

miguel ángel silva

LOS
VEHÍCULOS
NO TRIPULADOS

los aeromodelistas también van a la guerra

Editorial San Martín

www.radarmalvinas.com.ar

Copyright © Miguel Angel Silva
De esta edición
EDITORIAL SAN MARTIN, S.L.
Difusión: Librería San Martín
Puerta del Sol, 6
28013 MADRID

Impreso en España – Printed in Spain
Por Velograf, Tracia, 17, Madrid

ISBN: 84-7140-317-5
Depósito legal: M. 28029 - 1991

INTRODUCCIÓN

Nadie duda que toda Fuerza Aérea que se precie de tal, debe poseer una combinación apropiada de sistemas bélicos que le aseguren el cumplimiento de su misión, aún en aquellos ambientes de amenazas sumamente densos, como los que cabe encontrar como consecuencia del gran inventario de aviones avanzados y misiles sofisticados disponibles en el mercado internacional.

Esa combinación de sistemas debe permitir, además, una alta probabilidad de éxito al enfrentar las defensas aéreas con que cuenta normalmente el posible oponente, defensas que a veces tienen una capacidad formidable aún en guerras limitadas.

A esto cabe agregar que las Fuerzas de hoy en día se enfrentan con un dilema muy real: deben contrarrestar esas amenazas cada vez más sofisticadas, dentro de los límites impuestos por presupuestos militares restringidos.

Esto nos lleva a determinar que la situación así planteada debe resolverse recurriendo a la inventiva, utilizando a pleno nuestras mentes, y aprovechando en particular lo que nos brinda la tecnología, para lograr la solución con la mínima inversión posible.

Estos hechos, obviamente, apuntan hacia una de las mejores invenciones actuales, los vehículos no tripulados o VeNTri. No los sofisticados y costosos misiles de crucero de navegación programada, sino una gran variedad de vehículos, muchos de apariencias similares a aeromodelos, pero de capacidades insospechadas, y que son los que pueden contribuir en gran medida a la solución buscada.

Aun cuando en el presente trabajo nos referiremos en particular a los VeNTri aéreos, los hay para desplazarse en el terreno, en el mar o bajo su superficie.

Con el continuo avance de la tecnología, este atractivo concepto del empleo de este tipo de vehículos, resulta cada vez más viable como la alternativa ideal, pues la posibilidad de disponer de una plataforma aérea sin las complejidades de un operador humano, ofrece ventajas para una gran variedad de aplicaciones, principalmente en el campo militar, pero cubriendo también necesidades en el ámbito civil.

El interés en estas aeronaves sin piloto se debe: por un lado y como ya dijimos, a los progresos tecnológicos realizados hasta el presente, pues estos vehículos resultan hoy factibles, gracias a los recientes avances en la electrónica, especialmente, en la miniaturización; y su esencia de realización reside fundamentalmente en disponer de computadoras pequeñas y baratas, ya que los VeNTrí resultan realmente útiles cuando son "inteligentes".

Además, son pequeños y de poco costo; ellos rompen la tendencia a sistemas más y más grandes, más y más complicados, y más y más caros, lo que como es lógico, termina traducido en disponer de menos sistemas; por el contrario, los VeNTrí pueden ser más numerosos, y hasta incluso descartables, no sólo porque son baratos, sino también porque no hay vidas humanas directamente envueltas en su operación, pues los "pilotos" permanecen a buen resguardo, lejos del vehículo y sin que sea necesario que arriesguen su vida en misiones peligrosas o a veces suicidas.

Además de no poner en juego vidas humanas, el VeNTrí no tiene a bordo emociones, ni hay necesidades fisiológicas de comer o dormir, pudiendo operar en forma confiable y sin cansancio por horas y horas; pero sobre todo, elimina el sensitivo problema político del prisionero de guerra.

Por otro lado, como son muy pequeños con relación a los aviones tripulados, el enemigo experimenta más dificultades para descubrir su presencia, no sólo por radar o visualmente, sino también auditivamente, pues el sonido de sus motores es lo suficientemente bajo como para que sólo sean detectados cuando están muy cerca.

