los principios de la economía de los movimientos:

- Los relativos al uso del cuerpo humano

Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo y no deben estar Inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.

Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.

Siempre que sea posible deben aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al trabajador y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante un esfuerzo muscular.

Son preferibles los movimientos continuos en línea recta en vez de aquellos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.

Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs y éstos se deben limitar de más bajo orden o clasificación posible. Estas clasificaciones, enlistadas en orden ascendente del tiempo y el esfuerzo requeridos para llevarlas a cabo, son:

- o Movimientos de dedos.
- o Movimientos de dedos y muñeca.
- o Movimientos de dedos, muñeca y antebrazo.
- o Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo.
- o Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.

Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos. Hay que reconocer que los movimientos simultáneos de los pies y las manos son difíciles de realizar.

Los dedos índice y pulgar son los más fuertes para el trabajo. El índice, el anular y el meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por largo tiempo.

Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario está de pie. Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

Para asir herramientas deben emplearse las falanges o segmentos de los dedos, más cercanos a la palma de la mano.

- Los relativos a la disposición y condiciones en el sitio de trabajo

Deben destinarse sitios fijos para toda la herramienta y todo el material, a fin de permitir la mejor secuencia de operaciones y eliminar o reducir los therbligs buscar y seleccionar.

Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos alcanzar y mover; asimismo, conviene disponer de expulsores, siempre que sea posible, para retirar automáticamente las piezas acabadas.

Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario, en el que sea posible tener la altura apropiada para que el trabajo pueda llevarse a cabo eficientemente, alternando las posiciones de sentado y de pie.

Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.

Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo, para reducir al mínimo la fijación de la vista.

Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación y el trabajo debe organizarse de manera que permita obtener un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

- Los relativos al diseño del equipo y las herramientas

Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples con las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola, o bien disponiendo operaciones múltiples en los dispositivos alimentadores, si fuere el caso (por ejemplo, en tornos con carro transversal y de torreta hexagonal).

Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de control deben estar fácilmente accesibles al operario y deben diseñarse de manera que proporcionen la ventaja mecánica máxima posible y pueda utilizarse el conjunto muscular más fuerte.

Las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción.

Investíguese siempre la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas (eléctricas o de otro tipo) o semiautomáticas, como aprietatuercas y destornilladores motorizados y llaves de tuercas de velocidad, etc.

2. ANTECEDENTES PARA LA MANIPULACIÓN DE LAS PIEZAS GRANDES Y PESADAS

- 2.1 Formas de ensamble y manipulación**
- 2.2 Equipo para manipulación**
- 2.3 Clasificación de las piezas**

2. ANTECEDENTES PARA LA MANIPULACIÓN DE LAS PIEZAS GRANDES Y PESADAS

2.1 Formas de ensamble y manipulación

Como es sabido, la operación de ensamble no tiene un recorrido fijo, y este varía constantemente con el cambio de modelos de fabricación. Para el caso de equipo grande y pesado, podemos reconocer que el método de ensamble tiene características muy similares a las del ensamble ligero: se insertan en línea recta, se deben posicionar antes de insertar, se busca la simetría de las piezas para evitar que se atoren o tengan otras dificultades, etc.

Esta naturaleza del ensamble nos indica que la manipulación de las piezas, requiere que estas se manejen no solo a nivel del suelo, sino también a un nivel elevado, lo que limita el rango de equipo que se puede utilizar.

Manipulación

La manipulación de piezas dentro del ensamble, es la acción que realizan los operarios para llevar una pieza o un subensamble desde su lugar de almacenamiento temporal, hasta el conjunto donde se ensambla un producto o una parte específica de este.

Dentro de la producción de máquinas o artículos de gran tamaño, la manipulación de piezas grandes y pesadas, es una operación que requiere de recursos especiales que faciliten el trabajo y que reduzcan los tiempos de fabricación. La elección de los tipos de aparatos para manipulación que han de usarse, esta condicionada por diversos factores como son

- el material que se ha de mover,
- la naturaleza de la operación,
- las instalaciones existentes o las características del edificio,

Antecedentes para la manipulación de las piezas grandes y pesadas

- las características que nos brinda el equipo de manejo de materiales (flexibilidad, seguridad, garantía de funcionamiento, etc.).
- balance de costos.

Una vez hechas estas consideraciones, la elección de la clase de equipo que ha de emplearse para la manipulación de las piezas a ensamblar, puede definirse a partir del recorrido que estas tendrán, para elegir equipo móvil o instalaciones fijas.

2.2 Equipo para manipulación

2.2.1 Equipo móvil

El conjunto de equipos que se describe como equipo móvil para manejo de materiales está constituido por máquinas que para moverse dependen, en esencia, de su propia fuente de potencia y que son independientes en su trayectoria de movimiento. Por su naturaleza el equipo móvil para manejo de materiales se clasifica en cinco grupos que son:

- Carretillas y carros de mano.
- Montacargas motorizados.
- Carros transportadores.
- Tractores y trenes con tractor.
- Grúas Industriales móviles.

Aunque este grupo de equipos puede ser de gran utilidad en el manejo de cargas, no todos tienen la capacidad de mover cargas pesadas o grandes, y que puedan de alguna manera, sujetarlas o que permitan su manipulación por algún operario, por lo que debemos poner especial atención en aquellos que nos faciliten:

- el manejo de cargas pesadas,
- equipos móviles que no tengan un recorrido fijo,
- la facilidad de mover piezas rígidas (no a granel)
- equipo que permita la elevación de las piezas además del movimiento horizontal.

De la amplia gama de carretillas que existen, para nuestro propósito podemos considerar útil el uso de *Carretillas hidráulicas para tarimas* ya que estos transportadores se utilizan para movimientos en la estación de trabajo y, a veces, en distancias cortas. Su capacidad normal es de 1130 a 3625 Kg o más, pueden estar equipados con un sistema de elevador hidráulico de acción manual parecido a un gato o a un sistema accionado por pedales para elevar la tarima cargada. Algunos de ellos utilizan un sistema hidráulico impulsado con electricidad para elevar la carga, casi siempre a más del máximo de 5 pulgadas de la carretilla de accionamiento manual. En estas carretillas se suelen utilizar horquillas para levantar tarimas o plataformas para recipientes especiales, así como para mover y colocar cargas pesadas.



Fig. 2.1 Carretilla hidráulica para tarimas

En la categoría de *Montacargas*, existe una gran variedad de estos, dependiendo del tipo de motor con que se accionan, el tipo de horquillas que usan para elevar las cargas (de horquillas y de plataforma), la capacidad de carga y de elevación de la carga.

El montacargas de gran elevación, concebido para ser utilizado con plataformas, lleva generalmente las ruedas sustentadoras bajo la carga que se ha de transportar. El montacargas de gran elevación con horquilla para el manejo de paletas se construye disponiendo su elemento de forma tal que el propio peso del montacargas equilibre el peso de la carga que se eleva. La capacidad de carga de este, es función de su peso propio y de la distancia existente entre la proyección de su centro de gravedad y el punto medio del eje delantero, puesto que el momento estabilizador, debido al peso propio debe ser igual o mayor que el momento de vuelco de la carga, con respecto al punto de vuelco.

La altura de la carga no afecta a este equilibrio, a menos que tengan lugar paradas bruscas o cambios de dirección con la carga muy elevada.



Fig. 2.2

Aunque para fines concretos suele estar justificado el empleo de tipos especiales de montacargas de horquilla, la mayor parte de las veces estas necesidades quedan satisfechas utilizando unidades normales, de la capacidad y tamaño deseado, con la adición posterior de suplementos adecuados.

Estos accesorios son muy prácticos porque amplían el campo de utilización del montacargas y hacen que tengan más valor para el usuario. Se pueden utilizar los siguientes suplementos:

- a) Soporte con vástago, que, acoplado a la carretilla, facilita el manejo de piezas cilíndricas o en forma de aros; sirve también para mover objetos manufacturados de manejo difícil.
- b) Un empujador hidráulico para sacar de los dientes de la horquilla las paletas con su carga.
- c) Alargaderas que se pueden acoplar a las horquillas corrientes para manejar piezas muy grandes.
- d) Un dispositivo de cabeza rotativa con el que se puede agregar un recipiente que se puede girar para volcar materiales.
- e) Palas especiales para manejo de grandes volúmenes.
- f) Pinzas de distintos tipos.

Antecedentes para la manipulación de las piezas grandes y pesadas

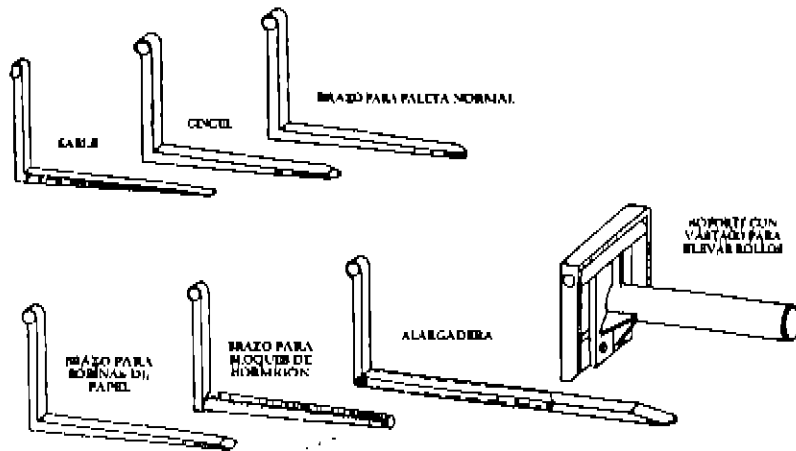


Figura 2.3 Tipos de brazos de horquillas

Para utilizar el montacargas como grúa hay una gran variedad de accesorios, incluidas plumas fijas y plumas móviles, pudiendo obtenerse la elevación por medio de un cable que pase por la cabeza de la pluma o por alzamiento de la misma pluma. Además, con la grúa adicional pueden combinarse diferentes clases de pinzas para la elevación de objetos difíciles de coger.¹

¹ Immer, John R., Manejo de materiales

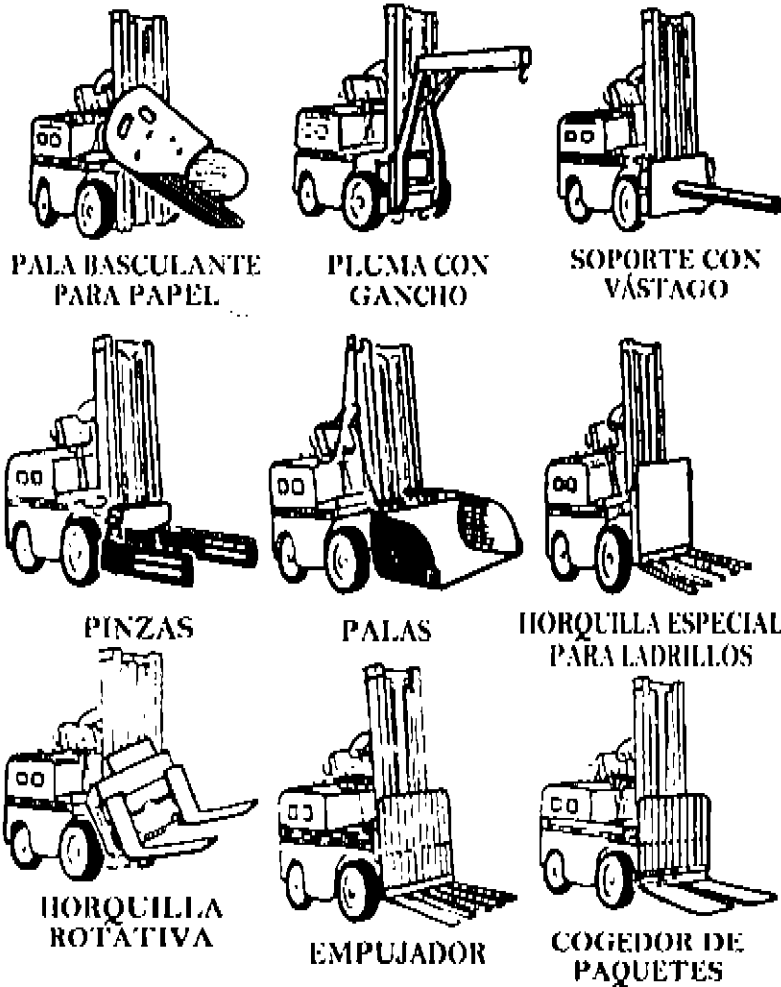


Figura 2.4 Accesorios y dispositivos que amplían el campo de aplicación de los montacargas.

En el caso de *Carrros transportadores, tractores y trenes con tractor*, existe una gran variedad de equipo, pero este grupo está destinado principalmente al transporte de

materiales en recorrido horizontal, ya sea fijo o libre, además de que estos equipos no permiten la elevación de la carga por lo que no entran en el estudio.

Las Grúas Industriales móviles son un tipo especial de grúas que se analizarán a continuación.

2.2.2 Equipo para manipulación a nivel elevado

Los aparatos de elevación requieren, en general, un cierto grado de movimiento horizontal ya sea ilimitado o limitado, lo que los hace muy útiles en el área de ensamble. Dentro del equipo de elevación en áreas limitadas podemos encontrar:

- a) *Grúas de brazo horizontal.* Son útiles para mover materiales en límites estrechos de una determinada zona de trabajo. El área barrida por estas grúas es generalmente el sector descrito por la longitud de su brazo. En caso de una grúa de columna, el área en cuestión será el círculo que tiene por radio la longitud de su brazo. Es posible disponer de varias grúas de modo que se traslapen sus áreas de barrido y así prestar servicio en una zona de trabajo extensa.

