

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA
CONSOLIDAR UNA FÁBRICA DE TURBINAS DE
GAS
PARA AEROMODELISMO

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

Estudios con reconocimiento de validez por decreto presidencial del 3 de abril de 1981



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA CONSOLIDAR UNA FÁBRICA DE TURBINAS DE GAS PARA AEROMODELISMO

ESTUDIO DE CASO
Que para obtener el grado de
**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL EN SISTEMAS
DE MANUFACTURA**

Presenta:

ARTURO FREGOSO MAINERO

Director: Dr. Frederick Golden Muldberg
Lector: M. I. Enrique Healy Wellem
Lector: M. I. Alejandro von Ziegler Guardado

México, D.F.

2005

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|---|--------------------------------------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 1.1 | Idea Original | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.1.1 | ¿Qué es una Turbina de Gas y Cómo Funciona? | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.2 | Marco Histórico | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.2.1 | Breve Historia de las Turbinas de Gas Modernas | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.2.2 | Las Primeras Turbinas de Gas para Aeromodelismo | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.2.3 | Turbinas de Aeromodelismo Actuales | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.3 | Objetivos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.4 | Justificación del proyecto | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.5 | Alcance y Límites | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.6 | Metodología | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2 | DEFINICIÓN DE LA EMPRESA | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 2.1 | Nombre | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.2 | Misión | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.3 | Visión | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.4 | Valores | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.5 | Políticas | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.6 | Negocio Principal | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.7 | Productos y Servicios | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.8 | Mercado Objetivo | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.9 | Estructura | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3 | ANÁLISIS TÉCNICO Y TECNOLÓGICO | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 3.1 | Diseño de los Productos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2 | Diseño de los Procesos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2.1 | Inversión en los Activos Fijos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2.2 | Diseño de la Planta | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2.3 | Estudio de Costos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2.4 | Estudio de Tiempos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.3 | Ventas y Distribución | ¡Error! Marcador no definido. |

| | | |
|------------|---|-------------------------------|
| 4 | ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 4.1 | Entorno | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.1 | Política | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.2 | Economía | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.3 | Sociedad | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.4 | Tecnología | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.5 | Competencia | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.2 | Inversión Inicial | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.3 | Costos de Producción | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.4 | Gastos Administrativos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.5 | Gastos de Ventas | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.6 | Pronóstico Financiero | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.6.1 | Razones Financieras | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.6.2 | Flujos de Caja | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5 | PLAN DE NEGOCIOS | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 5.1 | Planeación Estratégica | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.1.1 | Análisis DOFA | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.1.2 | Modelo del Boston Consulting Group | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.2 | Planeación Táctica | ¡Error! Marcador no definido. |
| 6 | RESULTADOS | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 7 | CONCLUSIONES | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 7.1 | Consecuencias y Beneficios Esperados | ¡Error! Marcador no definido. |
| 7.2 | ¿Qué Sigue? | ¡Error! Marcador no definido. |
| 8 | BIBLIOGRAFÍA | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |

1 Introducción

1.1 Idea Original

Para muchos aeromodelistas uno de los objetivos a lograr es el poder reproducir aviones a escala reducida tan similares a los reales como les sea posible y también muchos aeromodelistas e ingenieros han deseado obtener mejor desempeño, más funciones y características nuevas, diferentes o superiores a las existentes y mayor facilidad de uso.

Entre todo ese mundo de ideas y proyectos se encuentran: el uso de materiales y técnicas de fabricación modernas (i.e. materiales compuestos, herramientas de control numérico en miniatura), dispositivos electrónicos de alta tecnología (i.e. microcontroladores, radio controles programables), sistemas neumáticos en miniatura (tren de aterrizaje retráctil, frenos en las ruedas), y muchas adaptaciones e implementaciones ingeniosas que literalmente han hecho volar las ideas y los sueños de muchos entusiastas.

Y por cierto, también han elevado el pasatiempo a niveles técnicos comparables a los de los aviones reales y a costos estratosféricos si es que se desea tener lo último y lo mejor de lo mejor, actualmente no es difícil encontrarse en los “aeroshows” y convenciones de aeromodelismo aviones que superan los \$10,000 USD, pero claro está que con un presupuesto modesto de cualquier manera es posible practicar y divertirse mucho con este pasatiempo, por lo que el número de aficionados, profesionales y empresas en el ramo solo sigue incrementándose. En la tabla 1.1 se muestra el rango de costos típico de varios sistemas de aviones de R/C (radio control). Por todo esto la industria del aeromodelismo es hoy en día millonaria.

Tabla 1.1 Rango de Costos Típicos de Aviones de R/C

| Nivel | Descripción | Rango de Precios (USD) |
|-------------------------|--|-------------------------------|
| Económico, principiante | R/C de 2-4 canales, modelo sencillo, sin motor (planeador), o motor de baja potencia, eléctrico o de pistón. | \$300 a \$800 |
| Medio, amateur | R/C de 4-6 canales, motor de pistón de buena potencia, algunos extras (tren retráctil, flaps) | \$800 a \$3,000 |
| Alto, experimentado | R/C de 6-9 canales, aquí ya podemos ver turbinas en algunos casos y muchos accesorios y extras. | \$3,000 a \$10,000 |
| Super-alto, caprichoso | R/C de 10 o más canales en tandem, múltiples turbinas, tamaños gigantes para modelismo, repleto de accesorios, y componentes hi-tech | \$10,000 y más... |

NOTA: Aunque probablemente sería más apropiado indicar los precios en Pesos Mexicanos, creo que da una mejor idea hablar en USD, además de que en este medio todo se cotiza en USD, incluso los distribuidores nacionales manejan sus precios referenciados directamente a dólares.

Sin embargo, hasta hace muy poco se disponía solamente de una forma de propulsión fuerte para un avión a escala: motores de pistón de 2 tiempos. La tabla 1.2 muestra varias formas de propulsión de aviones a escala. La ventaja de los motores de pistón es la potencia relativamente alta que producen, y

que los aviones a escala los cuales su contraparte real es también de motor de pistones, quedan estéticamente muy bien, son muy realistas, y sus características de vuelo en la media de lo posible también lo son. Definitivamente no es el caso en el que se quiere reproducir un avión que originalmente es de turbina pero a escala lleva un motor de pistones y una hélice; he visto en revistas de aeromodelismo, fotografías de, por ejemplo, un F-14 con una hélice en la punta (Fig. 1.1) a mi gusto (y el de muchos otros) se ve muy mal, y las características de vuelo definitivamente son muy diferentes e irreales.



Fig. 1.1 Un hermoso modelo de un F-14 Tomcat con una horrible hélice

Tabla 1.2 Formas de Propulsión

| Forma de Propulsión | Potencia | Otras Características |
|-----------------------------|-----------------|--|
| Manual | Muy baja | Limitada a planeadores, sólo funciona bajo ciertas condiciones ambientales. Totalmente silenciosa |
| Motores Eléctricos | Baja - media | Se usan principalmente en modelos pequeños, y vuelos cortos. No son muy usados. Silenciosos |
| Motores de pistón | Media - alta | Disponibles en muchos tamaños para muchos tipos de modelos, son muy populares y relativamente económicos aunque también hay caros. Requieren mantenimiento considerable. Muy ruidosos. |
| Pulso reactores (pulse-jet) | Media - alta | Definitivamente no son usados ni conocidos por la mayoría de los aficionados, prácticamente todos son experimentales y de construcción casera. Extremadamente ruidosos |
| Turbinas | Alta - muy alta | Alta relación de potencia/peso, para constructores aeromodelos y pilotos experimentados, costosas (materiales caros y difíciles de conseguir, ingeniería de alta precisión), requieren poco mantenimiento, alto consumo de combustible. Ruidosas de cerca* |

* NOTA: Si ponemos un motor de pistón junto a una turbina en tierra, es probable que la turbina se escuche más fuerte, sin embargo si se montan estos motores en aviones y se vuelan lado a lado es difícil oír a la turbina ya que el ruido del motor de pistón se sigue escuchando muy fuerte tapando el sonido de la turbina que disminuye rápidamente con la distancia.

Pero como mencionaba, durante mucho tiempo no hubo alternativa. Un intento de mejorar esta situación fue meter la hélice y el motor (de gasolina o eléctrico) dentro de un cilindro, simulando una turbina, a esto se le llamó “ducted fan” (Fig. 1.x), pero era una solución a medias: no cambiaba mucho las características de vuelo ni de propulsión, traía más retos que soluciones, y estéticamente no era tan convincente (no se veía ni sonaba ni olía como una turbina). Simplemente por el último punto los aficionados y profesionales del aeromodelismo deseábamos más, deseábamos una turbina de verdad!!!



Fig.1.2 Un “Ducted Fan” con motor de pistón y uno con motor eléctrico

Desde niño, cuando yo veía las revistas de aeromodelismo, no me gustaba ver los modelos de aviones de turbo-reacción con hélices, me molestaba, y me imaginaba una turbina a escala y deseaba que estos aviones pudieran volar con ella. Sin embargo la imaginación y deseos de un niño no son suficientes (pero si necesarios) para lograr tal proeza tecnológica.

1.1.1 ¿Qué es una Turbina de Gas y Cómo Funciona?

Con el propósito de dejar bien claro de que se está hablando para las personas que no conozcan mucho del tema, explicaré brevemente qué es una turbina de gas y su los conceptos básicos de su funcionamiento. Esto ayudará a entender mejor las secciones siguientes.

Una turbina de gas a cualquier escala es un tipo de máquina térmica, es decir, que genera trabajo mecánico a partir de la energía obtenida al quemar un combustible. Más específicamente es una “Turbomáquina” debido a que la forma en la que produce trabajo es mediante la extracción de energía de un fluido, en nuestro caso este fluido es gas (i.e. el aire). Al componente mecánico que se ocupa de extraer la energía del fluido por medio de paletas que provocan la rotación de una flecha se le llama “*turbina*”, y de ahí que al motor completo también se le llame así, lo que a veces puede generar un poco de confusión. Para evitar esto, por el momento escribiré “*turbina*” con letra cursiva cuando me refiera al componente mecánico.

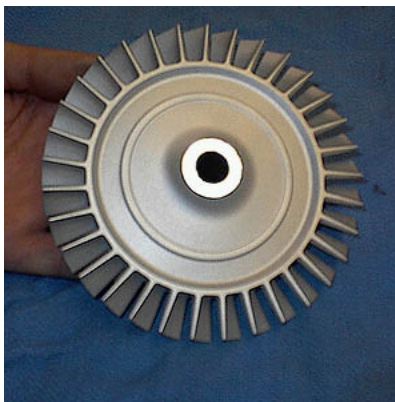


Fig. 1.3 Una rueda de *turbina* hecha en fundición de inconel, una superaleación resistente a las altas temperaturas

Básicamente las turbinas de gas consisten de tres secciones (Fig. 1.4): el compresor, la cámara de combustión y la *turbina*. Cuando el compresor está girando, el aire es succionado hacia el interior de la turbina y comprimido, es decir, se eleva su presión para tener mayor masa de aire (y especialmente de oxígeno) en un volumen menor. El aire comprimido entra a la cámara de combustión, donde se está inyectando combustible y existe una flama permanente donde se esta quemando. Esta combustión provoca un aumento muy grande el la energía interna del aire que se manifiesta principalmente en una temperatura y presión muy elevadas. Al entrar a la etapa de la *turbina*, se le permite al aire expandirse y acelerarse a gran velocidad, forzándolo a pasar a través de las paletas de la *turbina*, lo que provoca que esta gire. La rueda de la *turbina* esta fija a una flecha que a su vez sujeta al compresor, haciendo que este gire.

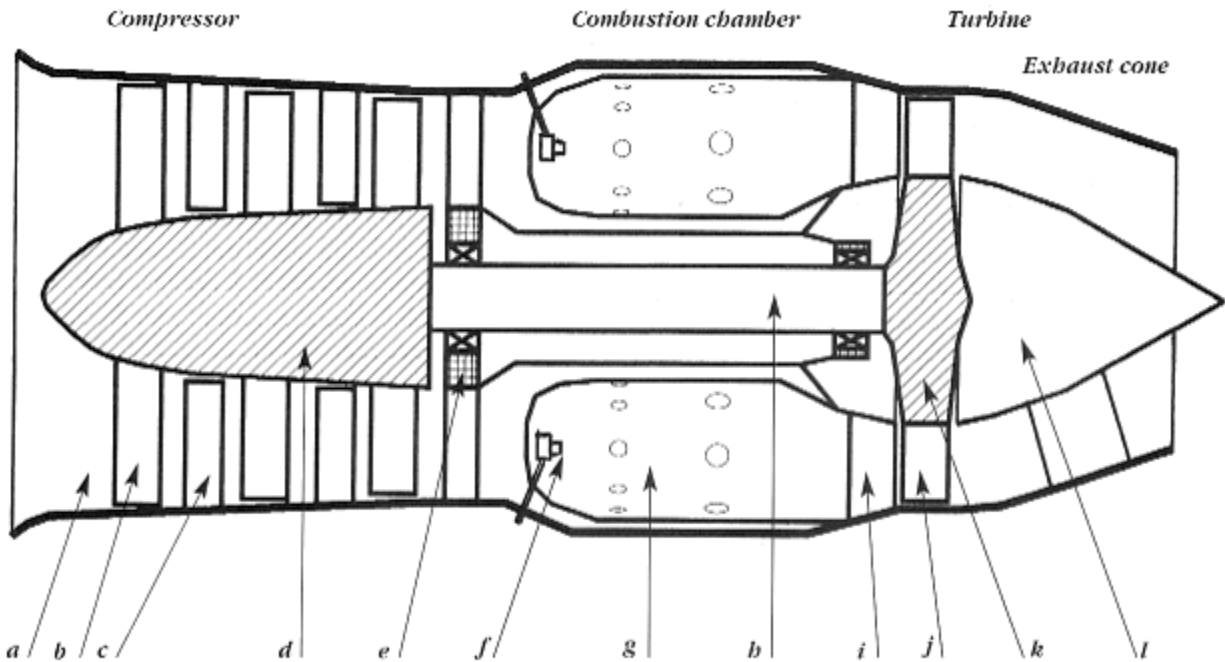


Diagram of a jet engine.

a) Air intake, b) Compressor blades, c) Ring of diffuser blades, d) Compressor rotor, e) Front bearing, f) Fuel injector nozzle, g) Combustion chamber, h) Shaft, i) Nozzle guide vanes, j) Turbine rotor blades, k) Turbine rotor, l) Tail cone.

Fig. 1.4 Diagrama general de una turbina

Entonces la *turbina* extrae una parte de la energía del aire para poder hacer girar el compresor y perpetuar así el ciclo de trabajo del motor. La energía restante en el aire que sale de la turbina es la que se puede usar con otros propósitos. Por ejemplo si simplemente se pasa por una tobera convergente para hacer que el aire salga a gran velocidad de manera que genere empuje, se la llama **Turbojet** o **Turborreactor** (Fig. 1.5a) y este fue el primer diseño de turbinas ya que es el más simple.

Pero es posible pasar el aire nuevamente por una *turbina secundaria* para generar la rotación de una flecha independiente de la flecha que mueve al compresor. Si la flecha secundaria mueve una hélice de propulsión convencional, al diseño se le llama **Turboprop** o **Turbohélice** (Fig. 1.5b), pero si la flecha mueve un ventilador de muchas paletas (como en los motores de aviones comerciales modernos) se le llama **Turbofan** o **Turbosoplador** o **Turboventilador** (Fig. 1.5c). Y si la flecha secundaria mueve cualquier otra cosa, ya sea un generador eléctrico, las ruedas de un auto, las orugas de un tanque, el rotor de un helicóptero, etc., simplemente se le llama al diseño **Turboshaft** o **Turboflecha**.