Esto, agregado a su baja vulnerabilidad, su independencia de áreas preparadas para su recuperación o para su lanzamiento, han sido las razones de su aceptación.

Asimismo, en ciertas aplicaciones, tales como el reconocimiento aéreo, han mostrado poseer performances superiores en comparación con los sistemas tripulados.

Lo hasta aquí indicado nos habla de su auge, el que se debe al entendimiento de las posibilidades brindadas por la interacción de la tecnología y la innovación en el uso operacional de sistemas de armas no convencionales, potenciadas por el impacto que produjeron los resultados obtenidos por los israelíes en la batalla del valle de la Bekaa.

Es por eso que los VeNTrí se han tornado la opción favorita de los planificadores militares y los diseñadores de sistemas, pero la actitud que adoptan no

es la misma, pudiéndose distinguir, por un lado a los fanáticos entusiastas que consideran a estos sistemas como la panaceática solución de todos los problemas; en el otro extremo, se encuentra a los que miran con desprecio a aquellos que consideran con cierta seriedad a estos "juguetes demasiado caros", y finalmente, existe el grupo de los que aprecian la gran capacidad potencial que los VeNTri brindan, y procuran conceptos innovativos que permitan el máximo aprovechamiento de estos aparatos y su inserción armónica en el contexto del resto de los sistemas de armas.

Con anterioridad al éxito israelí, y a pesar de los años que habían transcurrido desde que comenzaron los estudios de este tipo de vehículos, el número de proyectos realizados era sorprendentemente bajo, aun cuando los, VeNTri ya habían dado pruebas de su eficacia en el conflicto de Vietnam, donde se emplearon Firebee modificados para vuelos de reconocimiento y de contramedidas electrónicas, así como para misiones de ataque.

Por ejemplo: se lanzaron Firebee desde las alas de aviones de transporte C-130 para tomar fotografías detrás de las líneas enemigas; eliminando la necesidad de utilizar aviones tripulados de reconocimiento, que tuvieran que someterse al fuego de las armas superficie-aire enemigas para obtener importante información de inteligencia.

Pero tanto en la guerra de Vietnam como en la de Yom Kipur, los VeNTri fueron principalmente utilizados como la última alternativa en situaciones de extrema amenaza y no como procedimiento normal.

Como vemos, la idea de estos vehículos no es nueva, e incluso es anterior a Vietnam, puesto que ciertos, modelos de aviones sin piloto fueron desarrollados intensamente durante la Segunda Guerra Mundial bajo la denominación de "Drones" (moscardón), término que adquirió rápidamente popularidad y con el que a veces, se denomina a los VeNTri.

Estos drones se utilizaron principalmente como blancos en ejercicios de artillería, o como elemento secundario para el reconocimiento fotográfico.

Estos primeros vehículos eran de escaso peso, reducido tamaño y generalmente propulsados por hélice; después de ser lanzados desde una catapulta, volaban un curso predeterminado mediante la ayuda de un autopiloto o de una memoria sencilla, y cuando podían ser controlados remotamente, el operador terrestre sólo podía transmitirles instrucciones limitadas durante el vuelo, tales como cambios de rumbo, además de descenso o ascenso y de autodestrucción.

Salvo algunos modelos, estos vehículos generalmente no eran recuperables.

A diferencia de este "drone", el "RPV" (vehículo remotamente pilotado) es verdaderamente un avión sin piloto, comandado a distancia y en donde las órdenes impartidas son funciones en tiempo real, ya que el lapso transcurrido desde que se ordena una acción hasta que se ejecuta es ínfimo.

El control de estos RPV se efectúa desde una estación terrestre o desde un avión en vuelo, y si bien las operaciones pueden programarse de antemano, el operador tiene la posibilidad de interrogar en todo momento al aparato, para conocer los principales datos del vuelo y "volar" el RPV en la misma forma que un aeromodelista lo hace con su modelo, con la única diferencia que, en lugar de ver a su modelo, lo que utiliza como referencia para sus maniobras es la información que le transmite el RPV, muchas veces fuera del alcance visual de su "piloto".