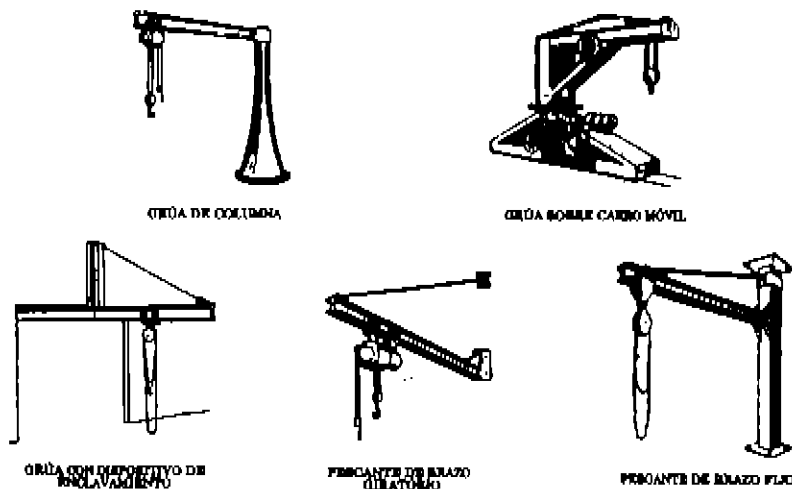


Figura 2.5 Tipos de grúas de brazo horizontal

- b) *Monocarriles*. En el movimiento de materiales en un plano vertical, el monocarril se puede emplear de manera eficaz cuando las zonas donde se han de recoger y depositar los materiales, al comienzo y al fin de la operación respectivamente, están claramente marcadas y no varían muy a menudo.
- c) *Grúas de pluma*. Para el movimiento elevado de materiales al aire libre, dentro de una zona limitada hay diversos tipos de grúas de pluma. Estos aparatos barren un área determinada por el ángulo de giro y el alcance de la pluma. Su movilidad las hace muy útiles para trabajos de construcción y otras tareas de carácter temporal.

Cuando se necesita un trabajo de elevación y de desplazamiento horizontal sobre toda una zona de trabajo, se puede realizar con los siguientes equipos:

- a) *Grúas puente*. Proporcionan un movimiento elevado en dos planos. En muchas instalaciones a base de monocarril, la necesidad de un movimiento lateral ha aconsejado el uso de puentes de transbordo que proporcionan un barrido más completo.

La grúa puente mas sencilla puede consistir en una única viga en doble T suspendida, sobre la cual se mueve, de uno a otro extremo, un polipasto (accionado a mano, por aire comprimido o eléctricamente). El puente puede ser desplazado a mano o por medio de un motor eléctrico. Las grúas puente para trabajos pesados se pueden agrupar en clases con arreglo al servicio que pueden prestar.

Clase I. Servicio auxiliar (centrales eléctricas, naves de calderas, naves de máquinas, etc.). Las características de este tipo son: velocidades pequeñas y utilización escasa. El número máximo de veces que se utiliza la grúa a plena carga es de 2 a 5 por hora.

Clase II. Trabajos ligeros (talleres de mecanización, etc.). Velocidades moderadas y elevaciones poco frecuentes. El número máximo de veces que se utiliza la grúa a plena carga es de 5 a 10 por hora.

Clase III. Trabajo moderado (talleres de fundición de piezas ligeras, etc.). Velocidades medias y número moderado de elevaciones. El número máximo de veces que se utiliza la grúa a plena carga es de 10 a 20 por hora.

Clase IV. Trabajo constante (fundición pesada, cadenas de producción, etc.). Funcionamiento rápido y servicio ininterrumpido. El número máximo de veces que se utiliza la grúa a plena carga es de 20 a 40 por hora.

Clase V. Trabajo duro (imán izador, pala de doble concha, patios de almacenamiento, etc.). Velocidad muy grande y utilización permanente, por lo cual su construcción debe ser robusta para resistir las condiciones de funcionamiento mas duras. El número máximo de veces que se utiliza la grúa a plena carga es de 40 a 80 por hora.

- b) *Grúa pórtico.* Este tipo de grúa realiza la misma función que la grúa puente, pero al aire libre, siempre y cuando se disponga de un camino de rodadura elevado. Los pies del pórtico descansan sobre ruedas que

corren por carriles de acero. La grúa semipórtico tiene un solo pie y el otro extremo del puente descansa sobre un camino de rodadura elevado que discurre a lo largo del edificio. La grúa pórtico giratoria sirve para la manutención elevada de una gran variedad de materiales.

- c) *Grúas móviles.* Constituyen el principal equipo utilizado para el manejo de materiales con desplazamiento vertical y horizontal combinado y sin recorridos fijos. Desde el punto de vista de la manutención, hay tres tipos principales de máquinas:

Quando el servicio de grúa se necesita con poca frecuencia, basta con acoplar un brazo o apéndice especial al mecanismo elevador de un montacargas con horquilla. Así mismo, se pueden equipar con una pluma rígida u oscilante con superestructura fija o giratoria.

Las grúas sobre camión pueden ser de pluma oscilante, con superestructura fija al chasis o bien con el torno y la pluma montados formando una superestructura giratoria, siendo entonces de 360 grados el ángulo de barrido.²

2.2.3 Equipo de manipulación para movimiento vertical con asociación de movimiento horizontal

Dentro del equipo que puede proporcionar tanto movimiento vertical como horizontal, se encuentra el siguiente:

- *Pollpastos.* Son muy útiles para el transporte vertical. La elección del modelo adecuado a cada instalación dependerá del peso que ha de elevarse, de la frecuencia de las operaciones de elevación y de ciertas condiciones especiales de cuidado en el manejo de la carga o de la facilidad de maniobra que puedan imponerse. También debe prestarse atención a las circunstancias especiales de

² Immer, John R., Manejo de materiales

fundonamiento, tales como la de trabajar en local cerrado o en atmósfera explosiva y al tipo de movimiento horizontal que se necesita.

Para el transporte vertical de pesos reducidos, hay muchos tipos de polipastos de cadena accionados a mano. Estos se utilizan para elevaciones poco frecuentes, cuando el volumen de trabajo no justifica el desembolso mayor que supondría un polipasto a motor. Se utiliza también cuando se precisa una elevación lenta o una manipulación cuidadosa.

Los polipastos accionados eléctricamente pueden emplearse para la elevación vertical rápida de materiales ligeros o para la elevación de piezas o elementos grandes y de mucho peso. Estos polipastos pueden manejarse directamente a mano o con mando a distancia y los tableros de control pueden formar parte del aparato elevador o estar situados en un puesto de mando central, como la cabina de un sistema de transportador monocarril o de una grúa puente.

Los polipastos de aire comprimido se usan cuando puede haber peligro de explosiones. Los aparatos de esta clase pueden admitir sobrecargas fuertes sin daños y con ellos se obtiene un control preciso de las operaciones de elevación; por estas razones son aplicables a muchos trabajos a elevada temperatura o con humedad.

Los polipastos se utilizan generalmente en combinación con algún otro tipo de aparato de movimiento horizontal. El transporte a lo largo de una línea se puede efectuar con un monocarril, mientras que para cubrir una zona más ancha se utilizará una grúa puente. Las grúas de pluma realizan también este transporte, pero en una zona reducida.

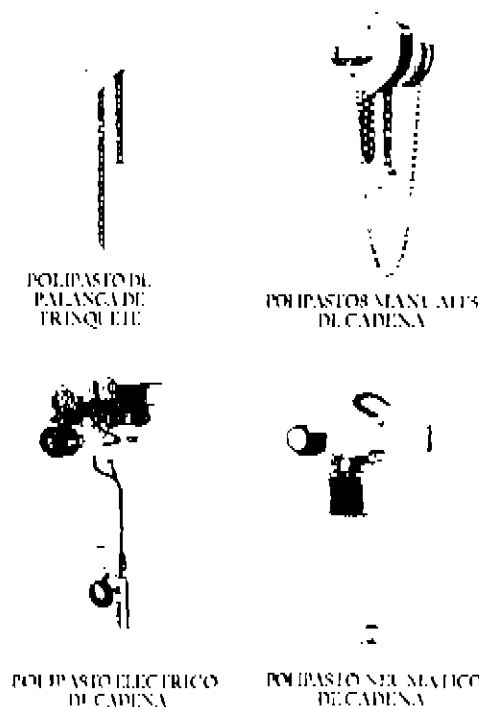


Figura 2.6 Tipos de polipastos

- *Puntales y grúas de pluma de mástil fijo.* Estas grúas, además de realizar una función elevadora, tienen toda la amplitud de movimiento horizontal que permite el ángulo de giro y el alcance de su pluma, con la ventaja de que las funciones de elevación y de traslación horizontal pueden ser ejecutadas al mismo tiempo. El tonelaje que pueden elevar y trasladar, está limitado por la resistencia de la pluma y del cable por el momento resistente que la unidad ofrece al vuelco. Esta última característica limita también las distancias, a partir de la base de la pluma, a las que se pueden levantar los pesos.

Las grúas de mástil fijo con plis rígidos, se apoyan sobre una estructura que sostiene el mástil. Pueden cubrir un ángulo de 270 grados. Las grúas de mástil fijo

sujetas a vientos, están sostenidas por tirantes de alambre con una disposición análoga, pero no tienen un ángulo de giro tan amplio. Las grúas de pluma oscilante con carácter de instalación fija reciben el nombre de puntales.³

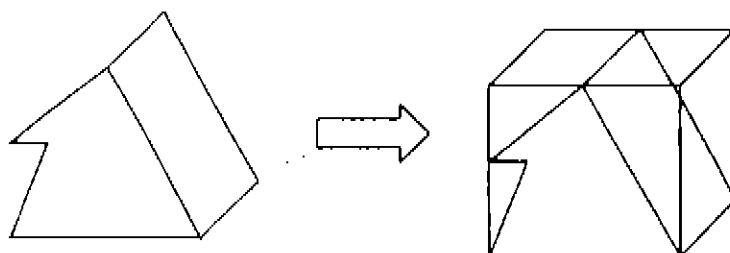
2.3 Clasificación de las Piezas

A continuación se presentan todos los factores, con sus debidas restricciones, que se tomarán en cuenta para la clasificación de las piezas:

1) Forma geométrica

La forma geométrica de las piezas será determinada mediante algunas relaciones geométricas. Para obtener dichas relaciones se requerirán las dimensiones de las piezas.

Si dichas piezas son de forma Irregular se Imaginará que están dentro de un prisma y se medirán las longitudes más grandes, p ej.



De esta manera las piezas con geometrías complejas pueden ser clasificadas en alguna de las formas sencillas que a continuación se explican.

³ Idem

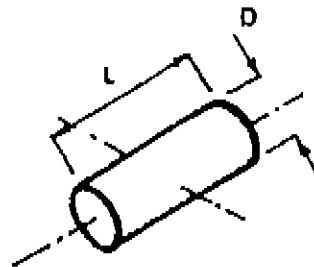
Discos

Las relaciones longitud (L), diámetro (D) deben ser:

- $D \leq 1$
- $1 < D < 2$
- $D \geq 2$

El espesor (e) debe ser menor a diez centímetros para poder considerarse como disco.

Cilindros



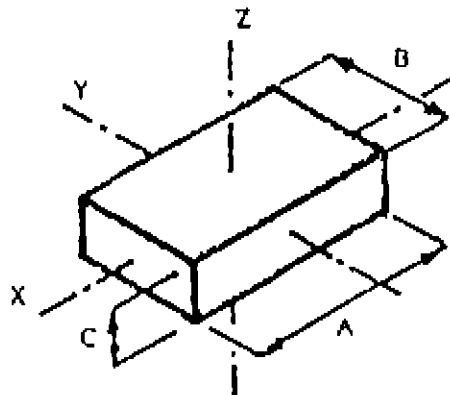
- Cilindros cortos

La relación longitud (L), diámetro (D) debe ser $L/D \leq 2$

- Cilindros largos

La relación longitud (L), diámetro (D) debe ser $L/D > 2$

Prismas



Antecedentes para la manipulación de las piezas grandes y pesadas

- Piezas planas
A/B \leq 3
A/C $>$ 4
- Piezas largas
A/B $>$ 3
- Piezas cúbicas
A/B \leq 3
A/C \leq 4

2) Peso

La clasificación por pesos tiene como mínimo cinco kilogramos, ya que todas las piezas de menor peso pueden ser evaluadas con los métodos ya existentes del Diseño para Ensamble.

Peso (kilogramos)
5-30
31-100
101-500
501-1000
Peso $>$ 1001

3) Equipo para su manipulación

Únicamente responde a la pregunta ¿Utilizan grúa para su manipulación?

4) ¿Cuenta la pieza con ayudas especiales para sujetarlas?

Se consideran como tales a cualquier aditamento que no sea parte del diseño funcional del equipo, como pueden ser orejas, agarraderas, cavidades, marcas, roscado, etc.

5) Número de operarios que intervienen en su manipulación

De acuerdo al número de operarios se escoge en la tabla el intervalo al que corresponda, incluyendo al operador de la grúa.

Número de operarios		
1 - 2	3 - 5	\geq 6

3. CASO DE ESTUDIO

- 3.1 Tipos de ventiladores.**
- 3.2 Modelo HA**
- 3.3 Diagrama de procesos**
- 3.4 Descripción del proceso**
- 3.5 Tabla de ensamble final**

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 Tipos de los ventiladores.

Dado que existe una gran variedad de equipos de dimensiones considerables que además se componen de piezas y subensambles pesados, se ha decidido realizar el análisis de la manipulación y montaje de estas piezas para un caso de estudio desarrollado en una empresa que fabrica ventiladores industriales, de la cual se omitirá el nombre por petición de la misma.

Existe una gran variedad de ventiladores de diversas dimensiones que van desde los pequeños de flujo centrífugo y axial para usos estándares hasta los de flujo centrífugo y axial de alta resistencia cuyo uso pueda ser modificado para satisfacer los requisitos particulares de quien los va a emplear.

A continuación se presentan los tipos de ventiladores y sus aplicaciones.

- En la Industria del cemento.
- En calderas para uso general (energía).
- Metalurgia.
- En minas y Túneles.
- Industria de pulpa y papel.
- Aceite y gas.
- Aplicaciones a altas temperaturas.
- Industria del vidrio.
- Industria cerámica.
- Industria Automotriz.
- Sector alimenticio.
- Industria química.
- Industria farmacéutica.
- Sistemas ambientales.
- Industria electrónica.

3.1.1 VENTILADORES DE FLUJO CENTRÍFUGO.

Dentro de esta clase de ventiladores, se tienen varios subconjuntos o familias de ventiladores entre las que destacan:

- Ventiladores para ventilación.

Ventiladores con accesorios estándares se diseñaron y adaptaron especialmente para el sector de la construcción incluyendo también su uso para la extracción del humo. Por ejemplo: Centrimaster GX y Centrimaster GT.