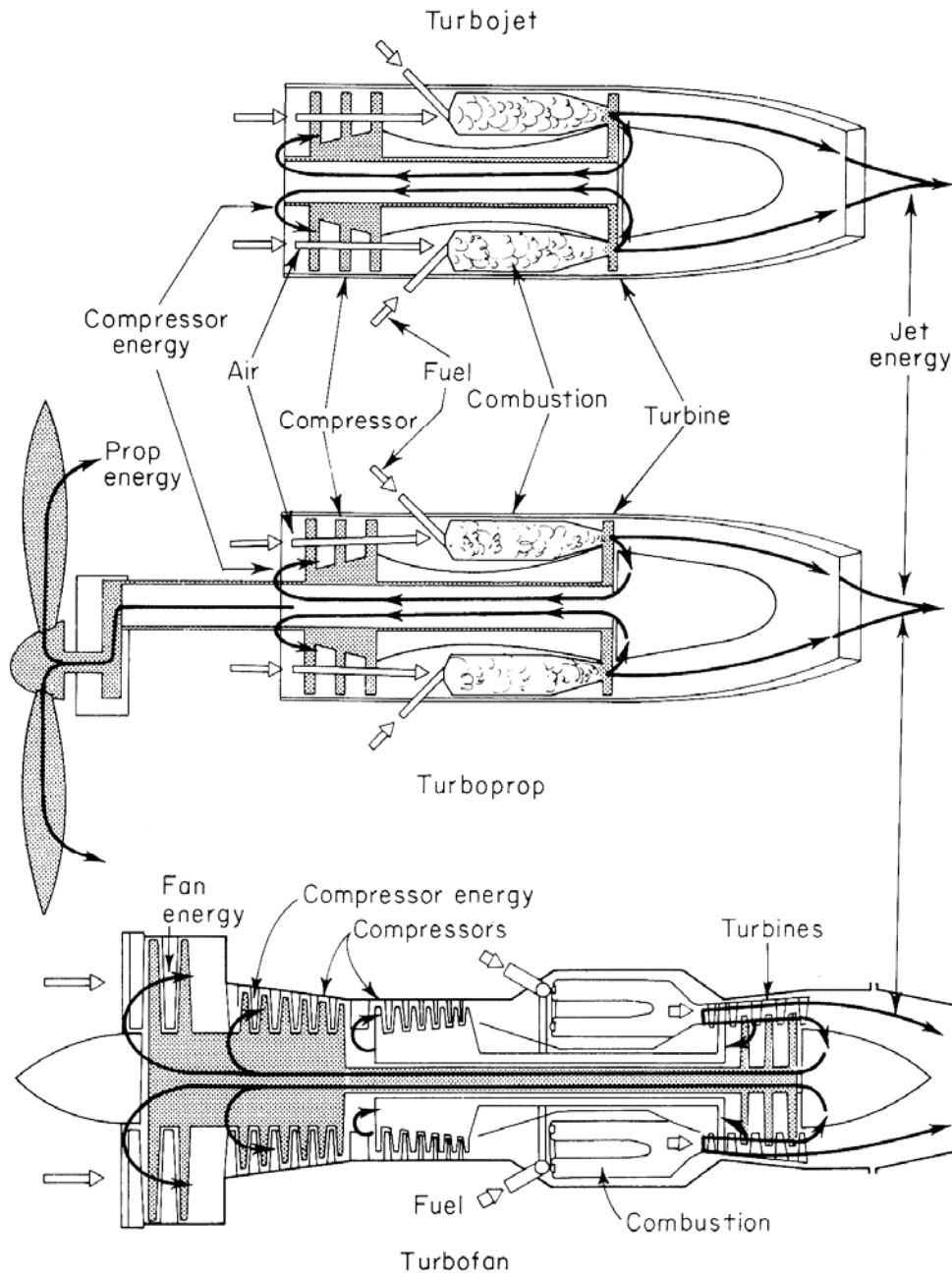


Fig. 1.5 Diferentes diseños de turbinas de gas

Nota: Todos los diferentes diseños mencionados son turbinas. Sin embargo, al hablar de turbinas de gas para aeromodelos, en general nos estamos refiriendo a turbojets (turborreactores), a menos que se especifique lo contrario.

1.2 Marco Histórico

Incluyo esta reseña histórica que dará a los lectores una visión panorámica y global del pequeño mundo de las turbinas de gas para aeromodelismo y les ayudará a comprender los motivos que hay detrás del desarrollo de esta tecnología y la inspiración para hacer este trabajo.

1.2.1 Breve Historia de las Turbinas de Gas Modernas

La tecnología de turbinas se remonta a hace más de dos mil años, cuando alrededor del año 100 a.c. un científico egipcio llamado Hero concibió y construyó el Eolípilo (fig. 1.6), el primer motor a reacción (jet) del mundo. Después siguieron varios inventos importantes, pero salen del alcance de este trabajo, por lo que voy a brincar directamente a las turbinas de gas modernas.

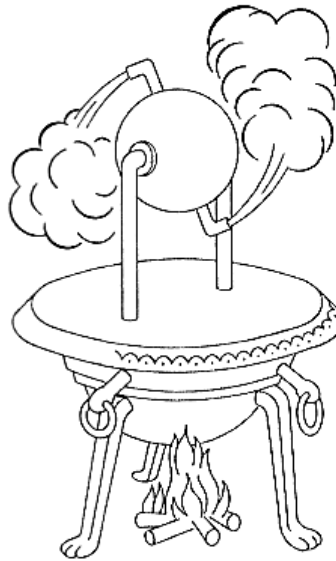


Fig. 1.6 El Eolípilo

Los orígenes de las turbinas de gas modernas se puede rastrear a 1921 con la patente de un motor a turbo-reacción por el francés Maxine Guillaume, y mas adelante, en 1930 el inglés Sir Frank Whittle logró obtener la patente de su turbo-reactor. Y en un esfuerzo de desarrollo casi en paralelo los alemanes Hans von Ohain y Max Hahn patentaron su propio diseño en 1936. Ambos diseños se basaban en el mismo principio de operación y hasta la fecha sigue siendo el mismo, y por supuesto que estos logros fueron posibles gracias a las contribuciones e ideas de muchas otras personas. El trabajo de los alemanes se vio realizado en 1939 cuando lograron el vuelo del primer avión propulsado por una turbina de gas, el HE178, y fue en 1941 que Whittle y su equipo pudieron también poner en el aire su turbina.

1.2.2 Las Primeras Turbinas de Gas para Aeromodelismo

Pero no fue sino hasta la década de 1980 cuando se comenzó a hacer un esfuerzo por parte de muchos aficionados y profesionales del aeromodelismo por crear una turbina de gas a escala específicamente para aeromodelos. Es importante mencionar aquí que el simple hecho de reducir una turbina de gas grande no produce un modelo funcional a escala, ya que la complejidad del diseño y construcción de una turbina grande se multiplica al tratar de reducir los componentes y de cualquier forma, las leyes de la física no lo permiten. Los primeros modelos a escala de turbinas de gas funcionales exitosos se construyeron a partir de los principios básicos y un diseño muy simplificado que por supuesto con el tiempo se han ido mejorando detalles pero a la fecha sigue siendo el mismo diseño básico.

A mediados de la década de los 50's apareció la Baby Mamba o más precisamente la TJD-76C (Fig. 1.7), diseñada y construida por el estadounidense Max Dreher, como fuente de propulsión para planeadores y drones ligeros (aeronaves robóticas no tripuladas). Esta turbina es muchas veces más pequeña que una turbina normal de aviación pero un poquito grande para usarla en aeromodelismo. Con un empuje de 200 Newtons, una construcción compleja y además un compresor poco convencional tipo diagonal, la Baby Mamba no es reproducible a una verdadera escala de aeromodelismo. Sin embargo, actualmente las turbinas de aeromodelismo más potentes son capaces de generar los 200 Newtons de empuje, aunque con una construcción mucho más simple y un peso casi 3 veces menor; así que considerar a la Baby Mamba una turbina de aeromodelismo o no depende del punto de vista personal de cada quien.

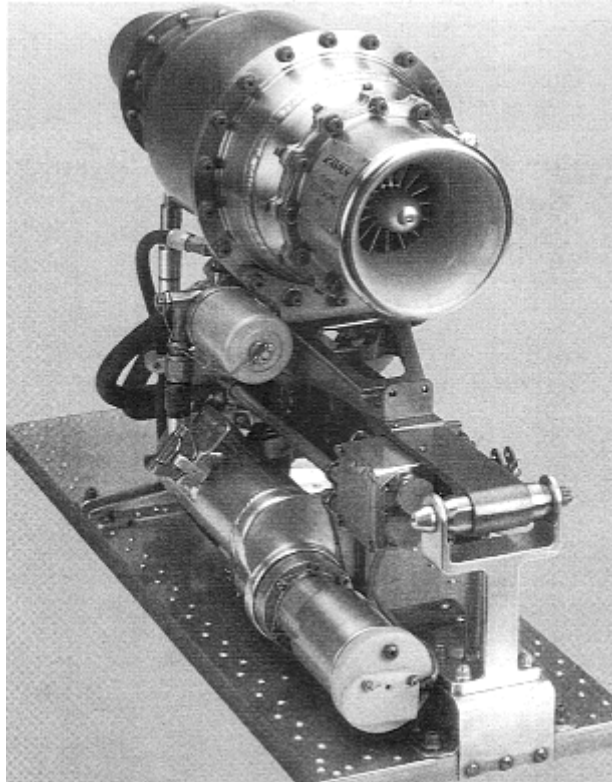


Fig. 1.7 La Baby Mamba

En 1982 los suecos Prisel, Alme y Lyrsell crearon su turbina PAL (fig. 1.8) con un diseño muy ingenioso ya que tenía la cámara de combustión en la parte posterior y su longitud no estaba limitada por la distancia entre el compresor y la turbina, producía un empuje de 120 Newtons, más que suficiente para un aeromodelo y usaba combustible líquido (keroseno), pero no fue usada para volar aeromodelos, al menos no en el periodo en el que fue desarrollada. Posteriormente la firma sueca Turbomin ha mejorado y producido esta turbina con el nombre de TN75, con un enfoque especial en bajo costo, simplicidad y evitando el uso de componentes costosos, por ejemplo usando rodamientos convencionales en lugar de cerámicos que pueden fácilmente costar más de \$50 USD cada uno. Por supuesto que este enfoque ha limitado el rendimiento potencial de la turbina, y la hace una de las más pesadas de su tipo con una masa de 3 kg y 75 N de empuje. El mantenimiento es muy simple y lo puede y lo debe realizar el propio usuario, reduciendo aun más el costo de propiedad y operación de esta turbina.

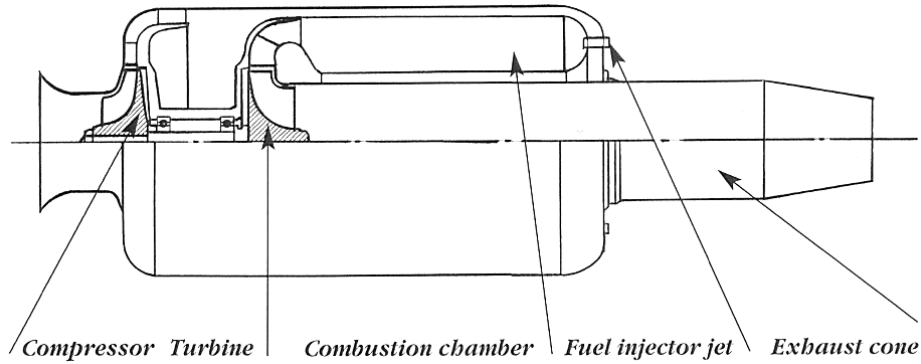


Fig. 1.8 La PAL

Un logro muy notable ocurrió en 1989 cuando un ingeniero alemán aficionado al aeromodelismo, Kurt Schreckling, diseñó, construyó y logró hacer funcionar la primera turbina de gas pequeña, ligera, de combustible líquido y específicamente diseñada para aeromodelismo, y además la fabricó usando solo medios relativamente amateur. La turbina FD2 consistía en un compresor radial tipo ventilador industrial, de madera reforzada con fibra de carbón, y como carcasa un bote de gas propano para campistas (FD = Feuer-Dosen, bote de gas). En 1990 la mejoró con su diseño FD3 con 30 N de empuje que es notable para su bajo peso de solo 750 g. Pero la contribución más importante de Schreckling en este campo, en mi opinión personal, fue en 1994 cuando publicó un libro (ver bibliografía) explicando el diseño su FD3 (Fig. 1.9), su funcionamiento, las ecuaciones y los planos para que otros aficionados pudieran construir sus propias turbinas amateur. Este es el punto que considero como el inicio de la era de las turbinas de aeromodelismo al alcance de muchos aficionados ya que además se empezó a crear toda una comunidad alrededor de estos conocimientos (ver más adelante).

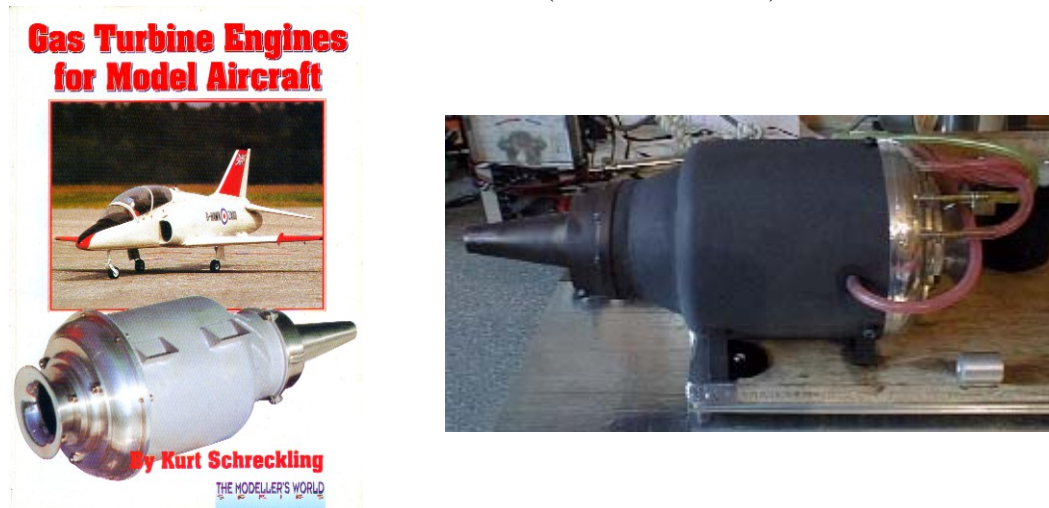


Fig 1.9 Portada del libro de Schreckling y una FD3 casera construida por un aficionado

Ya en 1991, JPX, una compañía francesa, manufacturaba y comercializaba su modelo Turborec T240 basado en los desarrollos del francés Michael Serrier que había trabajado en producir un modelo de turbina desde mediados de los 80's. Esta es la primera turbina de gas para aeromodelismo comercial y producida en serie, y tuvo mucha importancia en el mundo del aeromodelismo, incluso hubo fabricantes de kits de aeromodelos que ofrecían versiones especiales de sus aviones e incluso aviones especialmente diseñados para la T240 o sus sucesores. Desafortunadamente la T240 y sus hermanas mayores tenían tres enormes desventajas:

- Funcionaba sólo con gas propano en lugar de keroseno o algún otro combustible líquido, lo cual generaba un riesgo mayor incendio, es más trabajoso de manejar, el único tipo de tanque de combustible que se puede usar es un recipiente a presión y se necesita una cantidad considerable de equipo auxiliar; un extintor de incendios es absolutamente esencial.
- Usaba una rueda de turbina de flujo radial. Otros diseños contaban con una rueda de turbina de flujo axial, más poderosa y de aceleración más rápida.
- Necesitaba una botella de aire comprimido para arrancar.

Eventualmente JPX hizo una versión para keroseno, la T240K que producía el mismo empuje y algunos propietarios de la T240 pudieron hacer la conversión de sus turbinas cambiando la cámara de combustión original por la que quemaba combustible líquido. La importancia de las turbinas JPX de esta serie fue disminuyendo y actualmente se encuentran fuera de producción.