Los resultados del valle de la Bekaa fueron el booster que impulsó notablemente el desarrollo de los RPV, los que ahora constituyen, en muchos países, uno de los principales programas militares, puesto que a juzgar por la gran variedad de misiones que son capaces de realizar, tienen ante sí un futuro muy prometedor, ya que tanto pueden ser utilizados para reducir la efectividad del enemigo como para afectar a un sistema de radares de defensa aérea, efectuar el reconocimiento aéreo más allá del frente de combate, u orbitar una flota para aumentar su capacidad de detección, así como en la misma forma, extender el alcance de los sensores basados en tierra.

I - COMPARACION CON LOS VEHICULOS TRIPULADOS

Iniciaremos el análisis considerando:

- Qué sucede al dejar en tierra al piloto.
- Cual es la influencia del costo.

La tarea de la tripulación a bordo de un sistema de armas, consiste en operar el mismo y controlar la misión, utilizando para ello las particulares capacidades de percepción de sus sentidos, y la lógica de su cerebro, procesando las señales que registra sobre una situación dada y realizando su análisis, para, basada en éste, tomar decisiones para el consecuente curso de la misión.

En cuanto al avión en sí mismo, éste ha sido diseñado "alrededor" de la tripulación, es decir, procura satisfacer sus necesidades y permitir el ejercicio de sus capacidades en su máxima extensión.

Esto nos permite determinar que la tecnología a aplicar en los sistemas de armas no tripulados:

1. Deberá sustituir las funciones de la tripulación.
2. Podrá desarrollar el vehículo sin considerar su rol de transporte de la tripulación.

La solución que permite sustituir las funciones de la tripulación presenta dos aspectos contrapuestos:

1. Tiende a aumentar la complejidad del sistema, y por lo tanto a incrementar

- los costos.
2. La posibilidad de no tener en cuenta una tripulación a bordo, y por lo tanto eliminar todo lo que ella conlleva, puede ser aprovechada para mejorar las performances y a la vez reducir costos.

Estos dos factores orientan hacia la búsqueda de una solución que los combine en su mejor relación; también es conveniente recordar que cada misión tiene sus propios requerimientos, lo que permite llegar a soluciones óptimas para cada una de ellas.

Si consideramos el más simple de los casos, en un vehículo con tripulación a bordo, ésta consiste en el piloto, el que observa el ambiente que lo rodea, controla sus instrumentos, opera los comandos de su avión y manipula su carga portante según le sea requerido por la situación y la misión.

El paso más obvio por lo tanto, si se desea reemplazar al piloto, es captar información visual sobre el ambiente que lo rodea con un sensor de imágenes (TV o FLIR por ejemplo), y transmitir estas imágenes junto con los datos de actitud y condiciones de vuelo del vehículo al piloto remoto que se encuentra en tierra. Este controlador remoto genera las correspondientes señales de control, las que son retransmitidas al vehículo.

Este concepto simple de RPV ha sido probado en distintos programas de desarrollo, en un principio con resultados que distaban mucho de ser satisfactorios. Los problemas se debían especialmente a la insuficiente capacidad de los sensores de imágenes y las deficiencias de la transmisión de datos, por contraste con lo que podría brindar el ojo humano a bordo del vehículo; a lo que se agregaba la alta susceptibilidad a la interferencia de la información y las señales de control, y la pérdida de confiabilidad del enlace debido a la transmisión sobre grandes distancias.

No obstante, los continuos avances tecnológicos hacen que la opción de eliminar al operador humano a bordo de la plataforma resulte cada vez más real y más práctico.

Pero, ¿por qué insistir en quitar de a bordo al hombre si significa tantos trastornos? Entre otros, existen tres motivos básicos para ello:

1. En ambientes donde existe una amenaza muy elevada con una consiguiente baja probabilidad de supervivencia, los VeNTri resultan ser muy buen reemplazo para reducir las pérdidas de aviones tripulados.
2. Cuando se requiere cumplir ciertas misiones sobre áreas políticamente sensibles, estos vehículos pueden cumplirlas sin necesidad de exponer tripulaciones (ej.: el U-2 de Power) y aún en caso de derribo, el hecho de no contar con un individuo del otro país a bordo, permite que no se pase a mayores.

