

## 3 Análisis Técnico y Tecnológico

### 3.1 *Diseño de los Productos*

El concepto de una turbina de gas y su funcionamiento es algo muy sencillo pero técnicamente es otra historia. Para diseñar un modelo funcional se requiere tener un gran conocimiento en termodinámica, física de fluidos, mecánica, materiales especialmente metalurgia moderna ya que las turbinas trabajan en condiciones extremas (gases muy calientes a presión, muy altas RPM's, esfuerzos muy grandes, etc.). Y por supuesto tampoco puede faltar el conocimiento en matemáticas avanzadas para resolver las ecuaciones y cálculos respectivos.

También se necesita avidez hacia la experimentación para obtener datos y formulas empíricas. La atención al detalle también es fundamental. Y en la medida de lo posible se deben de poder usar las herramientas computacionales respectivas del diseño en ingeniería para lograr la calidad que se espera de cualquier producto del siglo XXI como son sistemas CAD/CAM/CAE, FEA, simuladores, programas para física y matemáticas, hoja de cálculo, etc.

El diseñador del producto tiene que contar con la participación activa del diseñador del proceso o mejor aún, ser él mismo quien diseñe el proceso aunque sea a grandes rasgos, ya que de no hacerlo así se puede llegar a un excelente diseño desde el punto de vista del producto en sí, pero que no es factible de ser construido físicamente o sería muy costoso hacerlo. Esto significa volver a la mesa de diseño y por tanto más costos y un tiempo de desarrollo más largo.

Por este mismo lado, también se debe de definir en las primeras etapas junto con el área de manufactura y producción, que partes no se van a fabricar, si no que se van a comprar de algún proveedor y que tanto es esto una restricción en los parámetros de diseño. Por ejemplo, diseñar y fabricar un compresor de tipo radial es extremadamente complicado, se requiere de máquinas muy especializadas y caras, por lo cual se compra ya hecho. Desafortunadamente son productos estandarizados que sólo existen en unas pocas medidas y es poco factible que el fabricante nos quiera hacer unas cuantas piezas a la medida porque nuestro diseño así lo pide. Por lo tanto se debe de diseñar a partir del compresor existente más adecuado a nuestra aplicación y entonces se generan o modifican las partes que sí podemos fabricar nosotros. Un caso muy similar ocurre con los rodamientos.

Los detalles del diseño específico de las turbinas en cuestión salen del alcance de este estudio. Lo que es importante mencionar es que el departamento de ingeniería debe siempre trabajar activamente en esta área buscando entre otras cosas lograr los siguientes objetivos:

- Diseñar productos nuevos
- Mejorar las características técnicas de los productos existentes
- Mejorar las características estéticas como parte de la mercadotecnia (acabados, pintura, empaques etc.)
- Incrementar el desempeño
- Reducir costos
- Descubrir fallas potenciales

- Tener la documentación técnica completa y al corriente (manuales, planos, diagramas, especificaciones, memorias de cálculos, historial de fallas, registros de pruebas de laboratorio y de campo, resumen de soluciones a problemas comunes, órdenes de ingeniería, etc.)
- Procurar tener toda esta información en formato digital para que sea fácil hacer cambios, búsquedas, respaldar, archivar y compartir.
- \*\*\* Compartir parte de la información técnica con el público. Por ejemplo en el caso del resumen de soluciones a problemas frecuentes, tener disponible un foro web en Internet al cual los clientes puedan referirse antes de solicitar soporte técnico y que además ellos mismos puedan escribir sus problemas y soluciones, generando así una comunidad virtual. Además de que esto ayudaría a incrementar las ventas, ya que los clientes potenciales también podrían ver que existe una comunidad, soporte y compromiso de la empresa con los usuarios.

Si no se llevan a cabo estas actividades lo más probable es que el negocio no dure mucho porque el mercado cambia rápidamente y es muy caprichoso.