Figura 3.1.1 Ventilador Centrimaster GT. El rango de circulación de aire va desde 0.1m³/s hasta 50 m³/s que se puede desarrollar con presiones de hasta 3300 Pa.

- Ventiladores para altas presiones.

Se trata de ventiladores y sopladores resistentes a presión que aumentan sobre los 30 KPa. Con aplicaciones en la recompresión mecánica del vapor, generación de energía, flotación y aireación, en la industria química e industria de pulpa y del papel.



Figura 3.1.2

- Ventiladores Industriales ligeros.

Estos ventiladores centrífugos están diseñados para trabajar con bajas, medias y altas presiones. Toda esta gama de ventiladores está estandarizada completamente y pueden disponer de una gran variedad de accesorios. Algunos ejemplos son: los HK, HD o Centralal.

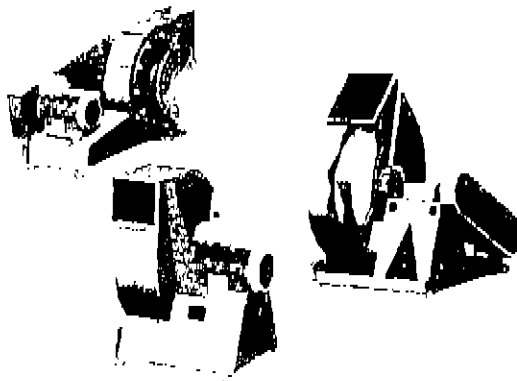


Figura 3.1.3 VENTILADORES HC:

Ventiladores centrífugos transmitidos por banda o de transmisión directa.

Disponibles en diversos tipos de rodetes.

Temperaturas de funcionamiento máximo:

Los ventiladores transmitidos por banda 350°C

Transmisión directa 100°C.

- Ventiladores para altas temperaturas.

Ventiladores resistentes para temperaturas por encima de los 500°C. Para uso en hornos industriales.



Figura 3.1.4

- Ventiladores Industriales pesados.

Ventiladores modificados para requisitos particulares con diseño estandarizado. Son ventiladores robustos, de transmisión directa; y específicos a los requisitos del cliente. Por ejemplo: los modelos: europal, technopal y HA.

Figura 3.1.5 Ventilador Technopal
Diseñado y fabricado de acuerdo con las especificaciones del cliente.
Rango del flujo: 700 m³/s
Rango de presión de hasta 100,000 Pa
Diámetro del rodete: hasta 5,000 mm.



84

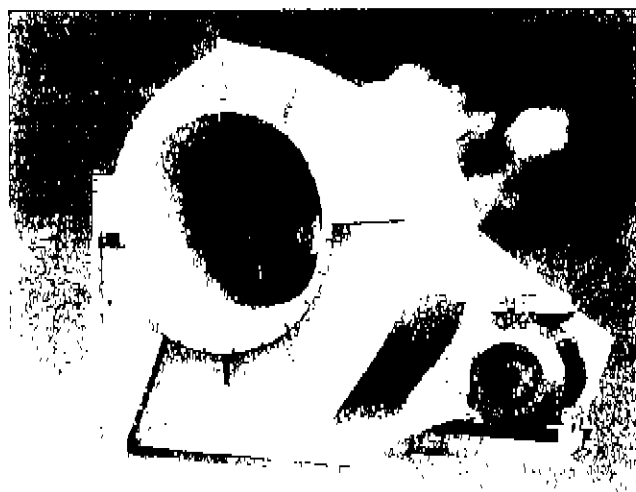


Figura 3.1.6 Ventilador Europeo.
Diámetro del rodete: 800-2500 mm
Rango de Flujo: hasta 100 m³/s
Rango de Presión: hasta 26,000 Pa

Debido a que el desarrollo de esta investigación se ha llevado a cabo con base en observaciones del modelo HA, a continuación se describe éste un poco más a detalle.

3.2 MODELO HA

Los ventiladores HA han sido diseñados para transportar flujos de gases y aire en calderas industriales.

Estos ventiladores son usados comúnmente para aplicaciones tales como el transporte de gases calientes y corrosivos con altas concentraciones de polvo. Son reconocidos por su alta disponibilidad, costos de mantenimiento bajos y un funcionamiento económicamente superior.

Son solicitados por la industria de energía, la industria de la pulpa y el papel para transportar los gases de las calderas que encienden el gas natural, el aceite, o varios tipos de basura.

El ventilador HA seleccionado se puede optimizar para eliminar las altas concentraciones del polvo, cuando se transportan los materiales; para el polvo abrasivo o adhesivo; y para el gas altamente corrosivo y caliente.

La energía representa un costo sustancial en la mayoría de las industrias. Los ventiladores HA se diseñan para un alto rendimiento pero con un consumo bajo de potencia que reduzca al mínimo el costo energético, dando como resultado una economía de funcionamiento óptima.

La serie HA consiste en tres modelos básicos: HAC, HAB y los HAK.

Cada modelo básico se puede proveer en una gran cantidad de variantes. Los HAC y HAB se fabrican en tamaños que se extienden desde el mediano hasta el muy grande. Los HAK son ventiladores más ligeros diseñados para usos que exigen menos desde un punto de vista mecánico.

Los HA son una alternativa económica, especialmente si se desea evitar los altos costos de operación y de servicio.

Todos los HA son de transmisión directa, esto se traduce en un ahorro de energía del 5% comparado con los de transmisión por banda.



Figura 3.2.1

Retiro hidráulico del rodete o impulsor.

Los ventiladores HAB y HAC están equipados con un ensamble hidráulico especial para el retiro del rodete. Los rodetes de los ventiladores grandes se pueden desmontar fácilmente, incluso después de varios años de operación.

Carcasa partida.

Con la carcasa partida del ventilador, el rotor puede ser remplazado fácilmente, sin la necesidad de desmontar conductos.

Bastidor maquinado.

Los ventiladores HA tienen un bastidor maquinado que facilita la rápida alineación y el montaje de la flecha lo que ayuda a disminuir los costos de instalación.

Control del Equipo.

Los ventiladores estándares de HAB y de HAC poseen un control de daños que puede sufrir el cojinete. Los ventiladores también se pueden equipar de sistemas completos para el control continuo de la temperatura, las vibraciones y del desgaste del cojinete.

Cojinetes de rodillo esféricos.

El eje del ventilador funciona en cojinetes de rodillo esféricos en una cubierta de acero, diseñada para durar más de 80,000 horas de operación.

Lubricación.

Los ventiladores HA se lubrican con grasa o aceite. El aceite se utiliza para eliminar la necesidad de intervalos frecuentes de lubricación durante la operación a alta velocidad. Una bomba separada se asegura de que el nivel de aceite sea siempre el correcto en la cubierta de cojinete.

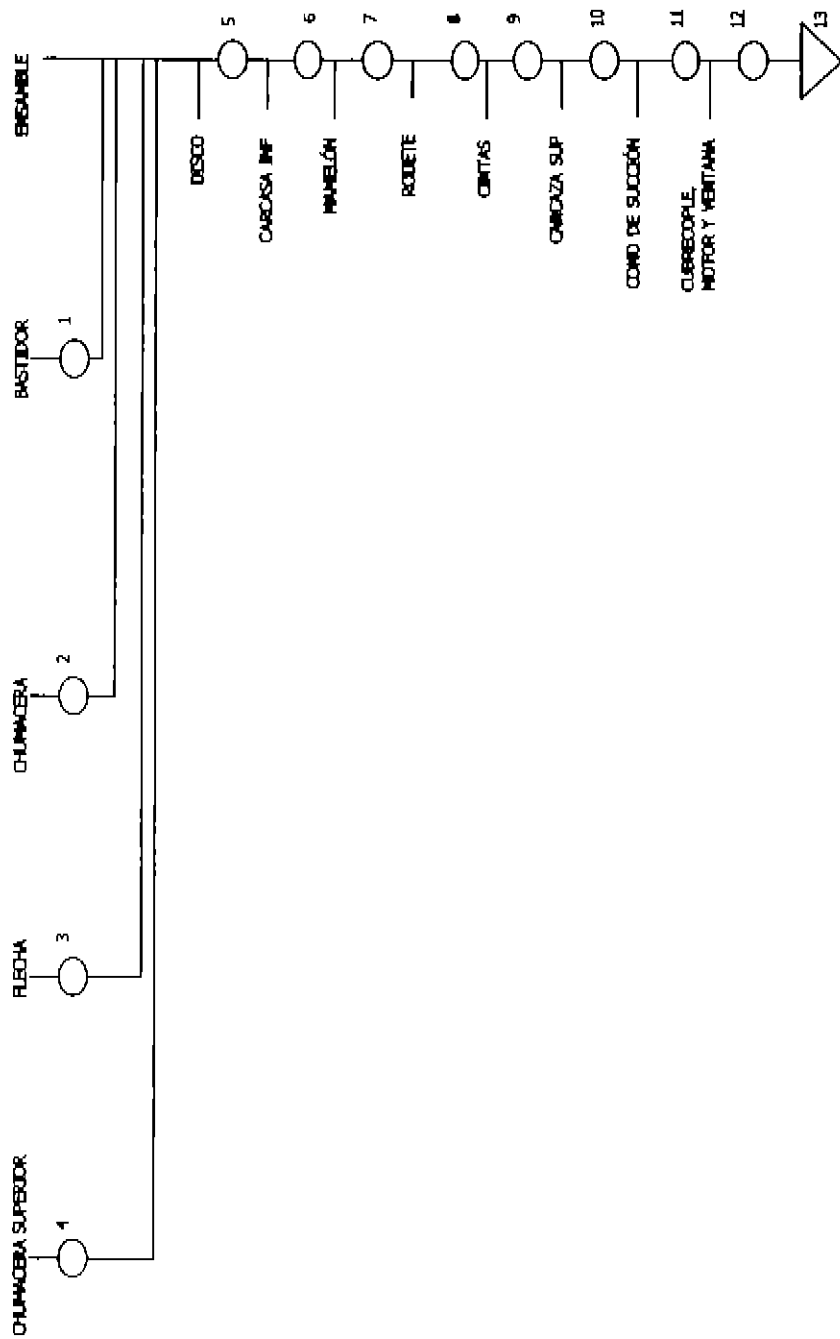
Acoplador flexible.

El acoplador flexible está diseñado para resistir muchos años de operación sin problemas. Los empaques de goma pueden ser sustituidos fácilmente sin tener que quitar el motor.

Sistemas de control.

El funcionamiento del ventilador puede variar por razones económicas o de proceso. El control de la paleta de entrada, los acopladores y los motores de velocidad regulada son algunos ejemplos de los sistemas de control que están disponibles en los ventiladores HA.

3.3 Diagrama de Procesos



3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para poder explicar de manera clara y sencilla la forma en como se lleva a cabo el proceso de manipulación y montaje de las piezas que conforman un ventilador modelo HACS, se utilizará el diagrama de proceso planteado, por lo que se inicia con el bastidor, considerado como la pieza base del ensamble por ser la primera que es colocada y sobre la cual se montan todas las demás que conforman al ventilador, y así siguiendo la sucesión lógica proporcionada por dicho diagrama hasta la colocación del motor, el cual es la pieza final de la operación.

BASTIDOR

El bastidor es considerado como un subensamble, es decir, requiere de un proceso de fabricación independiente antes de llegar al ensamble final, dicho proceso consiste en:

- Verificar disponibilidad de piezas (láminas y soleras previamente cortadas) de la lista de partes.
- Marcar los lugares de colocación de refuerzos internos.
- Colocar un costado de la mesa de trabajo y puntear un refuerzo en posición perpendicular a ésta, colocar los refuerzos restantes de igual manera.
- Puntear el costado contrario sobre los refuerzos.
- Puntear las paredes del bastidor a ambos costados.
- Puntear la placa de base de chumacera sobre la parte superior posterior del bastidor.
- Puntear las placas de la base del motor en los costados superiores frontales del bastidor.
- Puntear la tapa de la base del motor sobre las placas de la base del motor.
- Puntear la base ventilador al bastidor.

Como se mencionó anteriormente, el bastidor es la primera pieza del ensamble, por lo tanto, es colocado y asegurado por medio de 2 puntos de soldadura sobre una tarima de apoyo, una vez realizada esta operación, se encuentra listo para continuar con el ensamble de las siguientes piezas, las características del bastidor como dimensiones, equipo para manipulación o forma, se pueden apreciar en la tabla 3.4.1.



Figura 3.4.1

Pieza	Subensamble	Material	Características geométricas [mm]	Peso Total [kg]	No. de operarios	Equipo para manipulación	Tiempo de manipulación
BASTIDOR	—	ASTM-A283 ASTM-A36	Largo: 3475	1152.3	3	Montacargas	2'57"
			Ancho: 1374				
			Alto: 1095				
			Forma: Prisma				

TABLA 3.4.1

CHUMACERA PARTE INFERIOR

Son dos las chumaceras que permiten la transmisión de la flecha, estas llegan directamente al área de montaje y no son fabricadas en la planta, se compran y únicamente se arman de acuerdo a especificaciones de catálogos del proveedor (en este caso es SKF), la secuencia de montaje es la siguiente:

- a) Limpiar y barrenar chumaceras.
- b) Ensamble de chumacera.
- c) Montaje de chumacera.
- d) Ajustar tornillos.
- e) Apretar tornillos.
- f) Verificar distancia.



Figura 3.4.2

Ajuste con lámina.



Figura 3.4.3

Al analizar el proceso se detectaron varias deficiencias, lo que se traduce en demoras y retrasos importantes, tales como el barrenado que es muy lento por el tipo de broca empleada, además el número de veces que se pueda repetir el ensamble es variable, ya que se realiza a prueba y error. Ver detalles por operación en tabla 3.4.2.