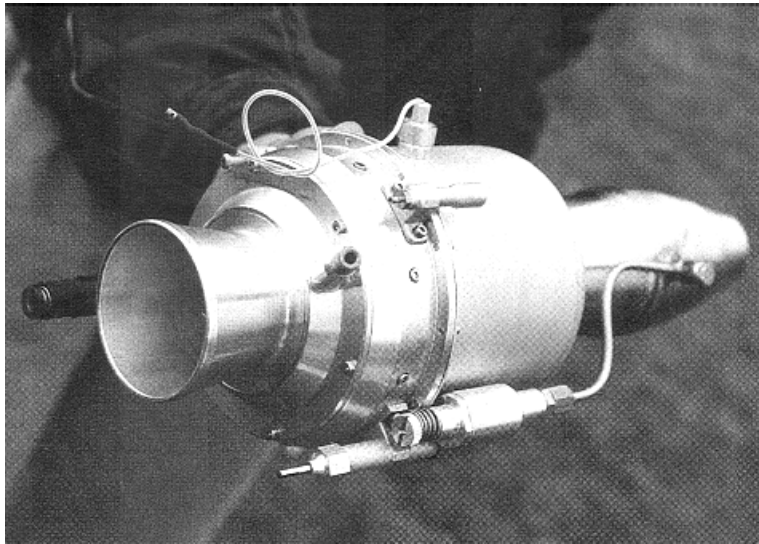


Fig. 1.10 La T240

1.2.3 Turbinas de Aerodelismo Actuales

En los últimos años, estas turbinas se han desarrollado al punto en que están listas para ser producidas en serie. Año con año los fabricantes mejoran las características y aumentan el empuje y algunas ya han llegado a un nivel en que son demasiado poderosas para un piloto amateur. Las mejoras en el rendimiento se deben principalmente al uso de materiales avanzados exóticos (i.e. superaleaciones), y al maquinado de las piezas más importantes con tolerancias muy cerradas (una milésima de pulgada).

También en el campo del control electrónico se ha avanzado considerablemente, lo que ha generado turbinas más confiables y duraderas, ya que por ejemplo, la inyección de combustible controlada compensa en gran medida los errores humanos de operación que podrían causar fallas o dañar permanentemente la turbina como el caso de un sobrecalentamiento o un desbocamiento. Así mismo, el uso de la electrónica ha permitido la mejora del diseño mecánico al poder tomar lecturas de los parámetros de las turbinas como rpm's o temperatura en un display electrónico o en una computadora en tiempo real en el banco de pruebas, o durante el vuelo para su análisis posterior con lo cual se pueden encontrar las causas de alguna falla, posibles errores en el diseño, y hacer

optimizaciones. Incluso existen ya turbinas de aerodelismo con arranque automático, el operador simplemente presiona un botón o mueve una palanca del control y la computadora se encarga de toda la secuencia de arranque y al apagar la turbina el control realiza una secuencia de enfriamiento.

Todo esto ha logrado que hoy en día, tener, operar, y volar una turbina sea muy simple y seguro, siempre que se observen ciertas precauciones elementales de seguridad. El aspecto relativamente negativo es que muchas de estas turbinas de producción de alto rendimiento no deben ni pueden ser reparadas o recibir mantenimiento por parte de los usuarios aficionados. Los fabricantes especifican que para estos fines la turbina debe de ser regresada a la fábrica en donde cuentan con los equipos sofisticados y costos requeridos para construir y mantener estas turbinas en sus niveles óptimos y de alto rendimiento.

Nota sobre esta sección: Aparte del valor histórico de los siguientes párrafos es importante tomarlos como referencia para la sección sobre la competencia comercial, en donde veremos tablas basadas en lo que aquí se describe con más detalle.

En 1993 otro ingeniero aficionado alemán, Thomas Kamps, habiendo trabajado con Schreckling, van de Goor, Jenniskens y otros, creo su propia turbina, la Micro Turbine, basada en un compresor radial de turbo-cargador para motor de 4 tiempos de automóvil. En 1995 Kamps también publicó un libro de su diseño, con sus respectivos cálculos, diagramas e instrucciones de construcción. Podemos decir que su diseño es la versión libre del diseño estándar que usan hoy en día prácticamente todos los fabricantes de turbinas de aerodelismo comerciales.



Fig.1.11 Portada del libro de Kamps donde se aprecia la Micro Turbina y sus piezas

La compañía japonesa Sophia Precision lanzó al mercado su modelo J-450 que tanto externa como internamente era muy parecida a la turbina francesa T240, pero usa como combustible una mezcla de keroseno y gasolina y su rendimiento es claramente superior a la de JPX. Desafortunadamente también era similar a la T240 en otros aspectos: usaba también un sistema de aire comprimido para iniciar, necesitaba mucho equipo auxiliar, era complicada de manejar y requería gran conocimiento técnico por parte del operador. El progreso con otros diseños hizo que esta turbina tuviera el mismo destino que la T240 y su presencia es cada vez mas insignificante, aunque todavía se pueden ver algunos ejemplares en la ferias de turbinas de aerodelismo. Actualmente esta compañía sólo vende sus turbinas en bancos de prueba para instituciones educativas (universidades) y centros de investigación.



Fig. 1.12 La J-450

Las turbinas de aerodelismo que también han fijado muchas tendencias han sido diseñadas en Holanda, específicamente por Han Jenniskens y Bennie van de Goor, quienes a principio de los 90's comenzaron a hacer turbinas, ambos eran fabricantes experimentados de pulso-reactores (pulse-jets). Después de muchos cálculos y experimentos fundaron la compañía Advanced Micro Turbines (AMT) y en 1992 comenzaron la producción de su turbina Pegasus Mk-3 que con 100 Newtons de empuje fue la turbina de aerodelismo de producción más potente por varios años. Más adelante diseñaron otros dos modelos basados en la Pegasus: la Olympus de 190 Newtons de empuje que ya está fuera del espectro de aerodelismo normal, y la Mercury de 70 Newtons de empuje con sólo 100 mm de diámetro. Desafortunadamente el equipo de Bennie y Han se separó formando 2 compañías, AMT Holanda y AMT Estados Unidos, legalmente independientes pero con los mismos modelos prácticamente.

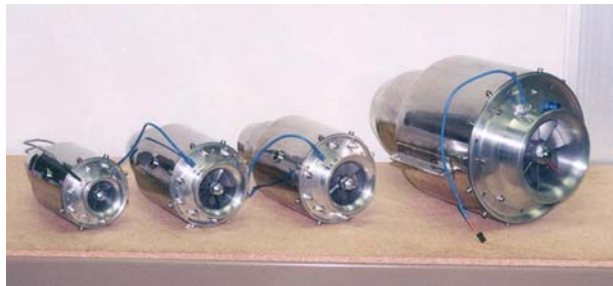


Fig. 1.13 Familia de turbinas de AMT. También podemos ver al nuevo y "gigantesco" miembro de la familia

En años más recientes Schreckling abandonó su diseño original y comenzó a desarrollar la KJ 66 (fig. 1.14) junto al español Jesús Artés dentro de la GTBA (ver mas adelante). Esta turbina de alto rendimiento desde su introducción se hizo muy conocida y lo único que tiene en común con la FD3 es que la versión casera sigue utilizando como carcasa un tanquecito de gas propano de campismo. Internamente es básicamente el mismo diseño que la Micro Turbine de Kamps (KJ = Kurt-Kamps-Jesús), lo cual no es de extrañarse ya que ha sido un diseño colaborativo y es gracias al trabajo en equipo y a que se han compartido abiertamente muchos de los conocimientos, ideas y diseños que hoy en día existen las turbinas de aerodelismo, y con los niveles de desempeño que hemos visto. Originalmente la KJ 66 no se produce como una turbina completa, pero están disponibles los planos y

las partes más críticas, como la rueda de la turbina, fabricada profesionalmente y comercializada por el propio Jesús Artés. El diseño básico del KJ 66 ha sido copiado muchas veces y es por eso que es prácticamente el estándar actual incluso de prácticamente todas las turbinas comerciales, a excepción de las de AMT, que aún siguen sobre su propio diseño original.



Fig. 1.14 La KJ 66

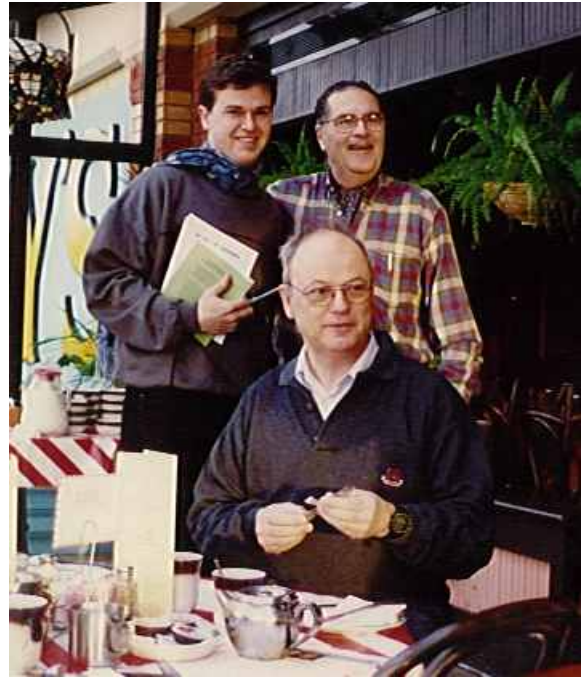


Fig.1.15 Thomas (Izq.), Jesús (Der.) y Kurt (Sentado)

Uno de los miembros del equipo español de Artés es Gaspar Espiell que se ha hecho muy conocido en el mundo de las turbinas de aeromodelismo por sus controladores electrónicos (Fig. 1.16) que se usan en la KJ 66 y en algunas otras turbinas de otros fabricantes. Estos controladores se han hecho populares gracias a que son muy prácticos y versátiles por su tamaño pequeño, simplicidad de operación, bajo consumo de energía y buen desempeño.

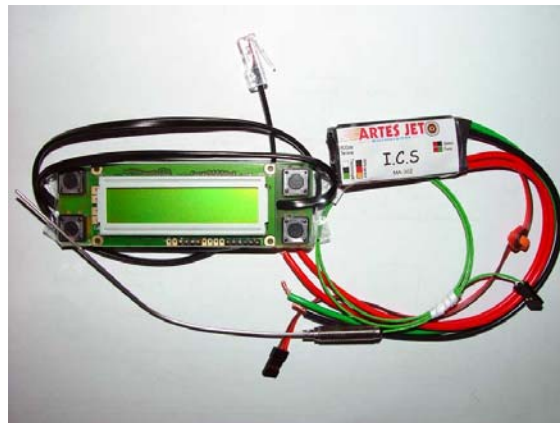


Fig. 1.16 Controladores de Gaspar Espiell

La JG-100 Eagle (Fig. 1.17) representa el esfuerzo por parte de Jesús Artés y Gaspar Espiell por crear su propia turbina (JG = Jesús-Gaspar), mejorando el diseño original de la KJ 66 y agregando algunos componentes con lo que ha logrado duplicar el empuje a 150 Newtons. Se ofrecía a la venta también con arrancadores y controles electrónicos y están disponibles la rueda de turbina y el NGV de fundición. Actualmente se comercializa bajo el nombre JF-100 Falcon.

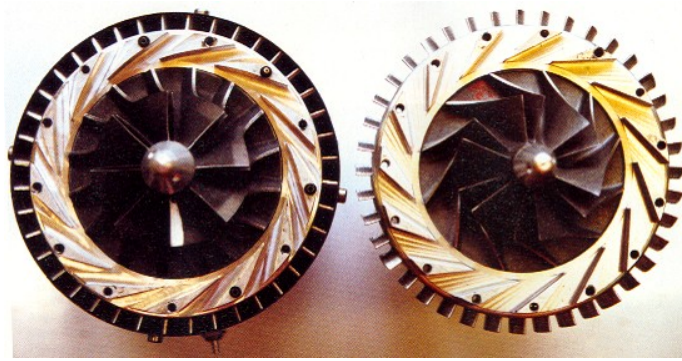


Fig1.17 Comparación de la JG-100 (Izq.) con la KJ66

El desarrollo de Artés de turbinas más pequeñas lo ha llevado a crear junto con Felipe Nieto la JF-50 Bee, con 55 Newtons de empuje y que actualmente se encuentra en producción como la JF50 Super Bee con 63 Newtons (estudio principal de este trabajo) y también se produce la JF120 Super Eagle con 136 Newtons. La importancia de estas turbinas es primordial en este estudio de factibilidad ya que son los modelos en los que está basado. Felipe Nieto y Juan Ramón Ruiz son los mexicanos que se encuentran detrás de la producción de estas turbinas por parte de la empresa mexicana Diseño y Metalmecánica S.A. propiedad de la familia de Felipe Nieto. Ellos ya trabajan con la marca Jet Central, pero legalmente son parte de la misma compañía y se usan sus instalaciones y maquinaria.



Fig. 1.18 Las JF-50 y JF-120 con su nuevo aspecto "Titanium"



Fig. 1.19 Felipe y Juan Ramón

Jet Cat con su modelo P80 (Fig. 1.20) introdujo muchas innovaciones como el arrancador eléctrico y una boca de entrada a la turbina que oculta todos los componentes de control esenciales, y con 80 Newtons de empuje es más que suficiente para volar un modelo 12 kg o más. En términos visuales la turbina luce muy bien y elegante, su peso ligero y dimensiones externas pequeñas hacen que pueda ser utilizada en casi cualquier modelo y se incluyen instrucciones comprensivas y materiales para su montaje. Por estas razones la Jet Cat P80 fue la primera turbina en ser distribuida en las tiendas de modelismo "normales" por Graupner. A la P80 le siguieron sus hermanos mayores, la P120 y la P200 con 200 Newtons de empuje!!! Jet Cat produce actualmente también un motor para helicóptero basado en un diseño turbo-eje (turbo-shaft), es decir, una turbina modificada con ejes y engranes para propulsar el rotor principal del helicóptero.



Fig. 1.20 La P80

Por su parte, los ingleses Mike Murphy y John G. Wright con su compañía WREN Turbines también produjeron su modelo MW 54 (Fig. 1.21) con 54 Newtons de empuje, siendo su característica especial un bajo consumo de combustible y una cámara de combustión corta con muy buen diseño que le permite trabajar a temperaturas de escape bajas. Este motor también se usa como generador de gas para su diseño turbo-hélice (turbo-prop), con una potencia en la flecha de 5 kW y también como turbo-eje para helicópteros. WREN vende los planos, las partes y los kits de turbinas completos. La turbina con la que cuenta la Universidad Iberoamericana es un kit de la MW 54 que nosotros armamos y pusimos en marcha.



Fig. 1.21 El kit de la MW 54 y la turbina ya ensamblada y funcionando

Al popularizarse la construcción de turbinas a nivel amateur, se necesitaba un punto de encuentro para los entusiastas. La Asociación de Constructores de Turbinas de Gas (Gas Turbine Builders Association, GTBA) comenzó en 1995 con el nombre “Gas Turbine Builders Contact Group” para propiciar y fomentar el intercambio de información respecto a la construcción de turbinas por parte de los aficionados, enfocados originalmente en la FD 3 y la Microturbine. Los miembros de todo el mundo aportan ideas, conocimientos, mejoras y nuevos diseños, con lo que se han logrado mejoras significativas en las turbinas originales y se han producido dentro del grupo nuevos diseños como la KJ-66 y la PT75. El presidente de la GTBA es Tom Wilkinson, y por supuesto todas las personalidades del mundo de las turbinas de aeromodelismo mencionadas anteriormente son al menos miembros, si no consejeros técnicos o parte del comité.