### **3.2 Diseño de los Procesos**

Así como para el diseño de las turbinas se requiere atención a los detalles y muchos conocimientos teóricos y prácticos, el diseño del proceso igualmente requiere conocimientos en muchas áreas, principalmente en manufactura, desde conformado y maquinado de materiales tradicionales, hasta sistemas CNC de maquinado y de electroerosión, y obviamente conocimientos sobre materiales. La metrología es fundamental ya que las turbinas requieren ser fabricadas con un grado de precisión altísimo.

Por otra parte se requiere de otro tipo de conocimientos y habilidades totalmente diferentes y de tipo mucho más práctico. Este el caso de conocer que productos existen en el mercado: materiales, máquinas, herramientas, cortadores, suministros, accesorios, etc., qué tan fácil es conseguirlos, quiénes son los proveedores, tener una idea aproximada de los precios, tiempos y condiciones de entrega, etc. Este tipo de conocimiento generalmente sólo se consigue por la experiencia de haber estado en la industria por un tiempo.

Y por si esto no fuera suficiente, el diseñador del proceso también debe de conocer la planta productiva con la que se cuenta actualmente: qué máquinas, qué capacidad, cuánta carga de trabajo actual tienen, etc., de manera que no diseñe el proceso en una forma que resulte muy costosa y que pueda generar la hoja de procesos con la logística adecuada. Posiblemente esto compete más al área productiva, pero se debe de trabajar en conjunto con el área de ingeniería para que exista una transición suave y directa del diseño en papel a la puesta en operación.

En esta sección tampoco entraremos en detalles pero igualmente es muy importante trabajar en esta parte por muchos de los motivos mencionados arriba. Finalmente a lo que se debe de llegar en el diseño de los procesos es a las hojas de procesos, las especificaciones de maquinado, tratamiento térmico (o de otro tipo) y acabado. A partir de esto se puede comenzar a ver la logística de la producción, detectar los cuellos de botellas, determinar los tamaños de los lotes, optimizar tiempos y costos, y de ser factible aplicar técnicas avanzadas de gestión de la producción (i.e. Kanban, JIT, SMED, celularización, etc.).

Más adelante en este trabajo veremos una lista completa de las piezas y sus procesos de manufactura a grandes rasgos y una primera aproximación a los tiempos y costos reales. Como se ha venido mencionando, esto se debe a las limitaciones de este estudio.

### **3.2.1 Inversión en los Activos Fijos**

Esta parte como hemos visto no aplica, ya que ninguna máquina, ni equipo, ni terreno será propiedad de Jet Central todo lo va a rentar de D&M. Menciono explícitamente esta sección, y las demás que en este momento no aplican, por ser parte del método de valuación de proyectos y para que sea claro que no es un error de omisión.

Por otro lado, ésta es sólo la primera aproximación del proyecto, pero más adelante se puede considerar comprar equipo exclusivo para Jet Central, como por ejemplo, computadoras y software especializado, o algunos equipos muy específicos para turbinas. La presencia de estas secciones que en este momento no aplican, deben servir para marcar la pauta en desarrollo posterior de este estudio, ayudando de esta forma al cumplimiento del objetivo principal.

### **3.2.2 Diseño de la Planta**

Al igual que la sección anterior tampoco aplica, ya que no se va a rediseñar la planta existente de D&M para la fabricación de las turbinas. Esto realmente es una desventaja, pero el negocio de D&M es más importante y grande que el de Jet Central, y el negocio de Jet Central es por lo pronto lo suficientemente pequeño como para no verse afectado por la falta de una distribución óptima de la planta.

### **3.2.3 Estudio de Costos**

Para abordar esta sección, vamos a hacer el estudio de la turbina JF-50 Bee, la cual representa la mayoría de las ventas de Jet Central, y los resultados pueden extrapolarse fácilmente a los demás modelos. Voy a empezar por incluir aquí la tabla correspondiente a un despiece general junto con procesos, y costos, y en la siguiente sección veremos la tabla de tiempos.

Recordemos que estas tablas contienen valores aproximados y no están totalmente completas, sin embargo nos dan una idea bastante buena de los valores reales y nos son útiles como referencia tanto para generar versiones más completas y precisas de estas mismas tablas como también para poder hacer los estudios subsecuentes.