Pieza	Características geométricas	Operación	Descripción	No. De veces	Tiempo	Tiempo total	No. De operarios	Equipo para mantenimiento
CHUMACERA PARTE INFERIOR	Diámetro: Longitud: Peso: Forma:	a	<ul style="list-style-type: none"> - Señalar las partes de las chumaceras con puntos de golpe para identificar ambas partes. - Colocar la chumacera en el posicionador del tablero de pie. - Realizar un barrido en el tablero de pie en la parte inferior exterior de la chumacera para el drenaje del lubricante según la tabla SKF. - Realizar un barrido en el tablero de pie en la parte superior exterior de la chumacera para la entrada del lubricante. - Lavar las chumaceras con solvente y brocha eliminando cualquier impureza. 	4	2'30"	14'	1	Manual
		b	<ul style="list-style-type: none"> - Batiro + mango de + arandela + tuerca - Medir distancia entre Chumaceras 	2	1'46"	3'32"	1	Manual
		c	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar chumaceras volver a medir alturas - Tiempo de ajuste en la superficie de contacto 		4'50" 2'10" 1'32"	8'32"	1	Manual con esmeril
		d	<ul style="list-style-type: none"> - Quitar rebaba a cada chumacera - Ajustar Tornillo + ranitana + tuerca 	4	19"	4'38"	1	
		e	<ul style="list-style-type: none"> - Medir - Cortar - Colocar y Checar horizontalidad 	1	18" 50" 3'10"	5'14"	1	Manual
		f	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar Arandela 	4	29" 20"	3'18"	1	Manual con pistola neumática
		g	<ul style="list-style-type: none"> - Se veche a medir distancia entre chumaceras y a golpes con martillo se busca la distancia correcta. 			7'28"		
		h	<ul style="list-style-type: none"> - Se afloja todo y se hace de nuevo 			15'		

TABLA 3.4.2

FLECHA Y CHUMACERA PARTE SUPERIOR

A continuación se procede al armado de la transmisión (ver tablas 3.4.3 y 3.4.4), colocando los rodamientos y lubricando conforme a la siguiente secuencia de operaciones:

- a) Montar la flecha.



Figura 3.4.4

- b) Montaje del rodamiento.



Figura 3.4.5

- c) Ajusta de rodamientos.
- d) Montaje lado derecho.
- e) Verificar distancia entre chumaceras.
- f) Montaje lado izquierdo.
- g) Lubricado.
- h) Colocar chumacera parte superior



Figura 3.4.6

Pieza	Material	Características geométricas	Operación	Descripción	No. De veces	Tiempo	Tiempo total	No. De operarios	Equipo para manipularlo		
FLECHA	ALSI-1045	Diámetro: 107.95 mm Longitud: 1285 mm Peso: 104 kg Forma: cilindro	a	- Colocar flecha en banco y sujetar, cubriendo la parte donde se sujeta para no dañarla.	1	50"	50"	2	manual		
					b	- Lubricar la flecha Montar manguito y balero	2	43"	20"	1	manual
							c	Medir distancia para ajuste de rodamientos	1	3'10"	3'10"
			d	Montar arandela Montar tuerca Apretar tuerca Ajuste del juego	1	7" 35" 45" 5"			6'27"	1	manual
					e	Medir distancia Montar arandela Montar tuerca Apretar tuerca Ajuste del juego	1	51"	51"	1	manual
							f	Lubricar la transmisión con grasa marca SKF tipo LGMT 2/15. Llenando el alojamiento solo parcialmente con grasa (del 30 al 50%) e ambos lados.	1	9" 40" 1'	7'27"
			g	2	1'	2'			1	manual	

TABLA 3.4.3

Plaza	Operación	Descripción	No. De veces	Tiempo	Tiempo total	No. De operarios	Equipo para montaje
CHUMACERA PARTE SUPERIOR	h	Se limpian Se colocan empaques: Superior Inferior	4	28" 28"	3'44"	1	Manual

TABLA 3.4.4

NOTA: Son dos chumaceras en total y el ensamble de ambas se hace simultáneo.

CARCASA PARTE INFERIOR

Ahora es necesario preparar el bastidor previamente asegurado a la plataforma, para el montaje de la parte inferior de la carcasa, para tal efecto es necesario:

- Quitar la solera de apoyo en el extremo del bastidor donde se montará la carcasa, actualmente se realiza a golpes.
- Esmerilar la zona cercana al ensamble, para facilitar la entrada de las uñas del montacargas.
- Montar el disco a la flecha, operación realizada a mano y en línea recta.

Cabe hacer notar que el montaje del disco resulta problemático, debido a que en ocasiones el diámetro no es el adecuado y se tiene que re TRABAJAR para corregirlo debido a errores de diseño, provocando demoras en el proceso.



Figura 3.4.7

Una vez montado el disco correctamente en la flecha, el bastidor se encuentra listo para recibir la parte inferior de la carcasa, dado que, al igual que el bastidor se considera como un subensamble, a continuación se describe su proceso de fabricación antes de llegar al ensamble final:

- Verificar disponibilidad de piezas de la lista de partes.
- Trazar los ejes de los costados y los lugares donde se colocarán los refuerzos interiores y exteriores, así como las bridas de partición.
- Rolar el envoltente.
- Puntear a cualquier costado los refuerzos exteriores primarios y secundarios conforme a los trazos mencionados anteriormente.
- Voltear el costado mencionado anteriormente para puntearle el envoltente.
- Puntear los refuerzos interiores de manera perpendicular sobre el costado.
- Puntear sobre los refuerzos y sobre el envoltente el costado contrario.
- Puntear a este costado sus refuerzos exteriores primarios y secundarios según los trazos realizados anteriormente.
- Si el ventilador es bipartido realizar el corte con gas al envoltente conforme a las separaciones entre ambas partes de los costados.

- Si el ventilador es bipartido puntear sobre el corte del envolvente y sobre las separaciones entre ambas partes de los dos costados las bridas de partición.
- Puntear la oreja.
- Puntear el drenaje.
- Colocar la puerta de inspección y soldar sus agarraderas.
- Soldar todos los ensambles.
- Realizar una inspección visual de las soldaduras.

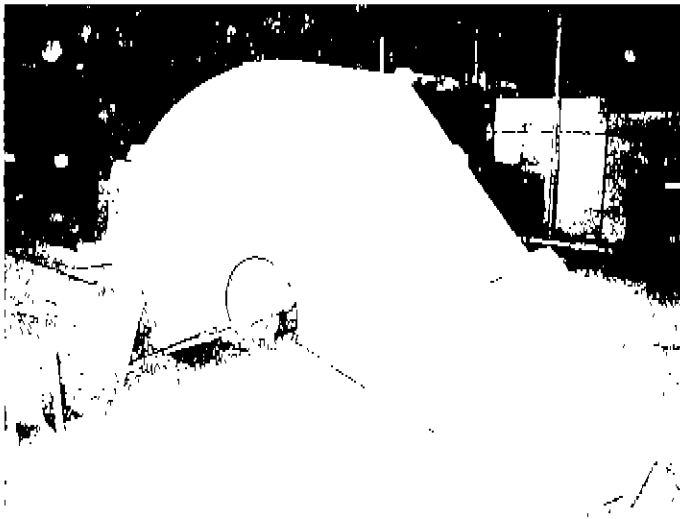


Figura 3.4.8

Para el ensamble final de la parte inferior, se sigue el procedimiento siguiente:

- Se transporta la pieza con ayuda de montacargas hasta el área de ensamble final, donde se encuentra el bastidor previamente esmerinado.

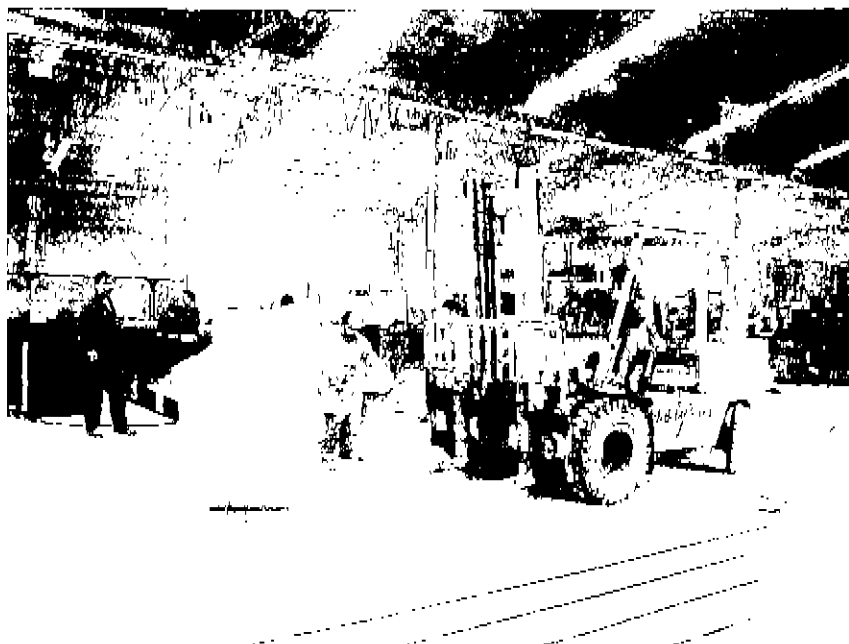


Figura 3.4.9

- La operación de ensamble con bastidor se realiza con este equipo y una vez ensamblado, se mide la distancia con respecto a la flecha para verificar que esté bien centrada, además de que el ángulo de descarga sea correcto. Ver detalles del montaje en tabla 3.4.5.

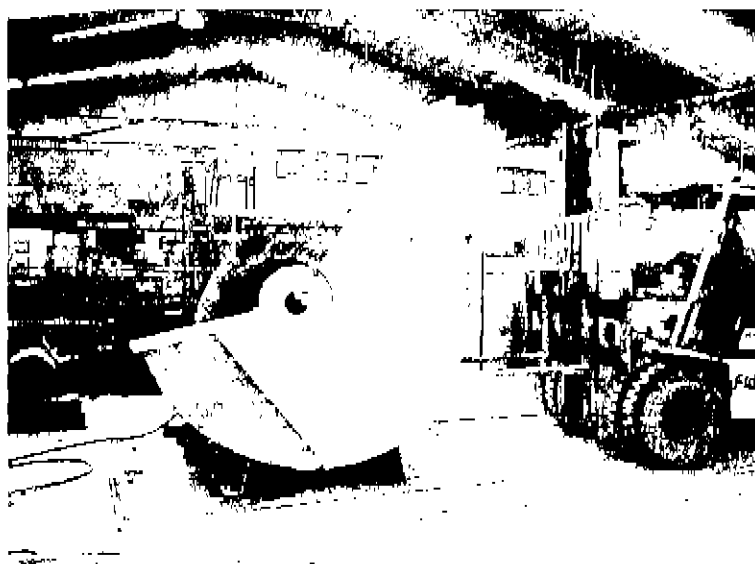


Figura 3.4.10

- Puntear la mitad de la carcasa que irá fija al bastidor, soldar ésta conforme a las especificaciones del dibujo y retocar con pintura en las partes que resultaron afectadas por la soldadura.

- Pegar empaques en las bridas de partidón empleando pegamento 3M (Super 77) aerosol y navaja para descubrir los orificios de la brida para el ajuste con parte superior.



Figura 3.4.11

Cabe mencionar que durante el proceso observado se presentó un error en el diseño de manera que el hueco o "cachete" donde se colocaría el refuerzo primario de la carcasa estaba en el lado contrario del bastidor, por tanto el ensamble resultó imposible, lo que se traduce en un reajuste del bastidor y remoción de la carcasa, esmerillar la parte faltante y parchar el hueco innecesario, sin mencionar el tiempo de operación que es bastante considerable.

Pieza	Subensamblable	Material	Características geométricas [mm]	Peso Total [kg]	No. de Operarios*	Equipo para Manipulación*	Tiempo de Manipulación*	
CARCASA	Costado de Transmisión	Costados ASTM-A283	Longitud: 2362 X 2677	732.2	5	montacargas	Parte inferior: 3' 15" sin considerar reproceso	
		Brida de partición ASTM-A36						
		Tubo ref. ASTM-A120	Espesor: 4.7625					
		Refazos. Solera ASTM-A 36	Forma: Plana					
	Costado de Succión	Costados ASTM-A283	Longitud: 2362 X 2677	732.2	5	montacargas	Parte superior: 13' 12"	
		Brida de partición ASTM-A36						
		Tubo ref. ASTM-A120	Espesor: 4.7625					
		Refazos. Solera ASTM-A 36	Forma: Plana					
	Envolvente	ASTM-A283	Longitud: 710 X 6222	Espesor: 4.7625	Forma: Plana robada.			

TABLA 3.4.5

* La tabla hace referencia a los subensamblables de la carcasa, sin embargo, para el montaje la carcasa se divide en dos: la parte superior e inferior, a las cuales están referidos estos datos.

MAMELÓN Y RODETE

La siguiente operación es el montaje del mamecón y rodete, estos son asegurados a la flecha con la cuña y la rondana. Ver especificaciones en la tabla 3.4.6.

Pieza	Subensamble	Materia	Características geométricas [mm]	Peso Total [kg]	No. de operarios	Equipo para manipulación	Tiempo de Manipulación
RODETE O IMPULSOR	—	AISI-1018	Ancho: 230	471.9	3	montacargas	8'20"
			Diámetro: 1610				
			Forma: Cilindro				
			Vel. Rot.: 1780 rpm				
			Sent. Rot. Izq.				
MAMELÓN	—	AISI-1018	Diám. Int.: 101.6	41.4	2	—	50"
			Diám. Ext.: 180				
			Longitud: 304				
			Forma: Cilindro				

TABLA 3.4.6

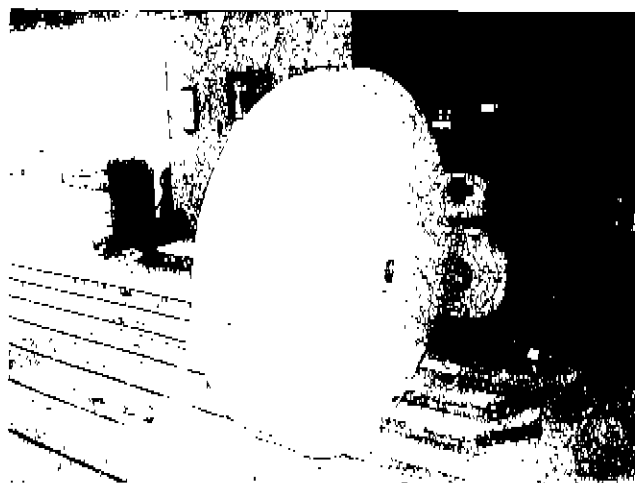


Figura 3.4.12

CARCASA PARTE SUPERIOR

Ya que se tiene montado el rodete con su mamelón en la flecha, la carcasa debe completarse con su parte superior, a la que previamente se colocan los empaques en las bridas de partición, una vez descubiertos los orificios de las bridas, se procede al montaje con la parte inferior (ver detalles en tabla 3.4.5), asegurando las piezas con tornillos apretados de manera neumática.