Tabla 1.3 Historia y Características de las Turbinas de Gas a Escala

| Nombre | Fabricante | Año | Empuje [N] | Masa [kg] | Max. RPM's | Diámetro [mm] | Longitud [mm] | Comentarios |
|--------------|---------------------------------|------------|------------|-----------|------------|---------------|---------------|---|
| Baby Mamba | Dreher Engineering | Med. 50's | 200 | 6.5 | 96,000 | 151 | 416 | ¿De aerodelismo? |
| PAL | Prisel, Alme, Lyrsell | 1982 | 120 | 4 | 105,000 | 150 | 460 | Originalmente no fue usada para aerodelismo |
| TN 75 | Turbomin | Prin. 80's | 75 | 3 | 100,000 | 148 | 425 | Versión comercial de la PAL, simple, bajo costo |
| FD 3 | Kurt Schreckling | 1990 | 30 | 0.75 | 75,000 | 110 | 265 | Primer diseño abierto al público de todo el mundo. |
| T240 | JPX | 1991 | 45 | 1.7 | 122,000 | 116 | 335 | Primera turbina comercial de aerodelismo fabricada en serie. Fue muy popular. Usaba gas propano como combustible. |
| J-450 | Sophia Precision | Prin. 90's | 60 | 1.8 | 130,000 | ~116 ??? | ~335 ??? | Muy similar a la T240, pero usa combustible líquido y tiene mejor desempeño |
| Pegasus Mk-3 | Advanced Micro Turbines | 1992 | 100 | 2 | 105,000 | 120 | 270 | Turbina innovadora, con mucha potencia, fabricada con gran precisión. |
| Olympus | | Med. 90's | 190 | 2.4 | 110,000 | 130 | 270 | Hermana mayor de la Pegasus |
| Mercury | | Med. 90's | 70 | 1.4 ??? | 145,000 | 100 | 225 | Hermana menor de la Pegasus |
| KJ 66 | Kurt Schreckling Jesús Artés | Med. 90's | 75 | 0.95 | 117,000 | 110 | 265 | Diseño estándar de las turbinas actuales. Planos y partes disponibles. |
| JG-100 | Jesús Artés Gaspar Espiell | Med. 90's | 150 | ??? | 132,000 | 108 | ??? | Versión mejorada de la KJ 66 |
| JF-50 Bee | Jesús Artés Felipe Nieto | Fin. 90's | 55 | ??? | 160,000 | 80 | 173 | Primer diseño y desarrollo importante con mexicanos involucrados. |
| P80 | Jet Cat | Med. 90's | 80 | 1.3 | ??? | ??? | ??? | Primera en incorporar arrancador eléctrico y otras innovaciones. |
| P200 | | Fin. 90's | 200 | | | | | La turbina de aerodelismo más poderosa disponible. |
| MW 54 | Wren Turbines | Fin. 90's | 54 | 0.65 | 160,000 | 87 | 150 | Consumo de combustible bajo, La UIA cuenta con este modelo para el lab. de fluidos. |

1.3 Objetivos

El tema principal es investigar la posibilidad de consolidar una fábrica de turbinas de gas para aerodelismo, dadas ciertas premisas, siguiendo las metodologías de evaluación de proyectos.

Las herramientas a usar incluyen los estudios de ingeniería industrial (procesos, tiempos, y costos), estudio económico y financiero de la empresa, así como el análisis de factores externos como el mercado, la competencia y el entorno político-socio-económico.

Los objetivos últimos de este trabajo son: Sentar las bases de un plan de negocios, proponer las estructuras operativas y organizacionales relacionadas y hacer algunas observaciones y recomendaciones, todo esto con el enfoque de maximizar el patrimonio de los propietarios de la empresa fabricante de turbinas.

Este objetivo a su vez está relacionado con otros objetivos propios de la empresa, que aunque no corresponden directamente a este trabajo, considero oportuno mencionarlos:

- Posicionar fuertemente la marca
- Que la empresa sea líder en el mercado global.
- Contribuir al desarrollo tecnológico de México y mundial.
- Poner el nombre de México dentro de este mercado de élite.

Por razones que explicaré más adelante en los alcances y limitaciones, ciertamente el objetivo de este trabajo NO es hacer una investigación exhaustiva del tema, ni llegar a un plan de negocios totalmente completo y formal con datos exactos. Se trata sólo de una primera aproximación y de proponer una línea sobre la cual, si hay interés, pueda hacer un desarrollo posterior.

1.4 Justificación del proyecto

Como hemos visto, la tecnología de turbinas de gas para aeromodelismo es relativamente nueva y los principales jugadores a nivel mundial eran las potencias económicas hasta el año pasado. Felipe Nieto, Juan Ramón Ruiz, y yo, somos unos de los pocos entusiastas mexicanos interesados en las turbinas de gas para aeromodelismo desde el punto de vista tecnológico.

Yo las conocí en el 2000 por Internet, y comencé a investigar, compré algunos libros de Traplet Publications y me puse a estudiarlas y compartí mis hallazgos con el Dr. Golden, uno de mis profesores en la Universidad Iberoamericana de las materias relacionadas con ingeniería térmica, fluidos y turbomáquinas. Realmente deseaba construir una, y me emocionaba con el solo hecho de pensarlo, pero no disponía ni del tiempo ni los medios para construirla, así que mis conocimientos de las turbinas así como el de aeromodelismo eran totalmente teóricos y nada prácticos. A principios del 2003, el Dr. Golden me sorprendió con la noticia de que la universidad había aceptado comprar un kit de una turbina que el había solicitado (una MW 54). Desafortunadamente en ese momento entre la maestría y mi trabajo de asistente, prácticamente no me quedaba tiempo para dedicarle a la turbina, y fue hasta junio de ese año que junto con Alejandro Martínez, compañero de la maestría con mucha experiencia en máquinas y mantenimiento, comenzamos a conseguir los materiales faltantes y a armar la turbina. La turbina quedo totalmente armada pero estábamos atorados con la parte del control electrónico, comenzamos el diseño pero llego el siguiente semestre y congelamos el proyecto. Por otro lado también teníamos problemas para conseguir el keroseno y algunas piezas.

Durante el siguiente semestre el avance fue mínimo hasta que el Dr. Golden logró obtener referencias de unas personas que también estaban en esto de las turbinas. Los llamamos y junto a unos estudiantes de la licenciatura de IME, fuimos a visitarlos a su “taller” lo que resultó ser la empresa Diseño y Metalmecánica y donde tienen un taller de aeromodelismo muy profesional, y fue donde conocimos a Felipe Nieto y Juan Ramón Ruiz quienes nos apoyaron enormemente tanto con conocimientos e información como partes y materiales que necesitábamos para poder arrancar nuestra propia turbina.

*Nota: Para fines de este documento nos referiremos a Diseño y Metalmecánica como D&M.

Por su parte, Juan Ramón y Felipe eran aeromodelistas desde la adolescencia y comenzaron a fabricar turbinas caseras como hobby desde mediados de los noventas, siguiendo los diseños de Schreckling, Kamps y Artés. Ellos también experimentaron mucho y posteriormente junto con Artés lanzaron su propio diseño, la JF-50 Bee, y desde entonces Juan Ramón y Felipe son los únicos fabricando en serie turbinas de aeromodelismo en México. Esto es posible en gran medida gracias a que han estado usando las instalaciones, máquinas, equipos y recursos en general de la empresa D&M para construir muchas de las partes de los prototipos y turbinas de producción. A partir del 2004 la venta de las turbinas comenzó a considerarse como parte de las ventas de la empresa, aunque se comercializan bajo la marca Jet Central. Estas son las premisas a las que se hace referencia en el objetivo del proyecto.

La intención de este trabajo es buscar la separación de Jet Central y D&M en la medida de lo posible, ya que por un lado, la maquinaria necesaria para fabricar algunas de las partes de la turbina es muy especializada, costosa, y muy difícil de justificar para el bajo volumen de ventas, sin embargo D&M ya cuenta con estas máquinas. Lo mismo se puede decir de las instalaciones y servicios. Por otra parte es un hecho conocido en esta industria que las empresas que han iniciado para dedicarse únicamente a la fabricación de turbinas de aeromodelismo han quebrado. Prácticamente todas las empresas que actualmente fabrican estas turbinas tienen un negocio colateral donde usan la mismas máquinas, pero en otro ramo, lo cual les ayuda a justificar la inversión. Este es el mismo caso de D&M que se dedica a la fabricación de auto partes y componentes electrónicos.

Por lo tanto la consolidación a la que se refiere el objetivo, más que separar físicamente a Jet Central o iniciar una fabrica nueva, se refiere al aspecto organizacional, contable, y legal, para que Jet Central opere como una empresa independiente, la cual paga una “renta” por los recursos proporcionados por D&M. Esto evita en principio una inversión inicial fuerte, reduciendo enormemente el riesgo de una quiebra y la gravedad de sus consecuencias. Esto se podría considerar como maquila o “outsourcing” y lo es de alguna forma, sin embargo se tiene la ventaja de que se sigue haciendo todo “in house” pudiendo garantizar la alta calidad de los componentes y el producto final de forma sencilla.

1.5 Alcance y Límites

Este trabajo es un estudio de caso, el cual se pretende que sea estudiado y considerado por los accionistas de la empresa fabricante de turbinas y pretende hacerles una propuesta básica de plan de negocios, de manera que puedan incrementar su patrimonio, a partir del análisis de datos e información tanto al interior como al exterior de la empresa.

El análisis es totalmente enfocado a la empresa fabricante de turbinas (Jet Central) y sus intereses, por lo tanto este estudio no considera los procesos productivos ni requerimientos de la empresa D&M, aunque al hacer las propuestas si se procura tomar en cuenta la conveniencia para ambas partes, ya que esto hace más factible su aplicación real. Y hablando de la aplicación, aunque la intención del trabajo es que se lleguen a aplicar las propuestas y recomendaciones, la aplicación de facto QUEDA FUERA del alcance de este trabajo, así que NO se considera hacer ningún estudio posterior.

Aunque se aplican formalmente las herramientas de ingeniería industrial y económico-financieras correspondientes, este trabajo NO pretende hacer un estudio exhaustivo del mercado y el entorno, sino simplemente hacer las observaciones correspondientes. TAMPOCO se trata de un trabajo técnico sobre el diseño termodinámico y mecánico de las turbinas en sí, por lo cual no se muestran formulas, cálculos, ni diagramas detallados de las turbinas, que además por otra parte, son considerados como INFORMACION CONFIDENCIAL por parte de Jet Central. (Para ver este tipo información recomiendo ver los libros de Schreckling y Kamps). En el aspecto de la manufactura, se ve a grandes rasgos el aspecto de procesos, costos y tiempos, y NO se pretende llegar a diseñar las hojas de procesos, y TAMPOCO entrar en detalles técnicos ni especificaciones de manufactura.

1.6 Metodología

En una primera instancia vamos a definir la empresa, desde su nombre y filosofía hasta su estructura. Esta es una propuesta inicial pero está basada en varios de los elementos ya existentes y busca complementarlos y definirlos explícitamente. Es necesario mencionar que esta sección la escribo en estrecha relación con Felipe Nieto y Juan Ramón Ruiz, quienes deben marcar la pauta en las premisas de la empresa. En este punto utilizaremos metodologías de planeación estratégica y cultura empresarial.

A continuación vamos a estudiar los productos y sus procesos, lo cual nos lleva a mirar hacia adentro de la empresa, específicamente la parte operativa, y obtendremos información muy importante en cuanto a costos, tiempos y capacidad productiva. Para esto vamos a utilizar herramientas clásicas de ingeniería industrial.

Luego vamos a mirar brevemente hacia fuera de la empresa para estudiar el entorno y de nuevo hacia a adentro para analizar la parte económico financiera de la empresa y hacer una proyección de los flujos de caja. Aquí aplicaremos herramientas de técnicas administrativas y de ingeniería económica y financiera.

Finalmente vamos a hacer la propuesta de la base del plan de negocios, recomendaciones y observaciones. Hecho esto sólo queda presentar las conclusiones de este trabajo.

2 Definición de la empresa

Es muy importante definir correctamente la empresa desde el principio, para garantizar una estructura sólida especialmente la filosofía de la empresa que debe ser la guía en las decisiones que se tomen, especialmente las importantes decisiones estratégicas.

2.1 Nombre

El nombre de la marca es **Jet Central**, y la idea es que la empresa tenga un nombre similar aunque finalmente el nombre legal no es relevante. El nombre refleja muy bien el giro de la empresa y da una imagen sólida. También es importante observar que está en inglés ya que el mercado es global y principalmente Estados Unidos.

Se debe considerar crear un logotipo que visualmente sea atractivo y represente el tipo de empresa y sus productos, la Fig. 2.1 muestra una propuesta del logotipo.



Fig. 2.1 Logotipo propuesto para Jet Central

2.2 Misión

Además de hacer dinero, la misión de una empresa debe representar un objetivo claro directamente relacionado con el negocio principal. Se debe hacer énfasis en que necesidades del mercado se pretenden cubrir, en que sectores y hasta que grado. Basado en esto, la propuesta del enunciado es la siguiente:

La misión de Jet Central es fabricar y comercializar turbinas de gas para aeromodelismo con los estándares más altos a nivel mundial, prestando atención a las necesidades y caprichos del mercado y brindar el soporte y servicio requerido por sus clientes de manera accesible, inmediata y atenta. Además, hacer el desarrollo y la investigación que le permitan mantenerse a la vanguardia.

2.3 Visión

La visión es un estado al que se quiere llegar, la finalidad última de la misión de la empresa. Es un cambio que se quiere hacer al mundo.

La visión de Jet Central es que el mundo del aeromodelismo sea más divertido, completo e interesante al poner disponible en el mercado otra opción de turbinas de gas, de la mejor calidad, con las mejores características y a precios bajos de manera que cada vez estén al alcance de más aficionados. De esta forma Jet Central busca ser líder en esta industria.

2.4 Valores

Aplican todos los valores empresariales que siempre vemos como compromiso, honestidad y respeto. La siguiente es una lista de los que consideramos más importantes y como impactan directamente en el contexto específico de Jet Central:

- **Compromiso y Confianza:** Jet Central debe de dejar una imagen muy clara en sus clientes de que pueden confiar en la empresa para hacer de su experiencia de aerodelismo la más placentera. (i.e ser líderes en tecnología, tener los mejores precios, dar el mejor servicio y soporte técnico, el mayor valor agregado, etc.)
- **Honestidad:** Las especificaciones anunciadas deben ser reales y bajo condiciones normales.
- **Seguridad:** Las turbinas de gas no son un juguete, y en cada etapa de diseño y manufactura se debe considerar la seguridad de los usuarios cuando se opere la turbina (i.e. que no se incendie o explote).
- **Confiabilidad:** Jet Central tiene que producir productos confiables, ya que se invierten sumas considerables en los aerodelos y una falla de la turbina puede arruinar totalmente el aerodelo.
- **Permanencia y Rentabilidad:** Jet Central debe de asegurarse de permanecer en el mercado, mediante el aseguramiento de su rentabilidad económica y financiera, y evitar desaparecer del mapa como muchas otras. Esto es una premisa para poder cumplir el valor del compromiso.
- **Innovación y Pasión:** Todo el personal de Jet Central debe de tener la pasión por innovar constantemente, al desarrollar y mejorar sus tecnologías, productos, sistemas de producción, y explorar nuevas oportunidades y modelos de negocio, y dejar sentir esta pasión a sus clientes y proveedores.

2.5 Políticas

En este punto de la propuesta no elaboramos políticas como la de calidad o la ambiental, sin embargo mencionamos que en algún momento de la planeación o en una etapa temprana de la operación se deben definir estas y/o otras políticas (i.e. política de seguridad). Por otro lado, al estar unidos físicamente a la empresa D&M, es posible que apliquen directamente las mismas políticas existentes de esta empresa.

2.6 Negocio Principal

Es muy importante tener claro cual es el negocio principal o “core business” ya que es frecuente que las empresas incursionen en otros productos o servicios que sirven como complemento o refuerzo a lo principal. Jet Central no es la excepción, en estos momentos ya se encuentra fabricando y diseñando sus propios aviones a escala, los cuales vende con sus turbinas. A partir de su conocimiento del mercado han detectado que es mas fácil vender turbinas a cierto tipo de clientes si ya esta instalada en un avión. Esta es una oportunidad que no debe desaprovecharse pero debe quedar claro, en especial al momento de tomar decisiones importantes, que los aviones no son el negocio principal.

El negocio principal de Jet-Central es fabricar y comercializar sus varios modelos maduros de turbinas y brindar todo el soporte y servicio a sus clientes. La investigación y desarrollo son clave para mantenerse al nivel o adelante de la competencia, y por tanto también deben considerarse como actividad primordial del negocio.