NOTA: Debido a las características del mercado objetivo, los nombres de las piezas se manejan en inglés, incluso en la documentación interna, logrando simplificar la operación y evitando tener duplicada la documentación en inglés y español lo cual implicaría más trabajo y la posibilidad de que las versiones no correspondieran entre si (i.e. números de versiones diferentes, errores de traducción, ramificación de la documentación en diferentes líneas de trabajo etc.).

NOTA: Después de considerar ampliamente manejar los costos y precios en pesos mexicanos, he decidido presentarlos en dólares estadounidenses (USD), ya que una parte muy importante de los costos de producción se debe a piezas de importación que se cotizan en USD o en Euros. Además de esto, la mayoría de las ventas se hacen a Estados Unidos obviamente también en USD, por lo que para simplificar y evitar tener que estar convirtiendo tipos de moneda, lo más apropiado para efectos de este estudio es usar USD uniformemente.

Tabla 3.1 Despiece de la JF-50 con costos

### Turbina JF50-BEE

Item	Descripción	Origen	Costo [USD]
1	Compressor cover	Fabricar	\$37
2	Diffuser	Fabricar	\$41
3	Shaft tunnel	Fabricar	\$21
4	Magnet	Comprar	\$4
5	EGV (casting)	Comprar	\$60
6	Injectors	Comprar	\$23
7	Exterior case	Fabricar	\$41
8	Retaining ring	Fabricar	\$19
9	Front cover	Fabricar	\$27
10	Exhaust cone outer	Fabricar	\$12
11	Exhaust cone inner	Fabricar	\$12
12	Exhaust cone support	Fabricar	\$6
13	Exhaust cone spacer	Fabricar	\$12
14	Shaft	Comprar	\$29
15	Compressor	Comprar	\$68
16	Turbine wheel	Comprar	\$93
17	Bearings	Comprar	\$43
18	Compressor spacer	Fabricar	\$4
19	Combustion chamber spacer	Fabricar	\$4
20	Compressor nut	Fabricar	\$4
21	Turbine wheel nut	Fabricar	\$4
22	Spring	Comprar	\$4
23	Bearing carrier	Fabricar	\$21
24	Combustion chamber	Comprar	\$39
25	Glow plug adaptor	Fabricar	\$6
37	Spigot	Fabricar	\$6
38	Sensor support	Fabricar	\$4
38a	Sensor shaft	Fabricar	\$6
39	Turbine support	Fabricar	\$12
30	Starter spacer	Fabricar	\$19
	<b>Engine Subtotal</b>		<b>\$684</b>
	ICS Full	Comprar	\$158
	Starter Motor	Comprar	\$58
	Fuel Pump	Comprar	\$58
	<b>Accesorios Subtotal</b>		<b>\$275</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>\$958</b>