De este modo, se procede al aseguramiento del disco, que fue la primera pieza en colocarse en la flecha, así como del trazo del eje para soldar tornillos de sujeción del cono.

CONO DE SUCCIÓN

El siguiente paso es el montaje del cono de succión, para lo cual se tiene el siguiente procedimiento:

- Colocar el cono de succión para trazar los lugares donde se colocarán los tornillos autosoldables.
- Marcar con punto de golpe donde se realizaron los trazos para los tornillos autosoldables.
- Retirar el cono de succión para colocar los tornillos autosoldables.
- Retocar con pintura la carcasa en los lugares donde se colocaron los tornillos autosoldables.
- Colocar el empaque al cono de succión con el pegamento en spray en las áreas donde están los barrenos.
- Colocar el cono y fijarlo con sus tuercas.

Ver detalles de tiempos en la Tabla de Ensamble Final.

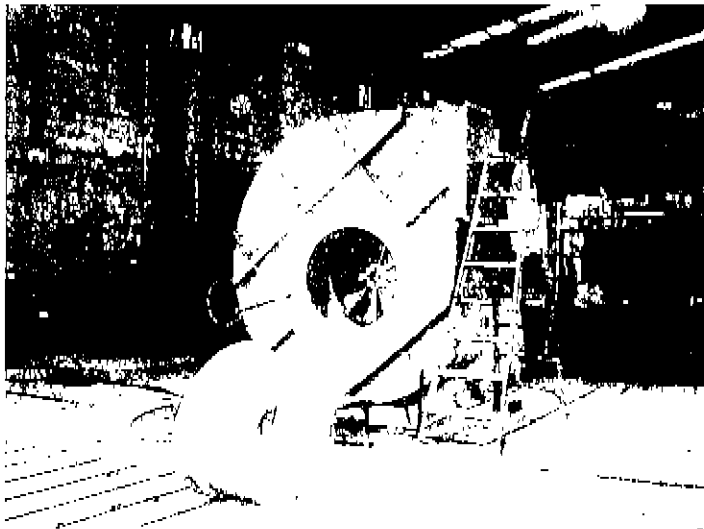


Figura 3.4.13

Plaza	Subensamble	Material	Características geométricas [mm]	Peso Total [kg]	No. de operarios	Equipo para manipulación	Tiempo
CONO DE SUCCIÓN	---	ASTM-A283	Longitud: 480	37.3	2	---	2'46"
			Diámetro: 910				
			Forma: Cónica				
MOTOR	---	---	Pot: 600 H.P.	2585	3	montacargas	2'30"
			460 V				
			Vel: 1800 rpm				
			Longitud: 1867				
			Diámetro: 740				

TABLA 3.4.7

VENTANA, CUBRECOPLES Y MOTOR

La parte final del montaje consiste en la colocación de la ventana de la carcasa así como de los coples y el montaje del motor que para el modelo analizado no fue posible observar siguiendo la siguiente secuencia:

- Inspeccionar que las flechas y los coples no tengan rebabas y revisar sus dimensiones.
- Colocar los sellos del cople en la flecha del ventilador y del motor.
- Calentar el cople y colocarlo en la posición.
- Montar el motor en la posición.
- Revisar la altura de las calzas del motor.
- Soldar las calzas del motor al bastidor.
- Alinear los coples mediante el indicador de carátula.
- Fijar el motor a sus calzas con los tornillos.
- Colocar la rejilla en los coples.

- Colocar la lubricación.
- Colocar las tapas del coque.
- Colocar los accesorios.

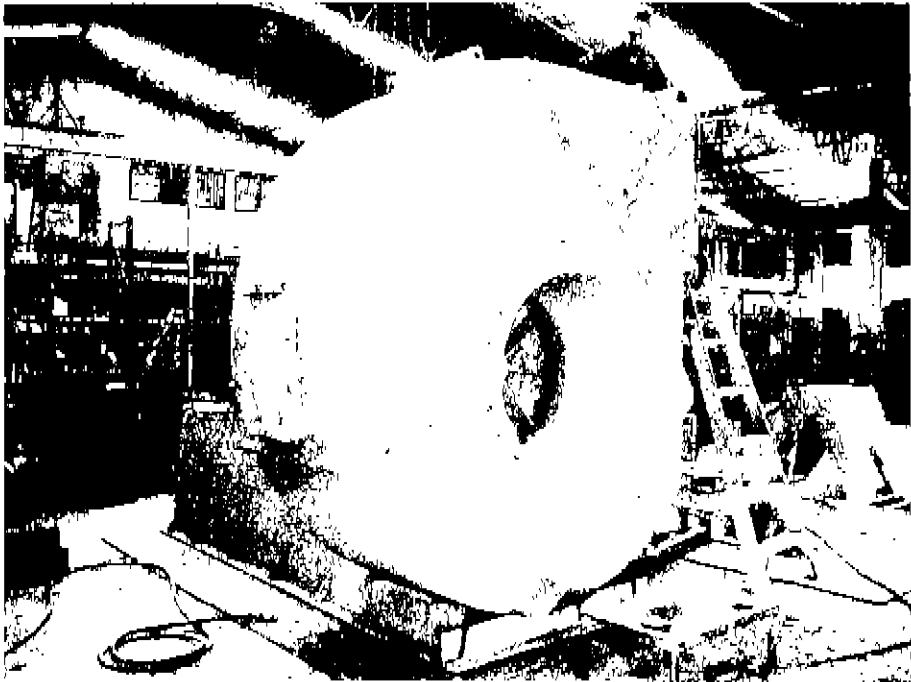


Figura 3.4.14

3.5 ENSAMBLE FINAL

Pieza	Operación	Tiempo	No. De veces	Tiempo total	No. De operarios	Equipo para manipularlo y para realizar la operación	Observaciones
BASTIDOR	El bastidor es la base del montaje						
CHUMACERA PARTE INFERIOR	Montar chumacera inferior		2	57'38"	1	Manual	Ver detalles en hoja de subensamble
FLECHA	Montar flecha en chumacera	21"	1	21"	4	Manual	
CHUMACERA PARTE SUPERIOR	Se engrasa y ponen empaques						
	Montaje de chumacera superior	31'4"	1	3'14"	2	Manual	
Todas estas operaciones son previas al ensamble	Se abomba la chumacera que está del lado del ventilador	20"	2	40"	1	Manual con pistola neumática	
	Se suelda el bastidor a una placa de apoyo con dos puntos	9'30"	2	19'	1		
	Se quita la solera a golpes	1'36"	1	1'36"	1	Con martillo	Esto se hace para que entren las uñas del montaje
	Se esmerila la zona cercana al ensamble	54"	1	54"	1	Con esmeril	
	Se monta disco en flecha	16'30"	1	16'30"	2	Manual	Se sujeta con ambos manos y en línea recta
	Se quita el disco y retrabaja	2'	1	9'10"	2	Manual	Porque quedó más pequeño el diámetro del disco
	Se vuelve a poner el disco	7'10"					

*Son dos chumaceras en total y el montaje se hace simultáneo, por lo que el tiempo total es para las dos.
 * Son dos chumaceras en total

CARCASA PARTE INFERIOR	Levanta la carcasa con el Montacargas	43"	1	5'17"	6	Montacargas	Son 5 operarios y una persona que maneja el montacargas
	Se quita la carcasa	42"					
	Ajuste	46"	1	8'23"	6	Montacargas	Hubo un error en el diseño y estaba al revés el bastidor, lo que faltaba de un lado sobraba en el otro
	Ajuste total	310" 47"					La carcasa se tiene que mover del bastidor ligeramente, no se saca por completo
	Se corta con esmeril la parte que falta y se parcha la parte que sobre	45'	1	45'	2	Montacargas	
	Soldar la carcasa al bastidor	60'	1	60'	1	Manual	
	Pegar empaques en carcasa inferior	42"	1	10'9"	1	Manual	La operación es con pegamento 3M (Super 77)
	Pegar empaques en carcasa superior	3'42"					
	Cortar de la chita los orificios	Z					
	Montar marmelón					2	Manual
RODETE	Montar rodete	30'	1	30'	3	Montacargas	
	Montar parte superior de la carcasa				4		
CARCASA SUPERIOR	Aseguramiento del disco		1				
	Trazo del eje para soldar tornillos de sujeción del cono y soldar tornillos		1		1	Con una regla	
CONO DE SUCCIÓN	Montar cono	31"	1	31"	2	Manual	
	Asegurar cono con 4 tornillos	37"	4	2'28"	1	Pistola neumática	
	Marcar lugar de los 16 tornillos restantes	5"	16	1'20"	1	Manual	
	Quitar los 4 tornillos y quitar cono	28"	4	1'30"	1	Manual	

	Soldar los 16 tornillos	37"	16	8'52"	1	
	Medir el diámetro del cono con el diámetro del rodete	3"	1	3"	1	
	Se seca el cono y se mantilla para ajustar el diámetro de éste.	5'47"	1	5'47"	1	Manual con manilla y flexómetro
	Se coloca cinta de empaque a la parte del cono que va a estar asegurada a la carcasa y se le hacen orificios para los tornillos	8'52"	1	8'52"	1	
	Se vuelve a montar el cono	35"	1	35"	2	
	Se atornilla el cono	37"	20	12'28"	1	
VENTANA	Se pega la cinta empaque de la ventana	4"	1	4"	1	
	Se coloca la ventana y se asegura con tornillos	1'10" 6'10"	10	7'20"	2	
	Montaje aseguramiento y ajuste del motor	120"	1	120"		El ajuste se hace a prueba y error

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE MÉTODO PARA EVALUAR LAS PIEZAS GRANDES Y PESADAS.

- 4.1 Clasificación de las piezas analizadas**
- 4.2 Descripción del método propuesto**
- 4.3 Ejemplos para el uso de la tabla de penalizaciones**
- 4.4 Ejemplo de aplicación del método propuesto**

4. Interpretación de resultados y propuesta de método para evaluar las piezas grandes y pesadas.

4.1 Clasificación de las piezas analizadas

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el análisis de la manipulación de las piezas grandes y pesadas se realizó para un ventilador modelo HA, del cual pudimos observar su forma geométrica con base en la clasificación que se realizó en el capítulo 2; su forma de manipulación, el equipo utilizado y el número de operarios que se requirieron, así como el tiempo que tomó manipularlos.

Cabe aclarar que el tiempo de manipulación que observamos en las tablas de ensamble del capítulo 3, incluyen en algunos casos además de la manipulación, parte del tiempo de inserción, ajuste, así como de traslado, ya que no todas las piezas estaban dispuestas cerca del área de ensamble y no todas tenían la facilidad de acoplarse inmediatamente para la inserción. Es por esto que a continuación se presenta una tabla con los tiempos ajustados al tiempo real de manipulación y con la información relevante que da la pauta para evaluar la facilidad de la operación.

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

Pieza	Relaciones geométricas [mm]	Peso Total [kg]	No. de operarios	Equipo para manipulación	Ayudas	Tiempo de manipulación	Forma
BASTIDOR	A : 3475	1152.3	3	Montacargas	sí	2'57"	Prisma cúbico
	B: 1374						
	C: 1095						
	A/B: 2.5 < 3						
	A/C: 3.7 < 4						
CARCASA INFERIOR	A : 2347	439.32	5	Montacargas	NO	3'35"	Prisma Largo
	B: 710						
	C: 2536						
	A/B: 3.3 > 3						
	A/C: 0.92 < 4						
CARCASA SUPERIOR	A : 2347	292.88	5	Montacargas	sí	4'30"	Prisma Largo
	B: 710						
	C: 1300						
	A/B: 3.3 > 3						
	A/C: 1.8 < 4						
RODETE	L: 290	471.9	3	Montacargas	NO	1'10"	Cilindro Corto
	D: 1610						
	L/D : 0.18 < 2						
FLECHA	L: 1285	104	2	—	NO	50"	Cilindro Largo
	D: 107.95						
	L/D : 11.9 > 2						
MAMELON	L: 304	41.4	2	—	NO	50"	Cilindro Corto
	D: 180						
	L/D : 1.6 < 2						
CONO 1	L: 480	37.3	2	—	NO	31"	Cilindro Corto
	D: 910						
	L/D : 0.52 < 2						
CONO 2	L: 600	81.08	3	Montacargas	sí	1'10"	Cilindro Corto
	D: 1200						
	L/D : 0.5 < 2						
MOTOR	L: 1867	2585	3	Montacargas	sí	2'30"	Cilindro Largo
	D: 740						
	L/D : 2.52 > 2						
FLECHA 2	L: 4000	7000	5	Grúa y Camión	NO	5'40"	Cilindro Largo
	D: 700						
	L/D : 5.7 > 2						

Tabla 4.1 Características de cada pieza

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

Además de las piezas ya conocidas del modelo HA, analizamos también otras piezas, denominadas como Cono 2 y la Flecha 2, que pertenecen a montajes distintos, pero de las cuales contamos con datos precisos.

Para poder penalizar cada una de estas piezas, el patrón principal que consideramos, fue el tiempo de manipulación y después de ello, la forma, el peso, el uso de equipo y si la pieza tenía o no algún tipo de ayuda para su manipulación.

De este primer análisis la tabla propuesta para la evaluación del método de manipulación es la siguiente:

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

Forma	Longitud (L)	Peso (W)	La pieza base avués						La pieza no base avués											
			Con grúa			Sin grúa			Con grúa			Sin grúa								
			1-2	3-5	2,6	1-2	3-5	2,6	1-2	3-5	2,6	1-2	3-5	2,6						
Cilindros	DS 1	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
		31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	1 < D < 2	101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	D2 2	31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Cilindros cortos	5-30	31-100	C	5,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		101-500	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			> 1001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cilindros largos	5-30	31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	501-1000	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		> 1001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Piramides	A/B ≤ 3	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	A/C > 4	101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		501-1000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	5-30	31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	A/B > 3	501-1000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		> 1001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Cilindros	A/B ≤ 3	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
A/C ≤ 4		101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		501-1000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Tabla 4.2 Evaluación de piezas conocidas.