Si en algún momento dado otra cosa fuera mejor negocio que el negocio principal, se debe redefinir completamente la empresa, desde el nombre hasta la filosofía.

2.7 Productos y Servicios

Los productos sobre los que se trabaja actualmente son:

- **JF50 Super Bee:** Turbina de 63 N de empuje
- **JF120 Super Eagle:** Turbina de 136 N de empuje
- **JF160 Rhino:** Turbina de 175 N de empuje
- **Nano Bee:** Turbina de 25 N de empuje (en desarrollo, etapa de prototipo)
- **Cangaroo:** Avión a escala de ala delta
- **X-File:** Avión a escala de canard (en desarrollo, etapa producción piloto)
- **JR-Delta:** Avión a escala de ala delta (en desarrollo, etapa conceptual)

El servicio principal que se tiene es servicio al cliente y soporte técnico, el cual se obtiene automáticamente al adquirir los productos. Básicamente consiste en asesorías sobre el montaje y operación de la turbina, y atención a las garantías.

2.8 Mercado Objetivo

Como es de esperarse, el mercado principal es de aficionados de nivel económico medio-alto, y para arriba, y además se debe de tratar de gente MUY aficionada, dispuesta a invertir una suma fuerte de dinero en un avión que podría estrellarse en un segundo y perder su inversión (aunque las turbinas suelen sobrevivir sin daños mayores muchos de los accidentes). La otra opción son aficionados muy adinerados que no les afecte desembolsar estas cantidades.

Lo que nos lleva a localizar geográficamente este mercado a nivel global ya que no se trata de un producto de interés local, es decir, que hay aficionados al aeromodelismo con el perfil económico-social mencionado en todo el mundo y los sistemas de comunicación (i.e internet, telefonía de larga distancia) y las grandes empresas de paquetería permiten comercializar los productos en prácticamente cualquier país del mundo. Sin embargo hay que reconocer que el mayor mercado se encuentra en Estados Unidos, donde el ingreso per cápita promedio es de 5 veces el promedio de México, y conseguir materiales, partes, y equipos para aeromodelismo es en general más fácil y más barato. Estos factores hacen que naturalmente pueda existir un gran número de aeromodelistas con el perfil adecuado y por lo tanto sea el mercado de principal interés para Jet Central. Por otro lado la experiencia en esta industria ha demostrado que una vez afianzados en el mercado norteamericano es muy fácil ingresar al mercado europeo.

2.9 Estructura

Esta es la estructura con la que se opera actualmente, y es realmente una forma muy básica para que pueda funcionar:

- Area Administrativa
- Area Operativa
- 1 Asistente de Ingeniería
- 1 Soldador
- 1 Mecánico
- Varios operadores

Sin embargo al definir la empresa formalmente se debe considerar una estructura organizacional mejor definida que deje claro la asignación de funciones de cada puesto y permita un crecimiento a corto y mediano plazo, aunque ahora una persona ocupe varios puestos, al incrementarse la carga de trabajo se tenga previsto como debe hacerse el reacomodo e ingreso de nuevos empleados. La estructura de Jet-Central Propuesta es la siguiente:

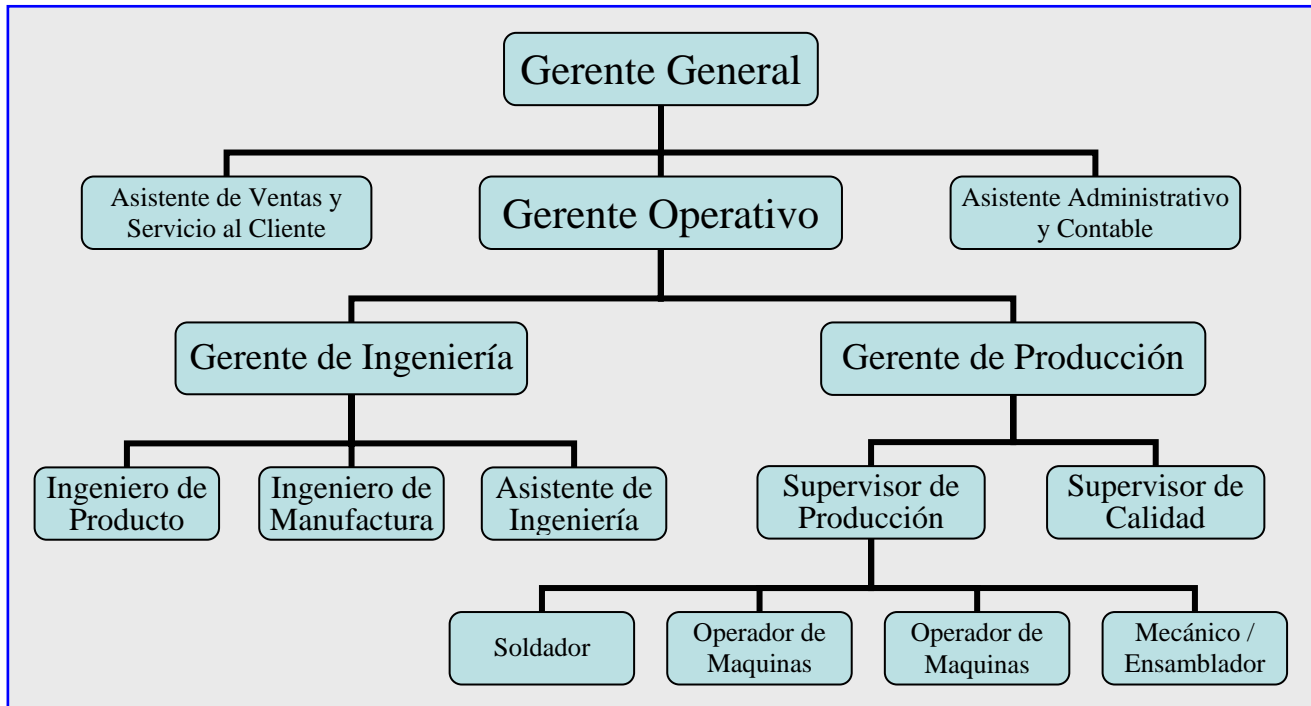


Fig. 2.2 Organigrama Propuesto

Actualmente Felipe Nieto desempeña las funciones de gerente general, pero también se ocupa de las ventas, servicio a cliente, y relaciones públicas. Además supervisa las áreas de ingeniería y producción, las cuales están formalmente a cargo de Juan Ramón Ruiz. Como se puede ver, ellos realizan varias funciones que son propias de los diferentes puestos que propongo aquí, incluso muchas de las funciones son compartidas. Por otra parte, se cuenta con un asistente técnico dedicado a las turbinas pero fuera de eso se emplea a operadores de D&M para la fabricación de las piezas. Igualmente la parte contable corre por cuenta de D&M por estar integrados a ella.

La intención al proponer este organigrama no es que se contrate a una persona para cada puesto, al menos no de inmediato, sino que sirva como infraestructura para que conforme vaya creciendo el negocio y las cargas de trabajo, exista ya una referencia de que puestos o funciones específicas delegar a personal nuevo. La idea en este momento es definir que funciones y responsabilidades son propias de cada puesto, y quien las va a asumir por lo pronto, aunque ya estén sobrentendidas, hay que hacerlo explícitamente de manera que además se pueda partir de aquí para generar formalmente las descripciones de puesto en base a la técnica de mapeo de procesos.

Respecto a los recursos “prestados” por D&M, la parte contable es imperativo que se separe para los fines de la propuesta de este trabajo, ya que es la única forma de consolidar a la empresa Jet Central como independiente de D&M. Esto no implica que necesariamente se daba contratar un nuevo contador o los servicios de un despacho (aunque tal vez sería lo mas conveniente), pero si llevar contabilidades totalmente separadas y además asignar un costo a este servicio, no se vale tener una contabilidad gratis, por ejemplo, se podría reflejar este costo aplicándole un sobresueldo al contador de D&M por el trabajo extra.

De la misma forma los obreros y operadores no tienen que ser nuevos, si no las mismas personas lo cual sería lo más conveniente, ya que estarán trabajando sobre las mismas máquinas en las cuales ya tienen mucha experiencia. Aquí la opción es que podrían estar también en la nómina de Jet Central (además de pertenecer a D&M), o posiblemente convenga más que D&M rente el tiempo de máquina a Jet Central con todo y operadores, lo cual simplificaría mucho las cosas y prácticamente elimina la necesidad de un departamento de recursos humanos en Jet Central.

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 un 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 |
| | Engine Subtotal | | \$684 |
| | ICS Full | Comprar | \$158 |
| | Starter Motor | Comprar | \$58 |
| | Fuel Pump | Comprar | \$58 |
| | Accesorios Subtotal | | \$275 |
| | TOTAL | | \$958 |

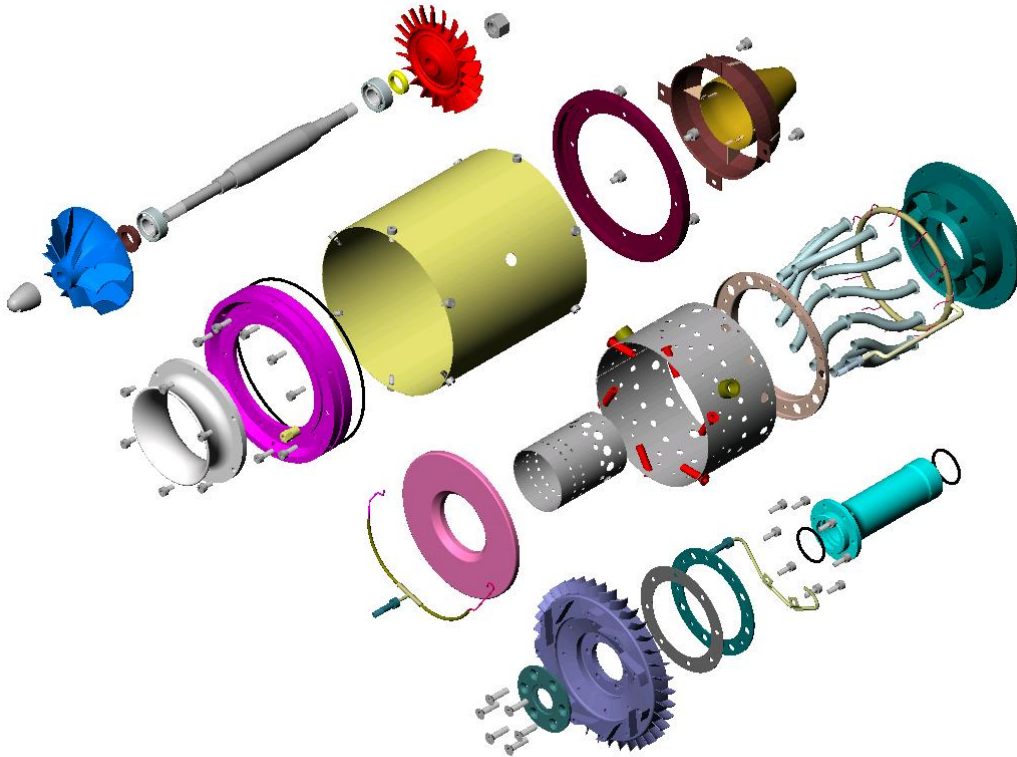


Fig. 3.1 Diagrama de despiece explosivo

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 | | | | | |
| | Total por Pieza | 42 | 143 | 30 | 30 | 0 | 82 | 51 | 26 | 22 | 28 | 33 | 4 | 19 | 4 | 30 | 19 | 20 | 583 |
| | No. Operaciones | 6 | 9 | 5 | 1 | 0 | 5 | 6 | 6 | 4 | 6 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5 | 4 | 2 | 69 |

4 Análisis Económico y Financiero

4.1 Entorno

También el análisis del entorno debe ser considerado en la metodología de evaluación de proyectos, sin embargo nuevamente en nuestro caso particular no aplica en gran medida salvo el caso de estudio de mercado, pero que como ya había mencionado, sale del alcance del proyecto por lo que vamos a usar un modelo muy simplificado en ese caso.

En las secciones siguientes sólo menciono unos particulares que se deben de tener en consideración pero que son de impacto mínimo o nulo para el negocio.

4.1.1 Política

Los aspectos políticos de impacto en este momento me parecen irrelevantes, sin embargo quiero mencionar estos dos:

Hasta donde sabemos, actualmente no existe ningún tipo de reglamentación respecto a la propiedad y operación de aeromodelos en ningún país del mundo, salvo el hecho de respetar espacios aéreos restringidos, pero no se requiere que se registren los modelos, no se requiere una licencia, no hay especificaciones mínimas ni máximas, etc. Y tampoco hay reglamentos sobre la propiedad y operación de turbinas de gas para aeromodelismo, y por lo tanto no hay nada respecto a aeromodelos propulsados por turbinas. Pero esta situación podría cambiar y hay que estar al pendiente.

Otro asunto del que creo que también hay que estar al pendiente es la cuestión de importación y exportación. Especialmente en este sentido: El gobierno de los EE.UU. anteriormente ya ha creado políticas que prohíben la exportación de de ciertas tecnologías (como el caso de tecnología de encriptación de información) por motivos de “seguridad nacional”, y naturalmente desde el punto de vista de muchos resultan absurdas, sin embargo estas políticas se han implementado.

En algún momento el gobierno de EE.UU. podría llegar a considerar que estas turbinas se podrían utilizar potencialmente como armas o poner cualquier otra excusa que dificultara o impidiera su comercialización en EE.UU. o en otros países, por ejemplo tratar de impedir que se vendan en cualquier país del bloque musulmán. También podría bloquear o dificultar la producción al impedir que algunos proveedores de partes en EE.UU. exporten piezas para Jet Central o intentando imponer o influenciar las leyes mexicanas al respecto.

Si se llegara a encontrar una situación del estilo, lo cual a decir verdad es poco probable que suceda, es prácticamente una sentencia de muerte para la empresa, al menos tal y como existe, porque aún se podía salvar pero se debería de reconsiderar toda la filosofía y premisas, y entonces si es del interés de los propietarios y va de acuerdo a su ética y valores, tratar de buscar un contrato con el ejército para venderlas como armas por ejemplo.

4.1.2 Economía

Debido a que se trata de un negocio muy pequeño con un mercado global, dirigido a un mercado objetivo con un perfil muy específico, es muy difícil que las variaciones locales e incluso globales en la economía tengan un impacto fuerte sobre la empresa. En el plano económico se requeriría de casi una catástrofe económica o una gran recesión a nivel mundial. Bueno, tenemos que admitir que estando en EE.UU. el mercado principal de Jet Central, lo que suceda ahí se va a reflejar considerablemente en la empresa... y en cierta medida también a nivel mundial.

4.1.3 Sociedad

Por la misma característica del perfil del mercado objetivo, la actividad de Jet Central actualmente es de mínima relevancia para la sociedad en general y se prevé que así seguirá siendo. El impacto será en el pequeñísimo sector de la sociedad de nivel medio-alto y alto que está interesado en el aeromodelismo y en las turbinas de gas.

Aunque en un grado muy reducido estas turbinas pueden ser usadas con fines de estudios tecnológicos como es el caso del Dr. Golden y mío, prácticamente todas estas turbinas son usadas con fines de entretenimiento, y difícilmente esto podría generar un impacto significativo incluso dentro de el sector de la sociedad que corresponde al perfil objetivo. Esto quiere decir que alguien en lugar de ir a jugar golf un día, va a ir al club de aeromodelistas a divertirse con su avión a escala a reacción.

4.1.4 Tecnología

Otro cambio en el entorno que podría impactar fuertemente a la empresa sería un salto en la tecnología o un cambio en las tendencias tecnológicas del mercado, que deje a los productos actuales obsoletos, o dejen de ser de interés, por eso hago tanto énfasis en el aspecto de investigación y desarrollo y las funciones del departamento de ingeniería.

4.1.5 Competencia

Recordemos que en el marco histórico, en la sección 1.2.3.- Turbinas de aeromodelismo actuales, presenté a los fabricantes y sus turbinas, con algunas características técnicas y observaciones. La tabla 4.1 muestra una tabla similar pero con observaciones más enfocadas a la parte comercial. Esta información será la base del análisis DOFA más adelante.