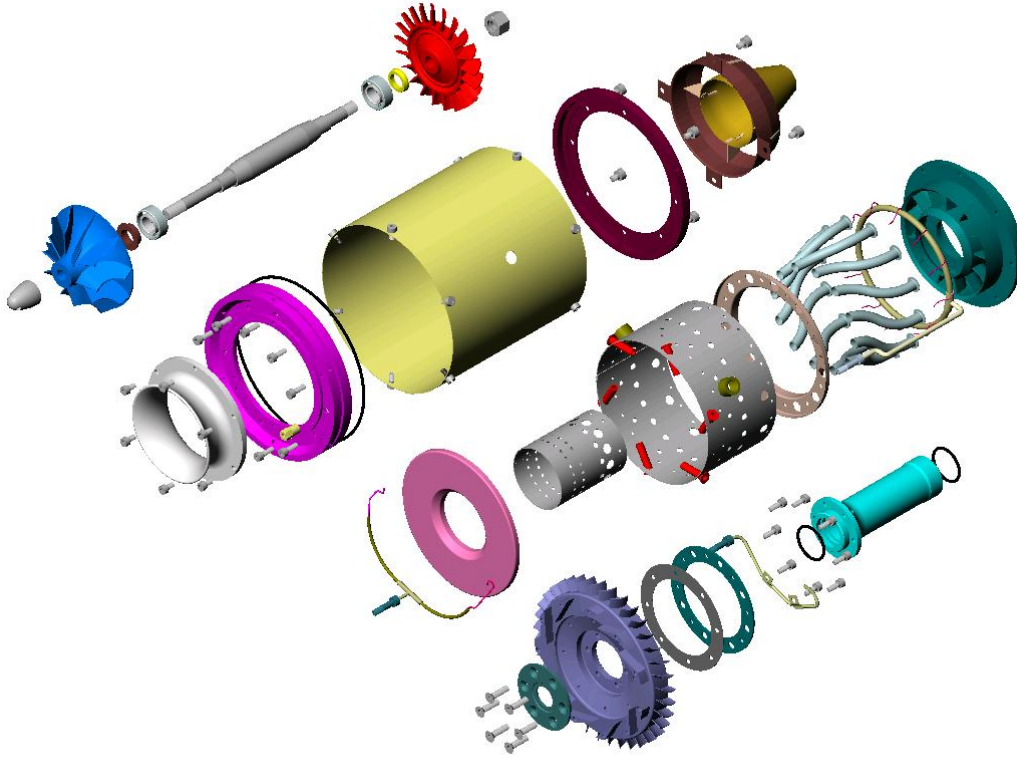


Fig. 3.1 Diagrama de despiece explosivo

Como vemos la turbina consta de alrededor de 35 piezas (algunas en forma de subensamble) que en conjunto su costo de producción es de aproximadamente \$1,200 USD en costos directos incluyendo todos los accesorios con los que se vende.

Los costos de manufactura en este momento se están tomando como datos aproximados partiendo del valor de mercado conocido para cada pieza como refacciones, pero es posible determinar los costos directos a partir del análisis detallado del proceso de manufactura de cada pieza por separado considerando el tiempo que toma en cada proceso por el costo por unidad de tiempo de cada paso del proceso, más el costo de las materias primas. Con esto obtenemos el costo variable directo, y para obtener el costo fijo tenemos que considerar la porción de los gastos administrativos que corresponden por pieza. Los costos que vemos en la tabla pretenden reflejar sólo los costos directos, y es muy importante considerar esto al producir versiones más completas y precisas de la tabla, es decir, no hay que incluir los costos indirectos ni fijos aquí.

En este caso los costos fijos se pueden calcular a partir de los gastos administrativos y un pronóstico del promedio de ventas, que es un dato conocido debido a que ya se está operando. Por poner un ejemplo, supongamos que el promedio de ventas es de 10 turbinas al mes, y que los gastos administrativos totales (que se explican en el siguiente capítulo) son de \$8,000 USD al mes. Por lo tanto  $\$8,000/10 = \$800$  USD representaría la parte de costos fijos.

Finalmente si sumamos  $\$1,200 + \$800 = \$2,000$  USD. Si consideramos un precio de venta aproximado de \$2,500 USD (en la sección sobre competencia explicaré esto), se ve que en principio se puede justificar su producción e incluso con volumen relativamente bajo se pueden llegar a generar utilidades.

El cálculo anterior es sólo un ejemplo burdo para darnos una idea, y falta considerar algunas cosas, principalmente los impuestos, pero más adelante se presenta un cálculo formal de las unidades a producir y las utilidades.

### 3.2.4 Estudio de Tiempos

En este punto del estudio, no considero el estudio de tiempos crítico ya que consideramos que existe una capacidad sobrada de producción, sin embargo es importante conocer esto como base para llegar a determinar los costos. A continuación presento la tabla de tiempos (Tabla 3.2) en donde también se pueden apreciar los varios procesos de manufactura a los que se someten las piezas. Desafortunadamente en este momento no contamos con una tabla de costos por tiempos de maquinado, con la cual podríamos determinar los costos directamente y es por eso que en la sección anterior empleamos un método indirecto.