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

Pieza	Tiempo [s]
a. Cono 1	31
Mamelón	50
b. Flecha	50
c. Cono 2	64
d. Rodete	70
e. Bastidor	177
f. Carcasa superior ¹	210
g. Carcasa inferior	215
h. Motor	225
i. Flecha 2	340

Tabla 4.3 Tiempos de manipulación por pieza

NOTA. La penalización propuesta al disco observado se coloca de manera aislada en la tabla anterior debido a la falta de observaciones repetidas para su manipulación. Por lo tanto no se propone una extrapolación de penalizaciones para este tipo de piezas y se consideró como ejemplo de aplicación.

Con base en las observaciones realizadas, se propone una penalización para el método de ensamble de estas piezas ya conocidas, por lo que para evaluar piezas que caen dentro de otro rango, se hace la estimación mostrada en la tabla 4.4, donde las celdas que se encuentran sombreadas corresponden a las piezas conocidas, por otra parte, las celdas con penalización NA (no aplicable) corresponden a aquellas condiciones para la manipulación que no sean posibles de efectuar sin grúa, o que en su defecto, el peso de las mismas no justifique el uso de la grúa o del número de operarios asignados para la operación.

4.2 Descripción del método propuesto

- 1) Determinar el renglón dentro de la tabla.
 - 1.1) Determinar la forma geométrica de la pieza a evaluar.
 - 1.2) Determinar el rango de peso de la pieza de trabajo.
- 2) Determinar la columna dentro de la tabla.
 - 2.1) Definir las condiciones de manipulación (tiene ayudas o no, uso de grúa, número de operarios involucrados en la operación).

¹ No se toma en cuenta el tiempo de ajuste

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

- 3) Buscar la Intersección entre renglón y columna y ver penalización, para cada una de las piezas que conforman el ensamble del producto.
- 4) Ordenar de mayor a menor las penalizaciones de cada una de las piezas que conforman el ensamble.
- 5) Identificar las piezas de mayor penalización, debido a que éstas son las que producen mayores complicaciones para el ensamble del producto, traducidas en demoras y reprocesos.
- 6) Determinar las mejoras en el diseño de estas piezas para facilitar la manipulación y el ensamble de las mismas.
 - 6.1) Añadiendo ayudas que faciliten la manipulación y/o guías para la orientación que agilicen el ensamble.
 - 6.2) Combinando las piezas, en la medida que la funcionalidad del producto lo permita, para obtener un número menor de componentes y por lo tanto, de operaciones de ensamble.
 - 6.3) Mejorando las condiciones de manipulación, implementando grúas y/o asignando el número de empleados adecuado para facilitar la operación de acuerdo al peso y forma de la pieza, estas condiciones pueden identificarse con la penalización más baja de cada renglón de la tabla 4.4.

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

Forma	Longitud (m)	Peso (kg)	La pieza base apilada						La pieza no base apilada					
			Con grúa			Sin grúa			Con grúa			Sin grúa		
			1-2	3-5	Nº. de operarios	1-2	3-5	≥ 6	1-2	3-5	Nº. de operarios	1-2	3-5	≥ 6
Cilindros	D ≤ 1	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	1 < D < 2	101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	D ≥ 2	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Cilindros Cortos	L/D ≤ 2	5-30	4.7	5.2	NA	1.2	NA	NA	NA	5.7	6.2	2.2	NA
			31-100	4.5	5.1	NA	1.5	1.7	NA	NA	5.5	6.1	2.5	2.7
		101-500	4.4	5	5.5	NA	NA	NA	NA	NA	5.4	6	6.5	NA
			501-1000	4.4	5	5.4	NA	NA	NA	NA	5.4	6	6.4	NA
> 1001		4.3	4.9	5.2	NA	NA	NA	NA	5.3	5.9	6.2	NA	NA	
		5-30	8.7	9.3	NA	1.5	1.7	NA	NA	9.7	10.3	2.5	2.7	
L/D > 2		31-100	8.6	9.2	NA	2	1.9	NA	NA	9.6	10.2	3	2.9	
		101-500	8.5	9.1	9.8	NA	NA	1.5	NA	9.5	10.1	NA	1.5	
501-1000		8.5	9.1	9.8	NA	NA	NA	NA	NA	9.5	10.1	10.8	NA	
		> 1001	8.4	9	9.7	NA	NA	NA	NA	9.5	10.1	10.8	NA	
Pandos	A/B ≤ 3	5-30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		31-100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	101-500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		501-1000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	> 1001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		5-30	6.6	7.2	NA	1.5	1.7	NA	NA	7.6	8.2	2.5	2.7	
	A/B > 3	31-100	6.5	7.1	NA	2	1.9	NA	NA	7.5	8.1	3	2.9	
		101-500	6.4	7	7.7	NA	NA	1.5	NA	7.4	8	NA	1.5	
	501-1000	6.4	7	7.7	NA	NA	NA	NA	NA	7.4	8	8.7	NA	
		> 1001	6.3	6.9	7.6	NA	NA	NA	NA	7.3	7.9	8.6	NA	
5-30	6.3	6.8	NA	1.2	NA	NA	NA	NA	7.3	7.8	NA	NA		
	31-100	6.1	6.7	NA	1.5	1.7	NA	NA	7.1	7.7	2.2	2.7		
101-500	6	6.6	7.1	NA	NA	NA	NA	NA	7	7.6	8.1	NA		
	501-1000	6	6.6	7	NA	NA	NA	NA	7	7.6	8	NA		
> 1001	5.9	6.5	6.8	NA	NA	NA	NA	6.9	7.5	7.5	7.8	NA		

Tabla 4.4 Evaluación de la manipulación de piezas grandes y pesadas.

4.3 Ejemplos para el uso de la tabla de penalizaciones

1.- Rodeta grande:
D: 2,40 m; L: 1,90 m; W > 1 Ton;

Condiciones de manipulación:

Ayudas: NO

Grúa SÍ

No. Op.: 4

Tiempo de manipulación: 5´35"

Relación dimensional:

L/D = 2.4/1.9 = 1.26 < 2 - Cilindro corto

Penalización: 5.9

4.- Disco para rodete

D: 2 m; W: 170 kg

Condiciones de manipulación:

Ayudas: NO

Grúa SÍ

No. Op.: 2

Tiempo de manipulación: 5´24"

Relación dimensional:

D = 2 m -- Disco

Penalización: 9.5

2.- Ventilador modelo HK:

A: 1.1 m; B: 1.0 m; C: 1.5 m; W > 1 Ton

Condiciones de manipulación:

Ayudas: SÍ

Grúa SÍ

No. Op.: 3

Tiempo de manipulación: 4´16"

Relación dimensional:

A/B = 1.1/1.0 = 1.1 < 3

A/C = 1.1/1.5 = 0.73 < 4 -- Prisma Cúbico

Penalización: 6.5

5.- Base de bastidor HK

A: 2.5 m; B: 0.7 m; C: 0.2 m; W: 200 kg

Condiciones de manipulación:

Ayudas: NO

Grúa SÍ

No. Op.: 2

Tiempo de manipulación: 2´10"

Relación dimensional:

A/B = 2.5/0.7 = 3.57 > 3

A/C = 2.5/0.2 = 12.5 > 4 -- Prisma Largo

Penalización: 7.4

3.- Carcasa grande

A: 4.0 m; B: 1.8 m; C: 3.0 m; W > 1 Ton

Condiciones de manipulación:

Ayudas: NO

Grúa SÍ

No. Op.: 8

Tiempo de manipulación: 25´

Relación dimensional:

A/B = 4.0/1.8 = 2.22 < 3

A/C = 4.0/3.0 = 1.33 < 4 -- Prisma Cúbico

penalización: 7.8

4.4 Ejemplo de aplicación del método propuesto

Para ilustrar la metodología propuesta en este capítulo, presentamos como ejemplo el ensamble del ventilador HACS ya mencionado, debido a que contamos con el seguimiento completo de todas las operaciones de manipulación y por lo tanto, es posible la comparación entre las penalizaciones de cada una de las piezas que conforman dicho ensamble, para posteriormente determinar cuáles son las mayores y en consecuencia identificar a las piezas que están causando mayores problemas y retrasos, proponiendo algunas mejoras que pudieran aplicarse a dichas piezas, tomando en cuenta que esta comparación es únicamente cualitativa.

PASO 1-3. Debido a que ya se tienen las penalizaciones para cada una de las piezas que conforman el ventilador empleando la clasificación proporcionada en la tabla 4.1 , nos ahorramos los primeros tres pasos del método propuesto.

PASO 4. A continuación se muestran las penalizaciones para cada pieza, ordenadas jerárquicamente de mayor a menor:

Pieza	Penalización
Motor	9
Carcasa parte inferior	8
Carcasa parte superior	7
Bastidor	6.5
Rodete	6
Flecha	3
Cono	2.5
Mamelón	2.5

Tabla 4.5 Penalizaciones asignadas a las piezas del ventilador HACS.

PASO 5. Una vez que se han ordenado las penalizaciones de cada pieza, ahora es posible identificar las mayores y, en consecuencia saber cuáles están causando mayores problemas al ensamble.

Interpretación de resultados y propuesta de Método para evaluar las piezas grandes y pesadas

De la tabla 4.5, se puede observar que las piezas que afectan de manera importante el proceso son: el motor, las dos secciones de la carcasa y el bastidor.

PASO 6. Ahora es necesario implementar algunas mejoras en el diseño de estas piezas, para lo cual se propone lo siguiente:

a) MOTOR.

El caso del motor es particular, debido a que se trata de una pieza comercial, las ayudas para la manipulación son proporcionadas por el fabricante y no es posible proponer un rediseño que produciría un gasto innecesario y tiempo desperdiciado, lo recomendable en este caso es asegurar que el proveedor entregue a tiempo el motor, ya que para el caso observado en la empresa la llegada del mismo retrasó el ensamble final.

b) CARCASA PARTE INFERIOR.

Esta pieza genera varios problemas al ensamble, debido a que carece de ayudas para su manipulación, lo recomendable en este caso es colocar marcas transversales en la base de la pieza que indiquen el lugar exacto en donde las uñas del montacargas puedan entrar con facilidad y que garanticen que no tenga movimiento durante el traslado, además es conveniente colocar unas guías igualmente transversales en la parte inferior que aseguren la orientación del ensamble de la pieza con la base del bastidor, de modo que ésta pueda sostenerse sobre la base mientras se suelda al bastidor, garantizando el ángulo de la descarga y la distancia respecto a la flecha.

c) CARCASA PARTE SUPERIOR.

A pesar de que esta pieza cuenta con ayudas para su manipulación, el problema principal en este caso es la carencia de ayudas que orienten y aseguren el acoplamiento con la parte inferior de la carcasa, por lo que se realiza a prueba y error, causando retrasos en la operación. En este caso, es adecuado colocar tornillos largos o puntas en los orificios de dos vértices opuestos entre sí, para que puedan entrar en los orificios correspondientes de la parte inferior garantizando un acoplamiento correcto y rápido.

d) BASTIDOR.

El bastidor cuenta con ayudas para su manipulación, pero se pueden hacer algunas recomendaciones para facilitar el montaje del resto de las piezas sobre él.

Principalmente es necesario hacer un rediseño que evite los problemas de ensamble con la parte inferior de la carcasa, ya que no es posible que el hueco o cacheta que debe estar en la parte anterior del bastidor se encuentre en la parte posterior, porque obstaculizaría la entrada del refuerzo primario de la parte inferior de la carcasa, provocando reprocesos y retrasos.

Por otra parte es importante eliminar la solera que se encuentra en la base donde se coloca la parte inferior de la carcasa ya que produce retrasos al quitarla y no tiene una función primordial en el ensamble que justifique su presencia.

Finalmente hay que rectificar la base para el montaje de las chumaceras y para el motor, de modo que se asegure la horizontalidad que actualmente no se tiene y que por lo cual se colocan remiendos con láminas, además es recomendable colocar marcas que indiquen en dónde deben ser colocadas las chumaceras para evitar los reajustes a golpes.

Propuestas Adicionales.

En cuanto al cono de succión y el disco colocado del lado de la transmisión, proponemos que se mejore el diseño de los mismos, de modo que ambos tengan el diámetro necesario para el ensamble y se evite hacer desbastes o ajustes con golpes que demoran el proceso para corregir el acoplamiento.

Con todas estas propuestas, se puede asegurar que el ensamble de este ventilador se agilizaría de manera notable, aunque resulta complicado determinar numéricamente el ahorro de tiempo de producción dado que no se trata de una penalización cuantitativa, ésta metodología es una buena herramienta para identificar anomalías en el ensamble y aplicar correcciones en las operaciones de ensamble que lo requieran.

5. Conclusiones

Retomando lo planteado en el objetivo del presente trabajo y tomando en cuenta los resultados obtenidos en el caso de estudio concluimos lo siguiente:

El Diseño para Ensamble es una herramienta muy importante para optimizar los procesos de producción.

Debido a que existe una gran cantidad de procesos para los cuales son indispensables las operaciones de manipulación de piezas grandes y pesadas y en muchos de los casos de Inserción de las mismas, se vuelve indispensable el desarrollo de estudios orientados a ampliar los métodos desarrollados por Boothroyd y Dewhurst, por Swift para Lucas Industrias y Hitachi (Ver capítulo 1), de modo que se pueda establecer una metodología que proporcione estándares en el manejo de este tipo de piezas, con el fin de optimizar los procesos y aprovechar al máximo los recursos con que cuentan las Industrias que manejen este tipo de procesos, minimizando los tiempos de producción y facilitando la labor de los operarios.

Como resultado del presente trabajo, hemos obtenido una clasificación general para las piezas grandes y pesadas (Capítulo 2), que sirven como una primera herramienta de distinción entre las mismas, además de que se puede aplicar en cualquier caso que reúna estas características, lo que le da a ésta la posibilidad de extrapolar su aplicación para piezas que no necesariamente tengan que ser iguales o similares a las de un ventilador industrial.