Un análisis rápido sobre el precio en el mercado de las turbinas de la categoría de la JF-50 Bee, nos muestra que un precio de venta al público de \$2,500 USD es el promedio por lo tanto podemos asumir este valor con un buen grado de seguridad.

Cabe mencionar aquí que el aspecto tecnológico de las turbinas no es de importancia en términos de la competencia, ya que ninguna compañía tiene ventajas significativas. Prácticamente nada es patentable, cualquier pieza o subsistema al igual que las técnicas de fabricación pueden ser copiadas por otras empresas. Además es un mundo muy pequeño en este medio en donde casi todos se conocen con todos y gracias a asociaciones como la GTBA principalmente se ha intercambiado libremente

mucha información técnica que ha beneficiado a todos: fabricantes tanto profesionales como caseros y a los usuarios y aficionados.

Tabla 4.1 Empresas competidoras y empresas fuera de la competencia

| Origen | Compañía | Modelo | Precio | Empuje [N] | \$/N |
|---------------------|-------------------------|----------------|---------|------------|------|
| Alemania / (EE.UU.) | Funsonic (Robartt) | FS25AS | \$2,495 | 53 | \$47 |
| Alemania / EE.UU. | Jet Cat | P70 | \$2,895 | 73 | \$40 |
| Australia | Nybro | Hydro-J2 | \$2,500 | 80 | \$31 |
| Australia | Turbojet Technologies | 2000 Demon | \$2,700 | 68 | \$40 |
| Dinamarca | SimJet | 1200 AES-SP | \$2,540 | 70 | \$36 |
| EE.UU. | SWB Turbines | Mamba | \$2,495 | 50 | \$50 |
| Holanda / EEUU | Advanced Micro Turbines | AT180 | \$3,345 | 90 | \$37 |
| Inglaterra | Microjet Engineering | HF15 | \$2,500 | 80 | \$31 |
| Inglaterra | Wren | MK3 MW54 | \$2,085 | 62 | \$34 |
| México / España | Jet Central | JF 50 SuperBee | \$2,500 | 62 | \$40 |
| Sudáfrica | Baird Micro Turbines | 120-KS | \$3,595 | 125 | \$29 |
| Tailandia | PST Jets | J600R | \$2,470 | 65 | \$38 |
| Promedio | | | \$2,583 | | \$37 |

Competidores fuera del negocio de las turbinas

(quebraron o se dedican a otros productos)

| Origen | Compañía | Modelo |
|------------|-----------------------|---------|
| EE.UU. | Aeronautic | J160 |
| EE.UU. | Crow Aviation | Orion |
| EE.UU. | RAMicrojets | RAM500 |
| Francia | JPX | T240 |
| Inglaterra | James Engineering | Cobra |
| Japón | Sophia Precision Eng. | J-450 |
| Sudáfrica | Bay Turbines | Cyclone |
| Suecia | Turbomin | TN60 |
| Taiwan | Thunder Tiger | P-15 |

Y en un plano más comercial y de negocios, de cualquier manera las empresas fabricantes compran las turbinas de otras empresas fabricantes para hacer el típico “benchmarking”. Con esto se pretende no sólo encontrar mejoras a la tecnología de las turbinas en sí, también se intenta determinar de la forma más realista posible lo que otras compañías ofrecen, cómo lo ofrecen, y cómo operan, con información de primera mano. Al convertirse en verdaderos clientes se pueden saber estas cosas, por ejemplo: qué nuevos accesorios incluyen, qué servicios o valor agregado están ofreciendo, cómo es su sistema de entrega, mercadotecnia, servicio, soporte técnico, etc.

4.2 Inversión Inicial

Como he venido explicando, en esta primera aproximación no se considera ninguna inversión inicial, ya que prácticamente todo; instalaciones y servicios será rentado de D&M.

Esto hace que el análisis económico y financiero sea trivial (activos fijos y PLP igual a cero, no hay depreciación ni gastos financieros) lo cual ayuda a mantener este estudio simple, pero lo

importante es que lo más probable es que se maneje así en la aplicación real de este proyecto, por lo tanto es la propuesta inicial. Si en estudios posteriores se estima que es más conveniente de otra forma, se tendrá que hacer todo el estudio económico y financiero desde el principio o manejarlo como un proyecto de inversión sobre la operación de la empresa.

4.3 Costos de Producción

Ya hemos determinado en forma aproximada los costos fijos y variables, y por lo tanto desde el punto de vista económico y financiero podemos estimar la palanca operativa.

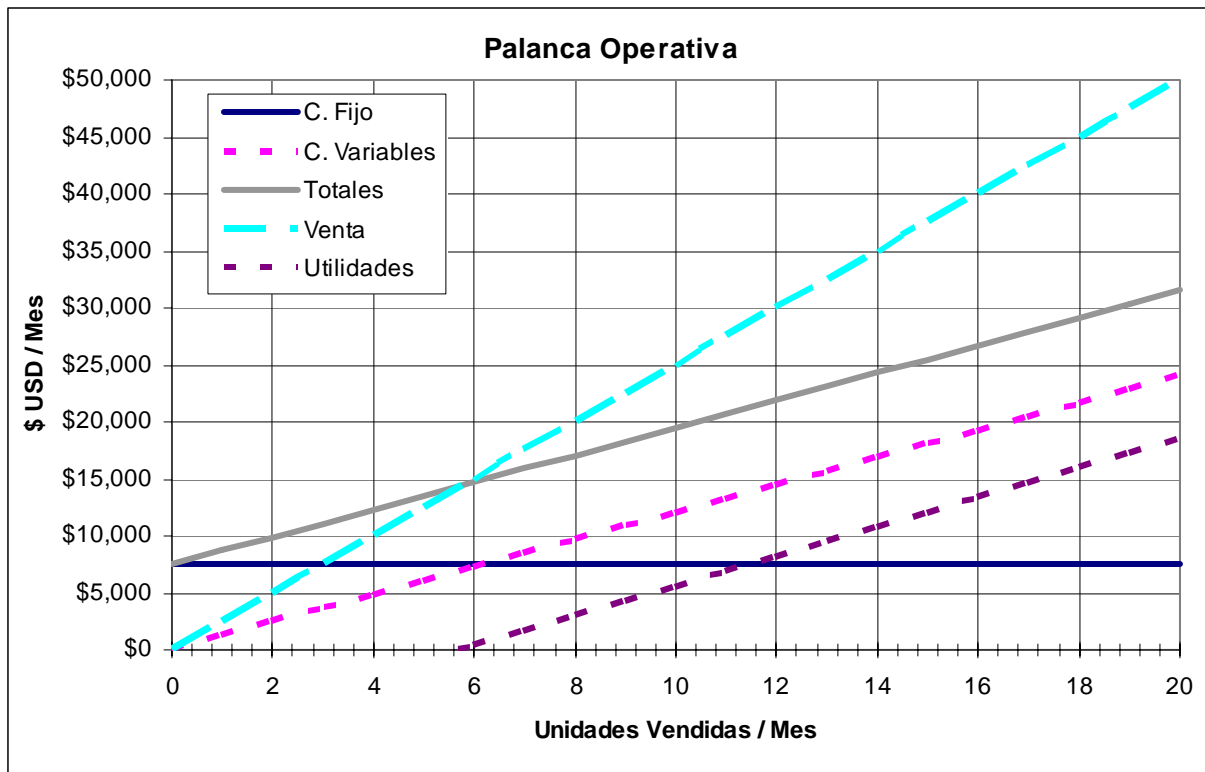


Fig. 4.1 Gráfica de la palanca operativa

Analizando la gráfica 4.1 vemos que el punto de equilibrio o “break even point” con los datos estipulados es de 7 unidades al mes, es decir que en promedio cada mes se deben vender 6 turbinas como mínimo o los costos superarán las ventas y esto lógicamente es un problema grave. Pero por el lado optimista, con un pronóstico de ventas de 10 unidades al mes las utilidades brutas esperadas son de aproximadamente de \$5,500 USD y con 15 unidades de \$12,000 USD.

En este caso la palanca operativa es relativamente alta debido al gran costo fijo de aprox. 7 veces el costo variable por unidad. Este esquema se podría cambiar por ejemplo, si se manufacturan menos partes y se compran más, con lo que sería posible en principio no ocupar un ingeniero ni un asistente, pudiendo reducir el costo fijo a alrededor de \$5,500 USD, pero obviamente los costos variables se dispararían. Esto también involucraría que los gerentes tendrían que hacer prácticamente todo el trabajo, dejando pocas oportunidades de concentrar esfuerzos en el crecimiento de la empresa.

4.4 Gastos Administrativos

Los gastos administrativos usualmente incluyen pago de renta, servicios como agua, luz y teléfonos (locales y celulares), vigilancia, etc. Todos estos conceptos los vamos a considerar en uno sólo que llamaremos “renta y servicios” y lo que consideraremos aparte son los salarios de los gerentes, ingenieros y asistentes. Queda claro que los salarios de los operadores y obreros además de que pertenecen a los costos directos, se están pagando como parte integral de la renta de las máquinas en un concepto que podemos llamar “maquila”. Para efectos de este estudio vamos a considerar los siguientes gastos administrativos:

Tabla 4.2 Gastos administrativos

| Gastos Administrativos | USD |
|-------------------------------|----------------|
| Renta y Servicios | \$1,000 |
| Salario Gerente General | \$2,000 |
| Salario Gerente Operativo | \$2,000 |
| Salario Ingeniero | \$1,200 |
| Salario Asistente | \$800 |
| Salario Operador | \$500 |
| TOTAL | \$7,500 |

4.5 Gastos de Ventas

Dentro de los gastos de venta más importantes podemos considerar la instalación y mantenimiento del sitio web, y publicidad impresa. Pero sobre todo debemos de incluir los viajes a los “aeroshows” o ferias de aeromodelismo, en donde se realiza una gran parte de la promoción de las turbinas e incluso se cierran varias ventas durante estos eventos. Esto resulta muy conveniente, ya que Juan Ramón y sobre todo Felipe de cualquier forma asisten a estos eventos por ser su hobby, y pueden asumir estos gastos por parte de la empresa, y deducir impuestos.

Otro gasto de ventas que hay que considerar es el descuento en el precio de las turbinas que se hace a los distribuidores por comprar al “mayoreo” y mantener un nivel de ventas promedio al año.

4.6 Pronóstico Financiero

Voy a presentar un breve y muy simplificado estudio de los estados financieros. Nuevamente aquí nos topamos con el inconveniente de que la información real es confidencial así que vamos a asumir algunas cosas y a trabajar con datos aproximados. Recordemos que todos los valores monetarios están dados en USD. Las ventas incluyen los varios modelos de turbinas y aviones que se fabrican.

Recordemos que el análisis de los estados financieros es tan bueno sólo como la predicción de las ventas. Sobre los costos y gastos de alguna manera se tiene un poco más de control y por lo tanto son más fáciles de predecir. Normalmente analizaríamos los tres tipos de escenarios: optimista, pesimista y más probable, pero por tratarse de una primera aproximación algo inexacta y por no estar considerando una inversión inicial que represente un riesgo, sólo presento el que creemos es el caso más probable. En este escenario estoy proponiendo un pequeño incremento en el mercado cada año con un incremento también en la participación.

Tabla 4.3 Estado de resultados, balance y razones financieras

| Estado de resultados | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Ventas | 240 | 260 | 260 | 280 | 280 | 300 | 300 |
| C. Ventas | 90 | 100 | 100 | 110 | 110 | 120 | 120 |
| U. Bruta | 150 | 160 | 160 | 170 | 170 | 180 | 180 |
| G. Admin. | 90 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| G. Ventas | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| G. Varios | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Depreciación | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U. Operativa | 35 | 40 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 |
| G. Financieros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U. A. I. | 35 | 40 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 |
| Impuestos | 14 | 16 | 16 | 20 | 20 | 24 | 24 |
| U. Neta | 21 | 24 | 24 | 30 | 30 | 36 | 36 |
| Dividendos | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 30 | 30 |
| U. Retenida | 1 | 4 | 4 | 10 | 10 | 6 | 6 |

| Balance | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ACTIVOS | | | | | | | |
| Circulante: | | | | | | | |
| C/B | 5 | 9 | 11 | 15 | 24 | 26 | 32 |
| CxC | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Inv | 10 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 |
| Otros | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 |
| ACTIVO CIRCULANTE | 40 | 44 | 48 | 58 | 68 | 74 | 80 |
| Fijo: | | | | | | | |
| E/T | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M/E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dep. Acumulada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dep. Periodo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ACTIVO FIJO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ACTIVOS TOTALES | 40 | 44 | 48 | 58 | 68 | 74 | 80 |

| PASIVOS | | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Circulante: | | | | | | | |
| CxP | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| BCP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Otros | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| PASIVO CIRCULANTE | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Largo Plazo: | | | | | | | |
| PLP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PASIVOS TOTALES | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

| CAPITAL | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Capital Social | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| U. R. Acumulada | 10 | 11 | 15 | 19 | 29 | 39 | 45 |
| U. R. Periodo | 1 | 4 | 4 | 10 | 10 | 6 | 6 |
| CAPITAL TOTAL | 31 | 35 | 39 | 49 | 59 | 65 | 71 |

| | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| BALANCE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|

Razones Financieras

| LIQUIDEZ | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Liquidez | 4.44 | 4.89 | 5.33 | 6.44 | 7.56 | 8.22 | 8.89 |
| Acido | 3.33 | 3.78 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 6.56 | 7.22 |
| *Capital Trabajo | 31.00 | 35.00 | 39.00 | 49.00 | 59.00 | 65.00 | 71.00 |
| *Costo Oportunidad | 0.88 | 0.91 | 0.83 | 0.86 | 0.74 | 0.81 | 0.75 |

| ACTIVIDAD | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rotación CxC | 12.00 | 13.00 | 13.00 | 11.20 | 11.20 | 12.00 | 12.00 |
| Rotación Inv | 9.00 | 10.00 | 8.33 | 8.46 | 7.86 | 8.00 | 8.00 |
| Rotación Act. Fijo | | | | | | | |
| Rotación CxP | 18.00 | 20.00 | 20.00 | 22.00 | 22.00 | 24.00 | 24.00 |
| Rotación C.T. | 7.74 | 7.43 | 6.67 | 5.71 | 4.75 | 4.62 | 4.23 |

| APALANCAMIENTO | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Deuda/Capital | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.18 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| Deuda/Activos | 0.23 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |
| Cobertura | | | | | | | |
| *Cobertura Fin. | | | | | | | |

| RENTABILIDAD | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| R. Sobre Ventas | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.12 |
| R. Sobre Activos | 0.53 | 0.55 | 0.50 | 0.52 | 0.44 | 0.49 | 0.45 |
| R. Sobre Capital | 0.68 | 0.69 | 0.62 | 0.61 | 0.51 | 0.55 | 0.51 |
| *Rentabilidad | | | | | | | |

4.6.1 Razones Financieras

Claramente sólo unas cuantas razones financieras de las presentadas tienen significado, mientras que otras incluso no se pueden calcular porque generan una división entre cero, pero de cualquier manera las quise mencionar en la tabla para que se vea a cuales razones me refiero.

Principalmente las razones que NO nos interesan en este caso son las que involucran a los activos fijos y las de apalancamiento. Las razones que nos interesan son de actividad (las rotaciones), en las que se puede observar una operación que crece establemente junto con las ventas.

4.6.2 Flujos de Caja

Esta sección claramente no aplica en el estado actual del proyecto porque aunque logremos determinar los flujos individuales (que se pueden observar en el estado de resultados), como no hay una inversión no tiene ningún sentido hablar de tasas de rendimiento (i.e. TIR) ni valores presentes y futuros, tampoco la relación de beneficio costo, ni periodo de recuperación. Todos estos parámetros mencionados deben de calcularse en caso de que se cambie de enfoque al proyecto, en donde si se considere una inversión inicial. De cualquier manera, sin necesidad de los indicadores antes mencionados se puede ver (dadas las condiciones supuestas) que el negocio es rentable y puede generar buenas utilidades.