Aún así, esta tabla nos es de mucha utilidad como base para determinar la capacidad productiva, los procesos involucrados, prevenir cuellos de botella, y rediseñar las líneas (virtuales) de producción.

## 3.3 Ventas y Distribución

Las ventas y promoción se presentan actualmente en tres formas básicamente:

- Promoción personal y directa en los “model aircraft shows” o ferias de aeromodelismo y clubes de aeromodelistas tanto a nivel nacional como internacional
- Internet
- Venta por mayoreo a unos pocos distribuidores

Y realmente no se prevé que esto vaya a cambiar pronto, principalmente porque el mercado es muy pequeño y muy especializado. Posiblemente más adelante se busque penetrar a tiendas de aeromodelismo en general.

Pero me parece que la tendencia más apropiada para incrementar las ventas es tratar de conseguir distribuidores mayoristas en diferentes países de manera que se puedan obtener más fácilmente clientes en esos países ya que comprarían los productos en forma local, eliminándoles la molestia y las complicaciones de tener que ordenarlo a México, seguir su paquete, hacer los trámites de importación, o pagar las tarifas arancelarias más altas, etc. Las ventajas económicas serían significativas para un distribuidor, pero además de eso, la otra gran ventaja es el conocimiento local: el distribuidor hablaría en el idioma local correctamente, y por supuesto se buscaría a alguien del propio medio del aeromodelismo, que conociera a la comunidad local de aeromodelistas y posibles clientes, de manera que las turbinas de Jet Central sean la mejor opción no sólo por sus méritos técnicos o su precio, si no también porque sea la opción más directa y accesible.

La distribución en el sentido de logística es trivial, ya que se trata por lo pronto de una operación muy pequeña que no justifica mayor profundidad en el tema, y por el momento las compañías de paquetería son el medio más adecuado. Nuevamente recordemos que esta situación podría ser diferente en el futuro y habrá que retomar este tema.

Tabla 3.2 Tiempos de Maquinado

Area / Máquina	Operación T [min]	Compressor cover	Diffuser	Shaft tunnel	EGV external	EGV internal	Exterior case	Retaining ring	Front cover	Exhaust cone outer	Exhaust cone inner	Exhaust cone support	Exhaust cone spacer	Compressor spacer	Combustion chamber spacer	Compressor nut	Turbine wheel nut	Bearing carrier	Total Por Máquina	
Corte y Barrenado																				85
	Corte y Barrenado		35				40	10												
Torno CNC																				189
	Montaje y Ajuste	4	4	4			4	4		4				4		5	4	4		
	Torneado frente	8	8																	
	Torneado trasero	9	10																	
	Paso 1			15			30	10		8				7		10	10	16		
	Paso 2									4						3				
Fresa CNC																				132
	Montaje y Ajuste	3	3	3			3	3								2	2			
	Fresado taladros	8		3			5	1												
	Fresado frontal		30																	
	Cajas y Ranuras		5																	
	Montaje y Ajuste		3																	
	Fresado lat. álabes		45																	
	Paso1															10	3			
Torno Convencional																				85
	Taladros inclinados	10																		
	Montaje y Ajuste								1	1		1								
	Corte				30				3	3		1		4						
	Pulido							10		10										
	Barrenado										6		2							
	rebabeado										3									
Fresa convencional																				35
	Montaje y Ajuste																			
	Barrenado							11				8								
	Avellanado							8												
	Machueleado							8												
Electroerosión																				25
	Montaje y Ajuste											10								
	Ranurado																			
	Corte											15								
Fresa MAXNC																				0
	Barrenado lateral																			
	Montaje y Ajuste																			
	Barrenado																			
Ajustes y Acabados																				11
	Barrenado Trasero			5																
	Barrenos									6										
Prensa																				13
	Embutido							8		5										
Rectificado																				8
														8						
	<b>Total por Pieza</b>	<b>42</b>	<b>143</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>82</b>	<b>51</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>20</b>		<b>583</b>
	<b>No. Operaciones</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>69</b>