Con respecto al caso de estudio, se puede concluir que los recursos y estrategias empleados actualmente por la empresa en cuestión, no son los idóneos para la manipulación e Inserción de las piezas, sin embargo, considerando la situación actual de la planta, son los más adecuados.

Cabe mencionar que además del ensamble, el diseño de las piezas debe de ser tal, que facilite dicha operación, cuando más si se trata de piezas grandes y pesadas, de tal forma que se disminuyan de manera importante los tiempos de producción, así como también proporcionar mayor facilidad de manipulación a los operarios, garantizando así la integridad y seguridad de los materiales, del equipo y de ellos mismos.

Por otra parte, proponemos una tabla de penalizaciones (Ver Capítulo 4) para la manipulación de piezas grandes y pesadas, con base en los tiempos y observaciones realizadas para el proceso de ensamble de un ventilador industrial modelo HACS, así como también de piezas aisladas de mayores proporciones que ayudan a extender un poco más los resultados de esta investigación.

Esta tabla, es sólo una primera aproximación al estudio del ensamble de piezas grandes y pesadas, de modo que por ningún motivo se puede considerar a su contenido, como índices o estándares de referencia, sino como una herramienta útil para comparar cualitativamente la facilidad de manipulación para todas las piezas que conformen un ensamble determinado, e identificar cuáles son las piezas que generan mayores problemas a dicha operación, de modo que se puedan tomar posteriormente algunas alternativas apropiadas que faciliten y agilicen el proceso.

Finalmente, señalamos que los resultados obtenidos en este trabajo son tan sólo parte de la etapa temprana del desarrollo de todo un proyecto integral, que culminará en el desarrollo de un software que permita la evaluación de piezas grandes y pesadas de acuerdo a los recursos, procesos y estrategias con que cuentan las empresas que hagan uso del mismo, por lo que estos estudios todavía deben ser complementados por trabajos realizados en otro tipo de industria dedicada a la fabricación de equipos distintos a los presentados en esta tesis, así como por mayor experimentación y muestreo que fortalezca los resultados obtenidos y así determinar los índices que puedan estandarizar las operaciones de manipulación y de inserción de piezas grandes y pesadas.

ANEXO No. 1 METODO BOOTHROYD

PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE MANUAL

PASO 1. Obtener la mejor información acerca del producto o ensamble.

Algunas ayudas son:

Planos

Vistas explosivas tridimensionales

Un producto existente

Un prototipo

PASO 2. Se debe desensamblar (o imaginar como se podría desensamblar), asignando un número a cada pieza, conforme se retira.

Si el producto contiene subensambles, estos se deben tratar primero como piezas y posteriormente analizarlos por separado.

PASO 3. Se debe de llenar la hoja de trabajo.

PASO 4. Se comienza el reensamble del producto. Primero se ensambla la pieza con el más alto número de identificación, añadiendo las piezas restantes una por una. Para utilizar correctamente este procedimiento de análisis, nunca se debe asumir que se pueda sujetar una pieza en cada mano, y ensamblarlas antes de colocarlas en el ensamble.

Se debe llenar una fila en la hoja de trabajo para cada pieza, cada columna se detalla a continuación:

Columna 1 En esta se anota el número de pieza.

Columna 2	Se anota el número de veces que se realiza la operación.
Columna 3	Se indica el código de dos dígitos de manejo de la pieza, a partir de la tabla de "Manejo manual-Tiempos estimados".
Columna 4	El tiempo de manejo de la pieza se obtiene de tablas.
Columna 5	El código del proceso de Inserción se obtiene de la tabla "Inserción manual-Tiempos estimados".
Columna 6	El tiempo de Inserción se obtiene de la tabla "Inserción manual-Tiempos estimados".
Columna 7	El tiempo total en segundos es calculado por medio de la suma de los tiempos de manejo y de Inserción de las columnas (4) y (6) y multiplicando esta suma por el número de operaciones de la columna (2)."
Columna 8	El costo total de operación en centavos se obtiene por la multiplicación del tiempo de operación de la columna (7) por el costo de ensamble manual en centavos por segundo.
Columna 9	Es en esta columna donde se indica el número mínimo de piezas teórico para el ensamble. Esta columna implica ya un rediseño de la pieza, para determinar esto, se deben responder las siguientes preguntas:

1. Durante la operación del producto, **¿esta pieza se mueve relativamente con respecto a otras piezas ensambladas?** Solamente se deben de considerar los movimientos grandes, ya que los pequeños que se pueden lograr con articulaciones elásticas no representarían una respuesta positiva.

2. **¿La pieza debe ser de un material distinto o permanecer aislada de las otras piezas del ensamble?** Solamente se aceptan razones concernientes con las propiedades de los materiales.

3. ¿La pieza debe estar separada de las otras porque de otra manera el ensamble o desensamble sería imposible?

Si la respuesta a alguna de estas preguntas es SI, entonces se debe de colocar un número "1" en la columna (9), excepto el caso en el que se han indicado múltiples operaciones en la columna (2), en cuyo caso el número de piezas debe ser separado y colocado en la columna (9).

PASO 5. Cuando se han completado todas las columnas (el reensamble se ha concluido) los números de la columna (7) se suman para obtener el tiempo total estimado para el ensamble manual. Los de la columna (8) se suman para obtener el costo total del ensamble y los de la columna (9) para obtener el número mínimo teórico de piezas para completar el ensamble.

PASO 6. Finalmente, la eficiencia del ensamble manual se obtiene al sustituir los datos obtenidos de la hoja de trabajo en la siguiente ecuación:

$$EM = 3 \times NM/TM$$

En donde:

EM: Eficiencia del ensamble manual

NM: Número mínimo de piezas teórico

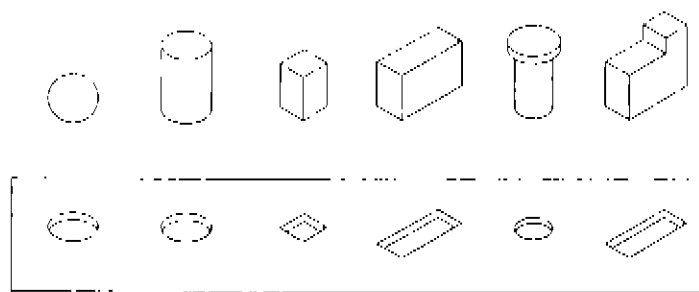
TM: Tiempo total del ensamble manual

Esta ecuación compara el tiempo estimado de ensamble para un producto que contenga el número mínimo de piezas de las cuales cada una puede ser ensamblada en el tiempo "ideal" de 3 segundos. Este tiempo "ideal" se obtiene al asumir que cada pieza es fácil de

sujetar y de Insertar. Además, aproximadamente un tercio de las piezas se aseguran inmediatamente en la inserción.

NOTAS:

- a) En el método de análisis se asume que las piezas se añaden al ensamble una por una. Esto se hace para separar el análisis de cada pieza y su operación de ensamble. Sin embargo, en muchos casos los obreros sujetan piezas con las dos manos, las subensamblan y posteriormente las unen al ensamble total, en estas circunstancias el tiempo de ensamble se puede reducir en un tercio. En este caso, el tiempo obtenido para la operación se debe dividir entre 1.5.
- b) Se asume que las piezas se presentan al granel y orientadas aleatoriamente. Algunas veces se pueden tener las piezas en magazines o contenedores especiales. De nuevo, el diseñador debe tomar esto en cuenta para obtener tiempos más precisos.



α	0	180	180	90	360	360
β	0	0	90	180	0	360

REGLAS PARA EL EFICIENTE MANEJO AUTOMATIZADO DE PIEZAS.

Las siguientes reglas pueden ser aplicadas para asegurar la eficiencia en el manejo automatizado de piezas.

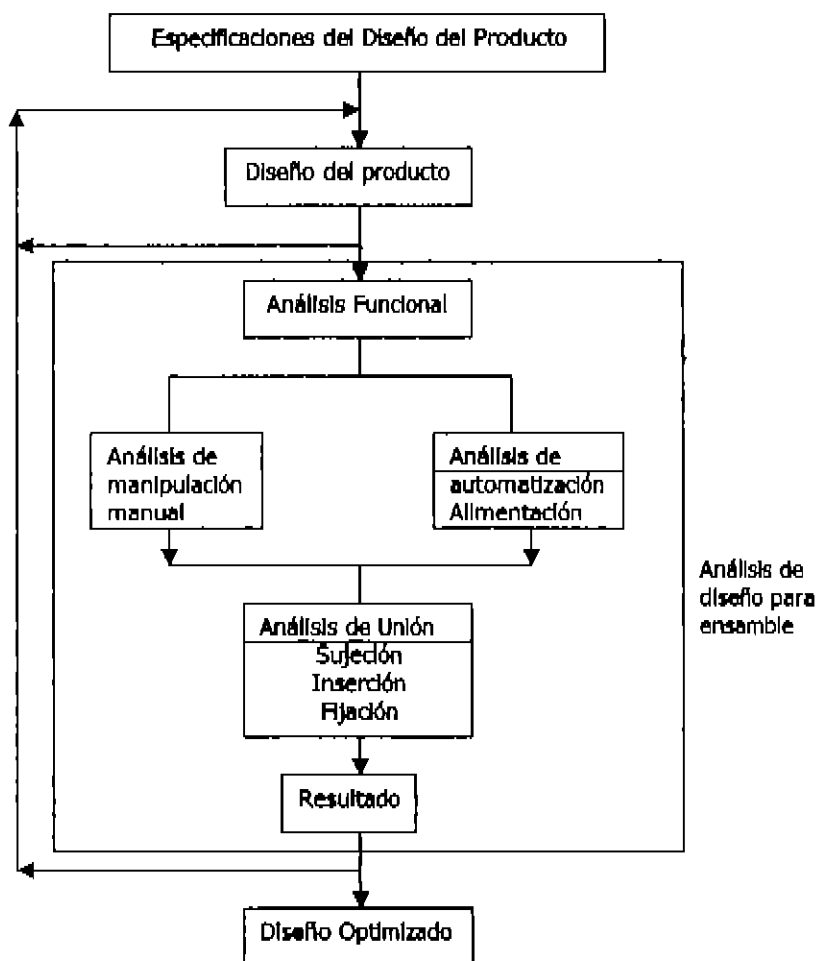
1. Asegurar que las piezas pueden ser separadas fácilmente del granel y llevadas a lo largo de tolvas o alimentadores vibratorios.
 - Se enreden o encajen al estar en el granel
 - Son flexibles
 - Tienen lados delgados que se traslapan unos con otros cuando se mueven en una banda transportadora o en un alimentador.
 - Son tan delicados o frágiles que hacerlos recircular en un alimentador los puede dañar.
 - Son pegajosos o magnéticos y se requiere una fuerza mayor que su peso para separarlos.
 - Son abrasivos y pueden desgastar las superficies de los sistemas de manipulación automáticos.
 - Su dimensión mayor es menor a 3 mm.
 - Son tan ligeros que la resistencia al aire puede causar problemas de transportación (menos de 1.5 kN/m^3).
 - Son mayores a 150 mm en su mayor dimensión.

2. Asegurar que las piezas pueden quedar orientadas rápidamente en los sistemas de alimentación de alta velocidad.
 - Hacer las piezas tan simétricas como sea posible. Esto siempre facilita la orientación de las piezas. Esto no hará más baratos los sistemas de manipulación automáticos.
 - Para piezas no simétricas, se debe asegurar una gran asimetría.

- Para piezas no simétricas, revisar que estas asimetrías no se deban a características no geométricas de las piezas.
- Para piezas no simétricas se debe de asegurar que la orientación de la pieza sea definida por una característica principal, como proyecciones excéntricas, muescas, chaflanes o cortes, que sean visibles en la silueta de la pieza. Si es posible, asegurar que esta característica sea visible cuando se vea en la dirección de la mayor dimensión de la pieza. Evitar el diseño de piezas para las cuales la orientación se defina por agujeros o huecos no visibles en la silueta externa.
- Para piezas no rotacionales, asegurar que las tres principales dimensiones difieran entre sí por lo menos un 10%. Esto permitirá que los dispositivos simples como navajas orientadoras y conductos angostos puedan ser utilizados en los sistemas de orientación.

ANEXO No. 2 MÉTODO LUCAS DE DISEÑO PARA ENSAMBLE

Procedimiento de evaluación del diseño para ensamble



Paso 1 ESPECIFICACIÓN DEL DISEÑO DEL PRODUCTO

Por medio de la cual se conocerán todas las necesidades, tanto del cliente como de la empresa que el producto debe resolver. Servirán como punto de referencia para las propuestas de rediseño.

Se debe indicar si se trata de un producto único o de un miembro de una familia de productos interrelacionados, es conveniente tener familias de productos, ya estas podrán utilizar un mismo sistema de fabricación y ensamble.

Paso 2 ANÁLISIS DE DISEÑO PARA ENSAMBLE

• ANÁLISIS FUNCIONAL

Etapa 1: Determinar los requerimientos funcionales del producto.

Etapa 2: Determinar si el producto se considerará como un todo o si estará compuesto por subensambles.