5 Plan de negocios

5.1 Planeación Estratégica

De hecho el tema de este trabajo es producir las bases de este plan de negocios. Si revisamos el capítulo 2 vemos que los puntos básicos de la planeación estratégica ya lo hemos llevado a cabo, que es el definir la empresa y su filosofía: misión, visión y valores; también su estructura básica las políticas y el negocio principal. Esto pienso que ya está en un estado prácticamente terminado.

El siguiente paso es hacer los ajustes correspondientes, a partir de un estudio de mercado más profundo al estudio económico y financiero con lo cual se podría preparar un documento formal para ser presentado a los inversionistas, en este caso sólo Felipe y Juan Ramón, que aunque no estarán invirtiendo grandes sumas de dinero, finalmente sí invertirán su tiempo y energías en este proyecto lo cual compromete su propio futuro financiero.

5.1.1 Análisis DOFA

Menciono brevemente 3 puntos en la tabla DOFA que creo son más relevantes y generales que pueden englobar a otros pero no considero necesario desglosar cada caso particular. En general me parece que Jet Central no se encuentra en desventaja respecto a la competencia y para efectos de la planeación estratégica es simple cuestión de aprovechar las oportunidades y fortalezas trabajar en mejorar las áreas identificadas como débiles.

Tabla 5.1 Matriz DOFA

Debilidades

- 1 Se compran e importan las piezas más importantes
- 2 El mercado principal está fuera de México
- 3 México no tiene fama de ser desarrollador de tecnología

Oportunidades

- 1 Buscar proveedores nacionales / Fabricar esas piezas
- 2 Buscar distribuidores en EE.UU. que las tengan disponibles inmediatamente
- 3 Se puede tomar por sorpresa a la competencia

Fortalezas

- 1 Mano de obra relativamente barata
- 2 Estamos muy cerca (comparando con Europa por ejemplo)
- 3 Se reconoce a México como productor de calidad

Amenazas

- 1 Entran a competir países con mano de obra superbarata
- 2 Mayor acceso a las turbinas producidas en EE.UU.
- 3 Otras compañías pueden aprovechar su nacionalidad como mercadotecnia

5.1.2 Modelo del Boston Consulting Group

Recordemos que este modelo sirve para diversificar el portafolio de inversiones o los varios productos de una empresa. Aunque en este caso sólo estamos considerando un tipo de producto (en varios tamaños), me parece que es importante ubicarlo en los cuadrantes para identificar la posición de los productos de la empresa dentro del mercado y decidir su estrategia de inversión-cosecha. Además les sirve a los propietarios para decidir sobre su propia cartera de inversiones personal (que obviamente queda fuera de este estudio).

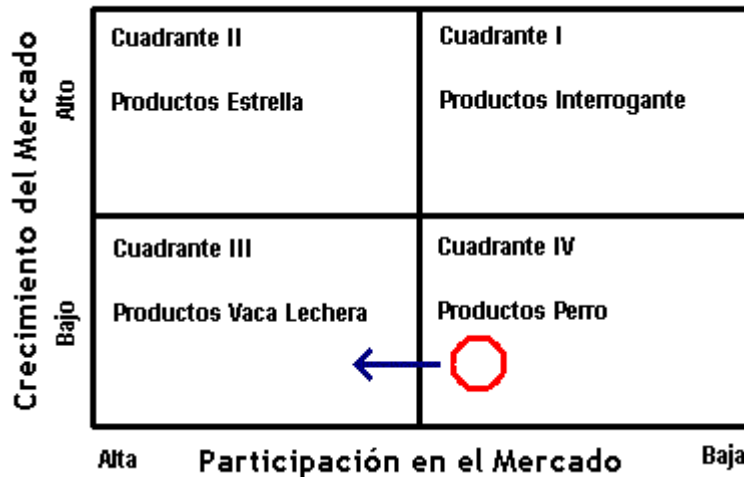


Fig. 5.1 Matriz del Modelo BCG

El círculo representa la que creemos es el posicionamiento actual. Aquí vemos que nos encontramos en un mercado con poco crecimiento (suposición empírica), con una participación del mercado relativamente pequeña (categoría de los productos perro desastroso), por lo que el modelo nos indica tradicionalmente que lo recomendado es no invertir más y cosechar hasta que muera el producto en el mercado. Sin embargo yo creo que este no es el caso ya que el mercado no se está reduciendo, sino que efectivamente crece aunque lentamente. Mi propuesta es tratar de convertir este producto en vaca lechera invirtiendo ligeramente en la mercadotecnia y las redes de distribución, es decir ganar más participación en el mercado.

5.2 Planeación Táctica

La planeación táctica como mencioné anteriormente queda fuera del alcance de este trabajo, pero ciertamente es importante. Esto involucra entre otras cosas:

- Proponer las líneas (virtuales) de producción
- Hacer planes de producción mensual
- Crear hojas de procesos
- Seleccionar e implementar una metodología de calidad (TQM, 6 sigma, etc.)
- Crear un sistema de documentación

Ciertamente esta información ya existe y es simple cuestión de ajustarlas a la nueva organización propuesta.

6 Resultados

Por los resultados preliminares obtenidos con este estudio se ve que es factible consolidar la empresa como independiente y que puede ser rentable por lo tanto mi recomendación es: **Profundizar un poco más este estudio, y de no cambiar mucho las cosas, llevar a cabo la consolidación.**

Recomendaciones adicionales varias:

- Registrar la marca Jet Central en México ante el IMPI, en EE.UU. y en la Comunidad Europea (los mercados potenciales más grandes).
- Comunicar la filosofía de la empresa a todos los accionistas, empleados, clientes, proveedores y al público en general mediante su sitio web y con material impreso (folletos).
- Crear foro de comunidad virtual web en Internet, incluir además de los manuales y documentación técnica pertinente una introducción de qué es y como funciona, historia de las turbinas de gas para aeromodelismo para los novatos (capítulo 1 de este trabajo).
- Estar al tanto en las políticas y reglamentos sobre aeromodelismo, estar involucrados en los principales clubes y comunidades de aeromodelismo de México, EEUU y Europa.
- El Departamento de Ingeniería debe realizar benchmarking regularmente como parte de la I&D de rutina.
- Corregir, completar y poner al corriente toda la documentación técnica, tanto de las turbinas, las piezas y los procesos de manufactura.
- Si el mercado crece a buen ritmo, procurar fabricar la mayoría de las piezas que actualmente se compran para reducir costos y aumentar el tiempo de uso de las máquinas. Esto ayuda a aumentar la palanca operativa, que junto con las estrategias para aumentar las ventas nos lleva a generar mayores utilidades.
- Si el mercado se encoge, hacer lo contrario, comprar ya fabricadas muchas de las piezas y reducir los costos fijos, aplicar la recomendación del modelo del BCG para productos perro desastroso: cosechar hasta que el producto muera en el mercado.
- También fabricar otras piezas que aunque no estén directamente relacionadas con las turbinas, pertenezcan al aeromodelismo o incluso el modelismo en general de manera que se pueda aprovechar la cadena de distribución y de aprovisionamiento para reducir su costo específico (i.e. por unidad) y poder así aumentar las utilidades.
- Los viajes a las ferias y “aeroshows” hacerlos por cuenta de la empresa para meterlos como gastos y deducirlos de los impuestos.
- Negociar concretamente los costos de renta de tiempo de máquinas para tener datos más reales.

Se entregan copias de estos documentos incluyendo la hoja de cálculo para que simplemente se cambien los datos por unos más reales y precisos y en muchos casos se tengan los cálculos actualizados automáticamente y así poder modificar fácilmente este estudio para crear un plan de negocios válido.

7 Conclusiones

7.1 Consecuencias y Beneficios Esperados

Finalmente este trabajo espera que se llegue a la consolidación de la empresa Jet Central administrativa y organizacionalmente independiente de D&M si es lo que les conviene. El beneficio que esperamos es simplemente más claridad en todos los aspectos del negocio, logrando identificar sus propios intereses y objetivos y diferenciarlos de los de D&M, ya que de cualquier manera las turbinas ya se están fabricando y se seguirán fabricando, se consolide Jet Central como independiente o no. Sin embargo la diferencia sutil entre ser independiente y no serlo puede determinar el futuro del negocio de las turbinas de gas para aeromodelismo de Felipe Nieto y Juan Ramón Ruiz.

7.2 ¿Qué Sigue?

Respecto a este proyecto, como he mencionado, lo que sigue es profundizarlo y poner en práctica las recomendaciones que se consideren apropiadas y convenientes.

Pero hablando acerca de las tendencias del mercado y desarrollo de tecnología, Jet Central debe procurar estar a la vanguardia, y por lo tanto quiero mencionar brevemente lo que se espera en el futuro de estas turbinas.

El primero es el desarrollo de la nanoturbina, y en el cual Jet Central lleva el liderazgo con algunos prototipos cerca de ser puestos en producción.



Fig. 7.1 Mike, Jesús y Felipe con la Nanoturbina

Otra tendencia es la de aumentar el empuje a bajas velocidades y reducir el consumo de combustible usando diseños de truboprop (pocos en producción) y turbofan (ninguno en producción). Esto permitirá volar modelos mas grandes y pesados por más tiempo. Esto es a expensas de reducir la velocidad máxima, pero de cualquier manera 400 Km/h es demasiado para la mayoría de los pilotos.

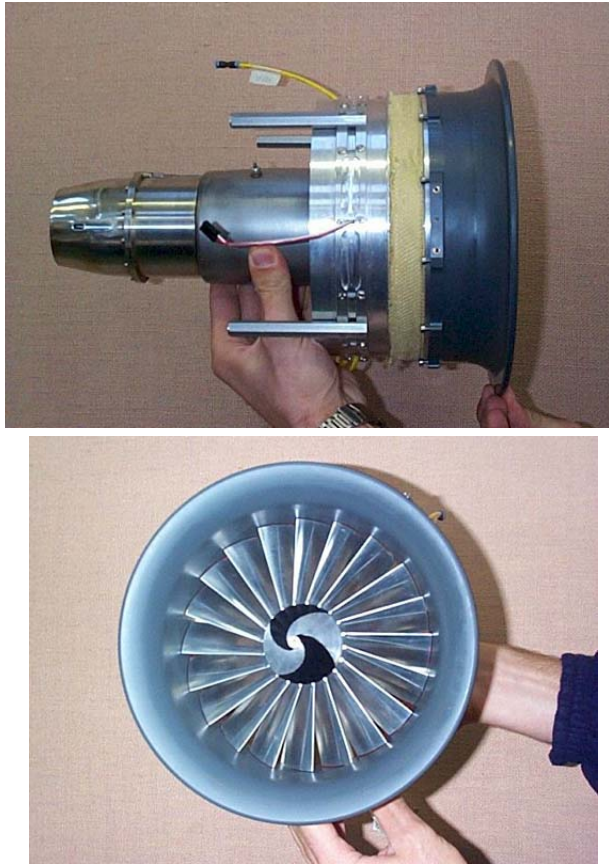


Fig. 7.2 Turbofan para Aeromodelismo

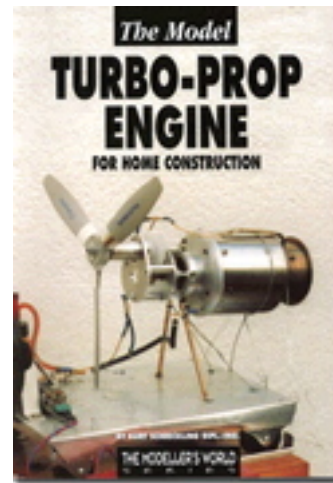
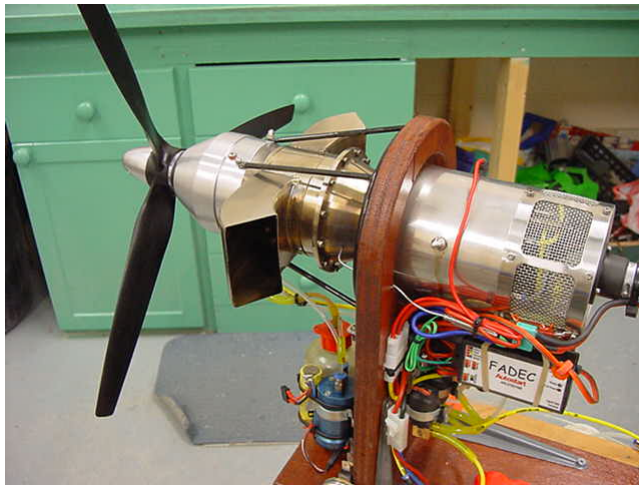


Fig.7.3 Turboprop para Aeromodelismo, y el libro de Schreckling sobre Turboprops

En el aspecto de negocios creo que sería conveniente para Jet Central buscar sociedades y alianzas estratégicas con distribuidores de productos de aeromodelismo y también fabricantes de manera que se garantice la permanencia de Jet Central en el mercado. Finalmente quiero insistir en la importancia que yo personalmente creo que tiene el desarrollo de una buena red de distribución.

8 Bibliografía

Libros:

- Gabriela Baca Urbina, “Evaluación de Proyectos” 4ª edición, McGraw-Hill, 2001
- James Van Horne, “Administración Financiera” 10ª edición, Parsons Education, 1997
- Degarmo, Sullivan, et al, “Ingeniería Económica” 10ª edición, Prentice Hall, 1998
- David E. Gumpert, “How to Really Start Your Own Business” 4th edition, Inc. Magazine, 2003
- Klaus Hünecke, “Jet Engines – Fundamentals of Theory Design and Operation”, Motorbooks International , 1997
- Irwin E. Treager, “Aircraft Gas Turbine Engine Technology” 3rd edition, Glencoe/McGraw-Hill, 1996
- Kurt Schreckling, “Gas Turbine Engines for Model Aircraft”, Traplet Publications, 1994
- Kurt Schreckling, “The Model Turbo-Prop Engine for Home Construction”, Traplet Publications, 2000
- Thomas Kamps, “Model Jet Engines” 2nd edition, Traplet Publications, 2002
- Thomas Kamps, “Radio Controlled Model Jet Guide”, Traplet Publications, 1999
- “Radio Control Jet International” Magazine, Traplet Publications, Issues 49, 50

Apuntes de la Maestría:

- Apuntes de las clases “Diseño del Producto” y Diagrama del Sistema Tecnológico por Alejandro Von Ziegler
- Apuntes de la clase “Temas Selectos de Diseño” por Enrique Requejo
- Apuntes de la clase “Integración de Sistemas de Manufactura” por Beatriz Alejandra Galarza
- Apuntes de la clase “Ingeniería Financiera” por Pedro Freixas
- Apuntes de la clase “Planeación Estratégica” por Jorge Smeke

Referencias de Internet más Relevantes:

- Jet Central, www.jet-central.com
- Diseño y Metalmecánica, www.dym.com.mx
- Advanced Micro Turbines, www.amt.nl, www.usamt.com
- Gas Turbine Builder Association, www.gtba.co.uk
- Página personal de Néstor Charrière sobre turbinas, <http://nestorch.freesevers.com/links.html>
- Wren Turbines, www.wren-turbines.com
- Baird Micro Turbines, www.bairdtech.com/bmt/
- Jet Cat, www.jetcatusa.com
- Artés Jet, www.artesjet.com
- PST Jets, www.pstjets.com
- SimJet, www.simjet.com
- Turbojet Technologies, www.tjt.bz
- SWB Turbines, www.swbturbines.com

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE MAQUINADO JF50 BEE

| 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 | | | | | |
| | Total por Pieza | 42 | 143 | 30 | 30 | 0 | 82 | 51 | 26 | 22 | 28 | 33 | 4 | 19 | 4 | 30 | 19 | 20 | 583 |
| | No. Operaciones | 6 | 9 | 5 | 1 | 0 | 5 | 6 | 6 | 4 | 6 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5 | 4 | 2 | 69 |

Debilidades

- 1 Se compran e importan las piezas más importantes
- 2 El mercado principal esta fuera de México
- 3 México no tiene fama de ser desarrollador de tecnología

Oportunidades

- 1 Buscar proveedores nacionales / Fabricar esas piezas
- 2 Buscar distribuidores en EE.UU. que las tengan disponibles inmediatamente
- 3 Se puede tomar por sorpresa a la competencia