Etapa 3: Los componentes se dividen en dos categorías:

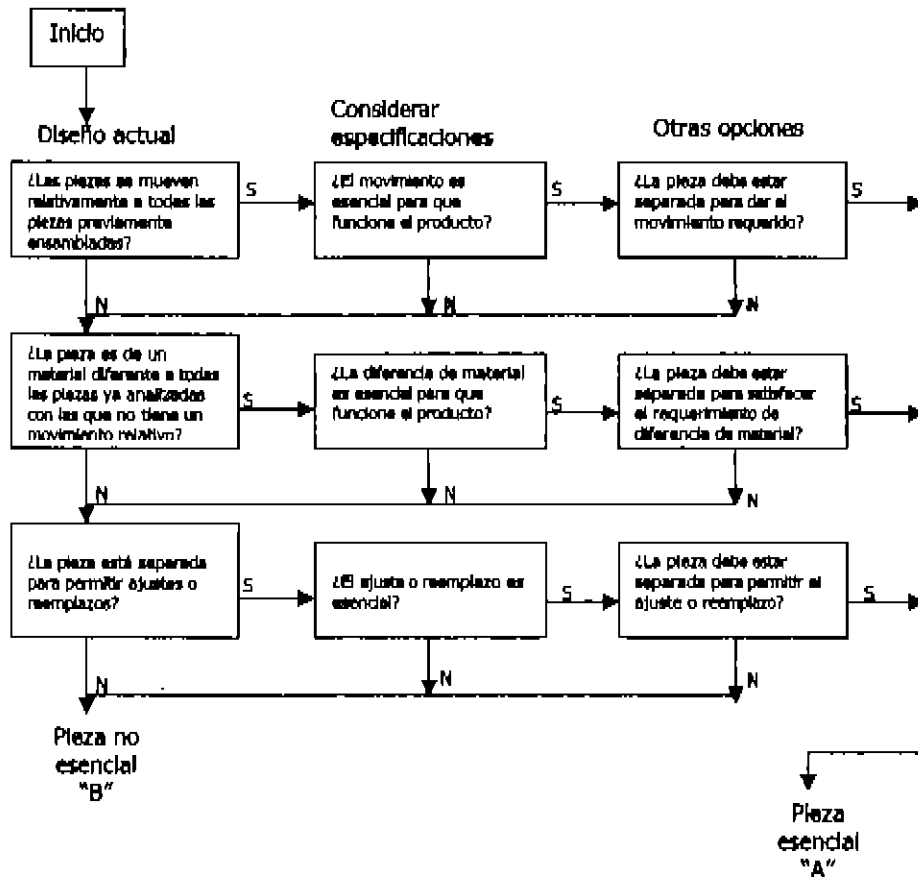
- Realizan funciones vitales para el desempeño del producto
- Su propósito no es crítico para el producto.

Etapa 4: Se clasifican todos los componentes en una progresión lógica, utilizando las preguntas de los criterios funcionales que aparecen a continuación:

Las preguntas se van formulando en el orden que indican las flechas en la figura, si la pieza resulta ser positiva en las preguntas, será clasificada como

una pieza esencial "A", en caso contrario, será clasificada como una pieza no esencial "B".

Crterios funcionales



Etapas 5: Se obtiene la eficiencia del diseño (E) de la siguiente forma:

$$E = \frac{\text{No. De componentes "A"}}{\text{No. Total de componentes}}$$

Se considera aceptable una eficiencia del 60%. Cuando la eficiencia ha alcanzado este valor se procede a realizar los análisis de manipulación y unión.

ANÁLISIS DE MANIPULACIÓN

Se divide en dos opciones:

1. Análisis de manipulación manual:

Para el análisis de manipulación manual se utiliza la tabla 1. Todos los componentes deben ser considerados para poder realizar comparaciones en costos entre las distintas opciones.

2. Análisis de alimentación automática:

Las piezas que se ensamblarán automáticamente están sujetas a un análisis de tres etapas del cual se obtiene el índice de alimentación.

Etapas 1: Determinar qué es más conveniente, si transportar los componentes en una posición fija o al granel y orientarlos en el lugar de ensamble.

Etapas 2: Calcular las propiedades físicas generales para alimentación automática de aquellos componentes que no serán transportados en una posición fija.

Etapas 3: Determinar la factibilidad del diseño de detalle de los componentes propuestos para alimentación automática.

Las etapas 1 y 2 se realizan utilizando la tabla 2 y la etapa 3 usando la tabla 3.

Se obtiene un costo relativo para alimentación, al dividirlo entre el número de piezas "A" se obtiene el índice de alimentación. El valor de este índice para un diseño aceptable es menor a 2.5, aunque la meta debe ser la de reducir este factor.

ANÁLISIS DE UNIÓN

Se identifican las operaciones de sujeción, inserción y fijación requeridas, cada operación se mide y se obtiene un índice para todo el ensamble. Este índice se compara con el valor de 2.5 y, dependiendo del resultado, se inicia el ciclo de rediseño.

Para poder realizar este análisis es necesario que primero se conozca la secuencia de ensamble del producto.

SUJECIÓN

Examina la facilidad con la que cada pieza puede tomarse para ser transportada desde el punto en donde se presenta en el sistema de ensamble hasta que se encuentra totalmente insertada.

Cada componente se examina para su posibilidad de sujeción utilizando la tabla 4 y asignándole su índice. Cuando los componentes se insertan de arriba hacia abajo en línea recta reciben un valor bajo.

INSERCIÓN

El análisis de inserción evalúa la relativa facilidad o dificultad para realizar cada operación de ensamble.

PROCESOS QUE NO SON DE ENSAMBLE

Se deben considerar los procesos que no son propiamente de ensamble, pero que se realizan durante el ensamble, tales como calibraciones, mediciones, pruebas, etc. y a cada una de estas operaciones dar un cierto valor.

COSTO TOTAL DEL ENSAMBLE

Se puede obtener un costo relativo total al sumar los índices individuales, este es un indicador de la eficiencia del diseño.

Se puede obtener un porcentaje total del proceso de ensamble:

$$\text{Prom. de ens.} = \frac{\text{Costos de sujec.} + \text{costo de ensamble} + \text{costos de proa. no de ensamble}}{\text{Número de piezas "A"}}$$

El valor de este promedio es aceptable si es menor a 2.5, pero se debe tratar de reducir este factor.

REDISEÑO

Inicialmente el rediseño se concentrará en los siguientes puntos:

Eficiencia del diseño. Se deben revisar todas las piezas que fueron designadas como categoría "B" y buscar la posibilidad de eliminarlas o combinarlas con otras piezas de categoría "A".

Alimentación de componentes. Se debe de considerar el diseño de las piezas para su manipulación y alimentación.

Ensamble del producto. Si se utilizará la automatización para el ensamble se debe asegurar que los componentes estén provistos con superficies para sujeción.

ANEXO No. 3

MÉTODO HITACHI

La información que existe relativo a este método es poco conocida, ya que se refiere a un método particular a una empresa. La información que aquí se presenta es de lo poco que se ha publicado.

Este método se aplica por igual a los ensambles manual, automático o por medio de robots. Este método se enfoca a la inserción e ignora el análisis funcional y el análisis de alimentación y manipulación.

Los pasos a seguir para la evaluación de la facilidad de ensamble se presentan a continuación:

PASOS PARA EL DISEÑO DEL PRODUCTO

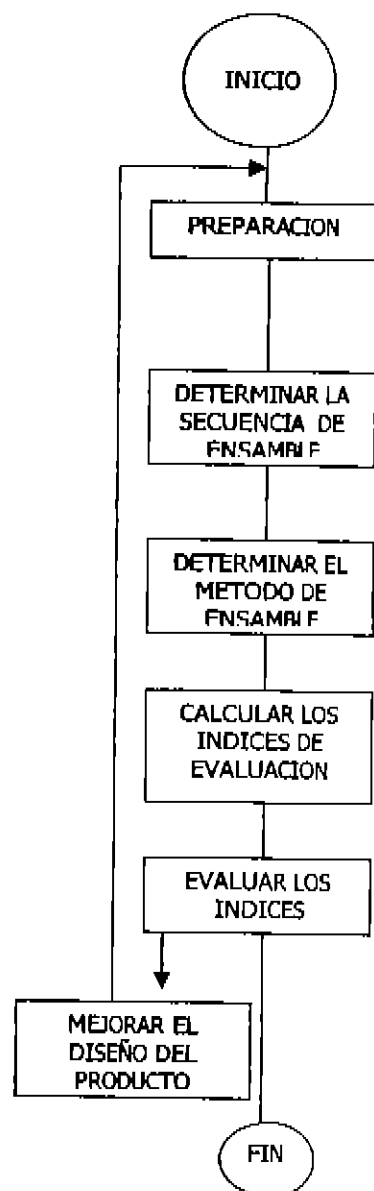
- Preparación de dibujos conceptuales (incluyendo los de ensamble automático).
- Elaboración de dibujos de prototipos
- Preparación de dibujos de diseño del producto
- Recibir muestras

EVALUACION DE LA FACILIDAD DE ENSAMBLE

- Grado de dificultad de las operaciones de ensamble (Calificación de la facilidad de ensamble).
- Costos aproximados de ensamble (Costeo estimado del ensamble)

COMPARACIONES

- Comparaciones de varios conceptos del diseño
- Comparaciones con los diseños de otras compañías
- Grado de facilidad de ensamble del producto
 1. Identificar puntos a ser mejorados
 2. Estimar los efectos de las mejoras.
 3. Facilitar el mejoramiento del diseño.



Preparar lo siguiente:

- 1) Productos a ser evaluados, dibujos conceptuales, planos de diseño, planos de ensamble, muestras, etc
- 2) Cálculo de la evaluación de la facilidad de ensamble (forma de evaluación)

- 1) Introducir los nombres de las piezas y el número de piezas en la forma de evolución en el mismo orden de la secuencia de armado.
- 2) Determinar la secuencia de armado de las unidades de subensamble.

- 1) Determinar los procedimientos de unión de las piezas.
- 2) Introducir los símbolos para cada pieza en la forma de evaluación.

- 1) Comparar los índices calculados con los valores deseados. Es deseable obtener una E superior a 80 puntos.
- 2) Es deseable que K esté debajo de 0.7

- 1) Encuentre los subensambles y piezas que tengan un valor relativamente alto de P e intente reducir el número de movimientos de unión m.
- 2) Intente reducir el número de piezas N.
- 3) Una reducción de N en ocasiones provocará un valor pequeño de E. En esos casos se preferirá una reducción de K en una E pequeña.
- 4) Cuando el diseño a sido mejorado, son deseables mejoras graduales en E (20 a 30 puntos)

El método consiste en definir los movimientos y operaciones necesarios para insertar cada pieza en el producto. Un movimiento simple hacia abajo es considerado como el más rápido y sencillo para un humano o para una máquina. Este movimiento es conocido como "T-down". Se asignan puntos de penalización a cada movimiento u operación que es diferente de este movimiento simple hacia abajo. El método usa símbolos para representar movimientos específicos y procesos (operaciones). Existe un menú de aproximadamente 20 símbolos que cubren aspectos como:

- Movimientos de inserción de piezas
- Fijaciones
- Formado
- Rotación
- Unión

La calificación de evaluación se determina por medio de:

$$E = \frac{N \times T\text{-down}}{\text{Tiempo estimado de ensamble}} \quad (\times 100\%)$$

Donde:

N = número de piezas totales

E = calificación de la evaluación de la facilidad de ensamble

Después se compara contra el valor objetivo. Mientras más alto sea el valor E, menores son los costos de ensamble y mayor la facilidad de un ensamble automatizado. La sugerencia es que productos con un valor E mayor a 80 se ensamblen automáticamente:

- E = 0 significa un ensamble infinitamente difícil
- E = 30 se realizará un trabajo difícil en el ensamble
- E = 80 facilidad para el ensamble (Valor deseado)

$E = 100$ es un ensamble ideal, ya que el tiempo de ensamble estimado es igual a un T-down.

Después se estima el costo total de la operación de ensamble (C).

$$C = \frac{N}{E} \times \text{Costo de la operación de ensamble del producto básico}$$

donde:

El costo total de la operación de ensamble puede ser comparado contra el costo deseado. Los valores C y E junto con la forma de evaluación forman la base para mejorar el diseño.

- 1) Identificar los puntos débiles y las causas de un valor bajo de E.
- 2) Determinar diseños alternativos que permitan la reducción de los tiempos estimados de ensamble individuales y la reducción en el número de piezas.
- 3) Evaluar los efectos del mejoramiento comparándolos costos de ensamble usando la relación de costos estimados de ensamble (K), donde

$$K = \frac{E_{anterior} \times N_{nueva}}{E_{nueva} \times N_{anterior}}$$

Mientras más pequeño sea el valor de K, es mejor el rediseño. El valor guía es 0.7.

El método no analiza factores como la alimentación y características de sujeción debido a que no se pueden prever en las etapas tempranas de diseño. En este método se empieza la evaluación del diseño lo más pronto posible dentro del ciclo de diseño y deja esos factores a etapas posteriores del diseño.

ANEXO No. 4
COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS DE DISEÑO PARA ENSAMBLE

	Método Boothroyd	Método Lucas	Método Hitachi
Base de comparación	Los tiempos que lleva realizar cada operación	Los costos involucrados en realizar cada operación	
Tipos de ensamble a considerar	Manual, automático y por medio de robots	El manual y el automático	Manual
Operaciones a considerar	Análisis funcional, análisis de alimentación y manipulación e inserción.	Análisis funcional, análisis de alimentación y manipulación e inserción.	La inserción
Criterios para determinar si las piezas son o no indispensables	Se debe analizar el producto "como es" y no cómo debería ser. Mismos criterios que el método Boothroyd, solo que las preguntas son más completas	Se debe de analizar cada pieza y proponer mejoras y rediseños desde la evaluación, se analiza cómo debería ser cada pieza.	
	No se puede identificar tan fácilmente la secuencia de ensamble, operaciones de ensamble, manipulación y operaciones adicionales que no son de ensamble.	Se especifica claramente la secuencia de ensamble, indicando por separado las operaciones de ensamble, de manipulación y las operaciones adicionales que no son de ensamble.	

Forma de calificar las piezas	Es más exacta que en los otros métodos		
	Es explícitamente para evaluación del diseño.	Se aplica después de tener el diseño del producto	Pensado para aplicarse explícitamente desde las primeras etapas del diseño.

El método Lucas reconoce ampliamente que lo primero que debe hacerse es una especificación del diseño del producto, la cual sentará las bases para la evaluación. Sin esta especificación no se tendría contra que comparar.

Todos los métodos de diseño para ensamble se basan de una u otra manera en el método de Boothroyd, que fue el primero en estudiar el Diseño para Ensamble.

BIBLIOGRAFIA

BOOTHROY, G.; DEWHURST, P.
"Product Design for Manufacture and Assembly", 2a. Edición,
Marcel Dekker, Inc
E.E.U.U., 2002.

ANDREASEN, Myrup / Kähler, S. / Lund, T.
"Design for Assembly"
IFS Publications
United King, 1988

NIEBEL y FREIVALDS
"Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo"
10ª. Edición
Ed. Alfaomega
Mexico, 2001

IMMER, JOHN
"Manejo de Materiales"
2a. Edición
Editorial Hispano Europea
México, 1983

Journal of Mechanical Design
Vol. 116
p.p. 508-510
Junio 1994