Fortalezas

- 1 Mano de obra relativamete barata
- 2 Estamos muy cerca (comparando con Europa por ejemplo)
- 3 Se reconoce a Mexico como productor de calidad

Amenazas

- 1 Entran a competir paises con mano de obra superbarata
- 2 Mayor acceso a las turbinas producidas en EE.UU.
- 3 Otras compañías pueden aprovechar su nacionalidad como mercadotecnia

Estado de resultados

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ventas | 240 | 260 | 260 | 280 | 280 | 300 | 300 |
| C. Ventas | 90 | 100 | 100 | 110 | 110 | 120 | 120 |
| U. Bruta | 150 | 160 | 160 | 170 | 170 | 180 | 180 |
| G. Admin. | 90 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| G. Ventas | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| G. Varios | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Depreciación | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U. Operativa | 35 | 40 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 |
| G. Financieros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U. A. I. | 35 | 40 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 |
| Impuestos | 14 | 16 | 16 | 20 | 20 | 24 | 24 |
| U. Neta | 21 | 24 | 24 | 30 | 30 | 36 | 36 |
| Dividendos | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 30 | 30 |
| U. Retenida | 1 | 4 | 4 | 10 | 10 | 6 | 6 |

Balance

ACTIVOS

Circulante:

| | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C/B | 5 | 9 | 11 | 15 | 24 | 26 | 32 |
| CxC | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Inv | 10 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 |
| Otros | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 |
| ACTIVO CIRCULANTE | 40 | 44 | 48 | 58 | 68 | 74 | 80 |

Fijo:

| | | | | | | | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| E/T | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M/E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dep. Acumulada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dep. Periodo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ACTIVO FIJO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ACTIVOS TOTALES | 40 | 44 | 48 | 58 | 68 | 74 | 80 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|

PASIVOS

Circulante:

| | | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CxP | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| BCP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Otros | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| PASIVO CIRCULANTE | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Largo Plazo:

| | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| PLP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PASIVOS TOTALES | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

CAPITAL

| | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Capital Social | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| U. R. Acumulada | 10 | 11 | 15 | 19 | 29 | 39 | 45 |
| U. R. Periodo | 1 | 4 | 4 | 10 | 10 | 6 | 6 |
| CAPITAL TOTAL | 31 | 35 | 39 | 49 | 59 | 65 | 71 |

| | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| BALANCE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

Razones Financieras

LIQUIDEZ

| | |
|---------------|-----|
| Inv. Inicial | 260 |
| Valor Final | 20 |
| Periodos | 8 |
| Depre. Lineal | 30 |
| Ahorros | 75 |

| Periodo | Tasa Flujos | 12.00% Valores en t=0 | Periodo Recup. | Tasa Recup. 12.00% |
|---------|----------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| 0 | -260 | -260.0000 | -260.0000 | -260.00 |
| 1 | 105 | 93.7500 | -166.25 | -186.20 |
| 2 | 105 | 83.7054 | -82.54 | -103.54 |
| 3 | 105 | 74.7369 | -7.81 | -10.97 |
| 4 | 105 | 66.7294 | 58.92 | 92.71 |
| 5 | 105 | 59.5798 | 118.50 | 208.84 |
| 6 | 105 | 53.1963 | 171.70 | 338.90 |
| 7 | 105 | 47.4967 | 219.19 | 484.57 |
| 8 | 125 | 50.4854 | 269.68 | 667.72 |
| | | 8 años | 6 años | |
| | TIR | 37.44% | 33.13% | |
| | B/C | 2.037 | 1.660 | |
| | PV | 269.68 | 171.70 | |
| | FV | 667.72 | 425.12 | |

Índice de tablas e imágenes

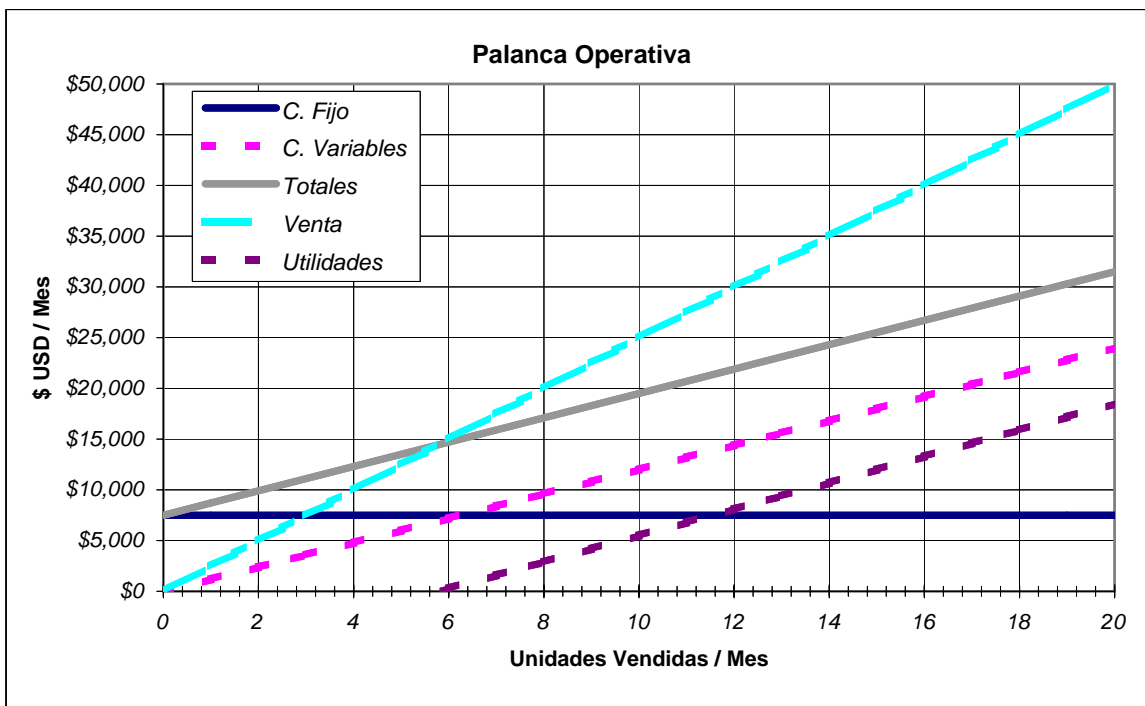
| TABLAS / GRAFICAS | | <i>Corregir</i> | |
|--------------------------|---|-----------------|-----------|
| No. | Título | Página | OK |
| 1.1 | <i>Rango de Costos Típicos de Aviones de R/C</i> | 4 | 1 |
| 1.2 | <i>Formas de Propulsión</i> | 5 | 1 |
| 1.3 | <i>Historia y Características de las Turbinas de Gas a Escala</i> | | |
| 3.1 | <i>Despiece de la JF-50</i> | 25 | 1 |
| 3.2 | <i>Tiempos de Maquinado</i> | 25 | 1 |
| 4.1 | <i>Empresas Competidoras</i> | 28 | 1 |
| 4.2 | <i>Gastos Administrativos</i> | 29 | 1 |
| 4.3 | <i>Estado de Resultados y Balance</i> | 30 | 1 |
| 5.1 | <i>Matriz DOFA</i> | 31 | 1 |

| IMÁGENES / FIGURAS | | | |
|---------------------------|---|----------------|-----------|
| No. | Título | Página | OK |
| | <i>Foto de portada: mamba2, Lote de piezas, avión</i> | <i>Portada</i> | 1 |
| 1.1 | <i>Modelo de un jet con hélice</i> | 5 | 1 |
| 1.2 | <i>Ducted Fan</i> | 5 | 1 |
| 1.3 | <i>Imagen Rueda de la Turbina</i> | 5 | 1 |
| 1.4 | <i>Diagrama de una turbina</i> | 6 | 1 |
| 1.5a | <i>Diseño turbojet</i> | 7 | 1 |
| 1.5b | <i>Diseño turboprop</i> | 7 | 1 |
| 1.5c | <i>Diseño turbofan</i> | 7 | 1 |
| x | <i>Diseño turboshaft.</i> | | 0 |
| 1.6 | <i>El eolípilo</i> | 7 | 1 |
| 1.7 | <i>La Baby Mamba</i> | 7 | 1 |
| 1.8 | <i>La PAL</i> | 7 | 1 |
| 1.9 | <i>FD3, Portada del libro de Schreckling</i> | 8 | 1 |
| 1.10 | <i>La T240</i> | 9 | 1 |
| 1.11 | <i>Portada libro de Kamps</i> | | 1 |
| 1.12 | <i>La J-450</i> | 9 | 1 |
| 1.13 | <i>Familia de turbinas de AMT</i> | 10 | 1 |
| 1.14 | <i>La KJ66</i> | 10 | 1 |
| 1.15 | <i>Thomas, Jesús, Kurt</i> | 11 | 1 |
| 1.16 | <i>Controladores de Gaspar Espiell</i> | 11 | 1 |
| 1.17 | <i>Comparacion KJ66 y JG100</i> | 11 | 1 |
| 1.18 | <i>Las JF-50 y JF120</i> | 11 | 1 |
| 1.19 | <i>Felipe y Juan Ramón</i> | 11 | 1 |
| 1.20 | <i>La P80</i> | 11 | 1 |
| 1.21 | <i>La MW 54</i> | 12 | 1 |
| 2.1 | <i>Logotipo Jet Central</i> | 17 | 1 |

| | | | |
|-----|--|----|---|
| 2.2 | <i>Organigrama Propuesto</i> | 20 | 1 |
| 3.1 | <i>Diagrama de Despiece Explosivo</i> | 25 | 1 |
| 4.1 | <i>Gráfica Palanca Operativa</i> | 28 | 1 |
| 5.1 | <i>Matriz del Modelo BCG</i> | 31 | 1 |
| 7.1 | <i>Mike, Jesús y Felipe con la Nanoturbina</i> | 33 | 1 |
| 7.2 | <i>Turbofan para Aeromodelismo</i> | 33 | 1 |
| 7.3 | <i>Turboprop para Aeromodelismo</i> | | 1 |

Costo Fijo 7500
 Costo Variable 1200
 Precio de Venta 2500

| Unidades | C. Fijo | C. Variables | Totales | Venta | Utilidades |
|----------|---------|--------------|---------|-------|------------|
| 0 | 7500 | 0 | 7500 | 0 | -7500 |
| 1 | 7500 | 1200 | 8700 | 2500 | -6200 |
| 2 | 7500 | 2400 | 9900 | 5000 | -4900 |
| 3 | 7500 | 3600 | 11100 | 7500 | -3600 |
| 4 | 7500 | 4800 | 12300 | 10000 | -2300 |
| 5 | 7500 | 6000 | 13500 | 12500 | -1000 |
| 6 | 7500 | 7200 | 14700 | 15000 | 300 |
| 7 | 7500 | 8400 | 15900 | 17500 | 1600 |
| 8 | 7500 | 9600 | 17100 | 20000 | 2900 |
| 9 | 7500 | 10800 | 18300 | 22500 | 4200 |
| 10 | 7500 | 12000 | 19500 | 25000 | 5500 |
| 11 | 7500 | 13200 | 20700 | 27500 | 6800 |
| 12 | 7500 | 14400 | 21900 | 30000 | 8100 |
| 13 | 7500 | 15600 | 23100 | 32500 | 9400 |
| 14 | 7500 | 16800 | 24300 | 35000 | 10700 |
| 15 | 7500 | 18000 | 25500 | 37500 | 12000 |
| 16 | 7500 | 19200 | 26700 | 40000 | 13300 |
| 17 | 7500 | 20400 | 27900 | 42500 | 14600 |
| 18 | 7500 | 21600 | 29100 | 45000 | 15900 |
| 19 | 7500 | 22800 | 30300 | 47500 | 17200 |
| 20 | 7500 | 24000 | 31500 | 50000 | 18500 |



| Turbina JF50-BEE | | | | Euros (ArtesJet) | | Pesos | USD |
|------------------|---------------------------|---------------|-------|------------------|-------|-------|-----|
| Item | Description | Source | Cost | 14.8 | 11.4 | | |
| 1 | Compressor cover | Manufacture | 95 | 422 | 37 | | |
| 2 | Diffuser | Manufacture | 105 | 466 | 41 | | |
| 3 | Shaft tunnel | Manufacture | 55 | 244 | 21 | | |
| 4 | Magnet | Buy | 10 | 44 | 4 | | |
| 5 | EGV (casting) | Buy | 155 | 688 | 60 | | |
| 6 | Injectors | Buy | 60 | 266 | 23 | | |
| 7 | Exterior case | Manufacture | 105 | 466 | 41 | | |
| 8 | Retaining ring | Manufacture | 50 | 222 | 19 | | |
| 9 | Front cover | Manufacture | 70 | 311 | 27 | | |
| 10 | Exhaust cone outer | Manufacture | 30 | 133 | 12 | | |
| 11 | Exhaust cone inner | Manufacture | 30 | 133 | 12 | | |
| 12 | Exhaust cone support | Manufacture | 15 | 67 | 6 | | |
| 13 | Exhaust cone spacer | Manufacture | 30 | 133 | 12 | | |
| 14 | Shaft | Buy | 75 | 333 | 29 | | |
| 15 | Compressor | Buy | 175 | 777 | 68 | | |
| 16 | Turbine wheel | Buy | 240 | 1,066 | 93 | | |
| 17 | Bearings | Buy | 110 | 488 | 43 | | |
| 18 | Compressor spacer | Manufacture | 11 | 49 | 4 | | |
| 19 | Combustion chamber spacer | Manufacture | 11 | 49 | 4 | | |
| 20 | Compressor nut | Manufacture | 11 | 49 | 4 | | |
| 21 | Turbine wheel nut | Manufacture | 11 | 49 | 4 | | |
| 22 | Spring | Buy | 11 | 49 | 4 | | |
| 23 | Bearing carrier | Manufacture | 55 | 244 | 21 | | |
| 24 | Combustion chamber | Buy | 100 | 444 | 39 | | |
| 25 | Glow plug adaptor | Manufacture | 15 | 67 | 6 | | |
| 37 | Spigot | Manufacture | 15 | 67 | 6 | | |
| 38 | Sensor support | Manufacture | 10 | 44 | 4 | | |
| 38a | Sensor shaft | Manufacture | 15 | 67 | 6 | | |
| 39 | Turbine support | Manufacture | 30 | 133 | 12 | | |
| 30 | Starter spacer | Manufacture | 50 | 222 | 19 | | |
| | | Engine | 1,755 | 7,792 | 684 | | |
| | | ICS Full | 405 | 1,798 | 158 | | |
| costo real | | Starter Motor | 150 | 666 | 58 | | |
| 0.3 | | Fuel Pump | 150 | 666 | 58 | | |
| | | Accesorios | 705 | 3,130 | 275 | | |
| | | TOTAL | 2,460 | 10,922 | 958 | | |
| | | venta web | 2,150 | 31,820 | 2,791 | | |

| Origen | Compañía | Modelo | Precio | Empuje [N] | \$/N |
|--------|-------------------------|----------------|---------|------------|------|
| Sudá | Baird Micro Turbines | 120-KS | \$3,595 | 125 | \$29 |
| Holar | Advanced Micro Turbines | AT180 | \$3,345 | 90 | \$37 |
| Inglat | Wren | MK3 MW54 | \$2,085 | 62 | \$34 |
| Méxic | Jet Central | JF 50 SuperBee | \$2,500 | 62 | \$40 |
| Austr | Turbojet Technologies | 2000 Demon | \$2,700 | 68 | \$40 |
| Sudá | Bay Turbines | Cyclone | \$2,550 | 70 | \$36 |
| Alema | Funsonic (Robartt) | FS25AS | \$2,495 | 53 | \$47 |
| Alema | Jet Cat | P70 | \$2,895 | 73 | \$40 |
| Inglat | Microjet Engineering | HF15 | \$2,500 | 80 | \$31 |
| Tailar | PST Jets | J600R | \$2,470 | 65 | \$38 |
| Dinar | SimJet | 1200 AES-SP | \$2,540 | 70 | \$36 |
| | | | | Promedi | \$38 |