3. Pero si consideramos los presupuestos militares, probablemente el más importante de los motivos resulte el costo significativamente ventajoso que se puede lograr con los VeNTri en comparación con los aviones tripulados.

¿QUE SUCEDE AL DEJAR EN TIERRA AL PILOTO?

Cuando el piloto deja de ser la medida de todas las cosas en el diseño del avión, se puede desde ya, reducir los requerimientos de carga portante en el peso y volumen que demandan un hombre y su equipo, y junto con ello se puede descartar a la unidad funcional "cabina" completa.

Tampoco se requieren más los criterios de diseño y dispositivos para la seguridad del piloto, por ejemplo no se necesitan ya los costosos sistemas de escape y de mantenimiento de la vida.

Sin un piloto directamente a los mandos del vehículo, los complejos controles de vuelo y el equipamiento electrónico que requiere un avión equivalente pueden permanecer en tierra, y a bordo de la plataforma pueden instalarse sistemas sencillos y de bajo costo.

Otros factores que también son eliminados son los límites de aceleraciones, fijados por la tolerancia del hombre; así las cargas a soportar en las maniobras, quedan sólo determinadas por la mecánica de vuelo y los requerimientos de la misión, permitiendo la realización de maniobras con elevadas G y virajes a regímenes que exceden a los de aviones altamente maniobrables.

Ya no se requiere un tren de aterrizaje reforzado, e incluso se puede recurrir a métodos no convencionales para el descolaje y aterrizaje, tales como catapultas de lanzamiento o recuperación con paracaídas.

Todo esto conlleva a que el vehículo no tripulado puede ser más liviano y pequeño, y además, las complicadas computadoras y el equipo electrónico de tierra no tienen que tener un tamaño miniatura y un diseño especial para resistir los rigores de los vuelos.

No obstante no debemos olvidar que la complejidad y problemas que significan el control remoto o automático, atenúan varias de las ganancias obtenidas con la eliminación del piloto; pero hay un factor sumamente importante, y es que en caso de accidente o destrucción del vehículo no hay riesgo de pérdida de vidas humanas, esto permite concebir libremente operaciones del tipo kamikaze.

A esto debemos agregar, como ya expresamos antes, la ventaja que significa en escenarios políticamente sensibles, el hecho de que no haya un ciudadano a bordo, lo que disminuye la reluctancia al empleo de la plataforma en zonas críticas o más allá de la frontera.

INFLUENCIA DEL COSTO

Finalmente, cabe también considerar a los VeNTri como respuesta a la actual escalada en costos de los vehículos tripulados. La tecnología actual permite que para ciertas misiones estas plataformas sin piloto resulten lo suficientemente baratas como para considerarlas descartables, lo que hace que la ventaja de su precio también constituya un elemento clave.

No es difícil comprender por qué cuestan menos que los aviones: son de menor tamaño y emplean por lo tanto menos material, y éste no es de propiedades especiales, no requieren sistemas sofisticados para la protección o el escape del piloto, y tanto su operación como su mantenimiento resultan menos onerosos.

Como ejemplo, un estudio de la Rand Corp. ha tratado de calcular el ahorro anual de combustible que significaría la operación de un VeNTri en tiempo de paz, comparada con la de un avión F-4 o un A-7.

Los cálculos dieron por resultado que el consumo de combustible por año sería:

- 460.000 galones el F-4.
- 148.000 galones el A-7.
- 2.280 galones el VeNTri.

Para este cálculo se consideró que un VeNTri equipado con dos motores era capaz de descargar una cantidad de armamento comparable con la que llevan un F-4 o un A-7.

Estas diferencias están basadas en que los pilotos de caza requieren aproximadamente 250 horas de vuelo al año para mantener su eficacia, mientras que se calcula que el operador de un VeNTri sólo requeriría 6 horas de vuelo al año (los 2.280 galones) para mantener esa eficacia.

Otro ejemplo es el siguiente estudio publicado por Dornier, hecho en Alemania por H. J. Niessen en 1975 y adaptado a costos de 1981, comparando performances y costos, comparación que es posible sólo en pocos casos dadas las características completamente diferentes de los dos tipos de soluciones. No obstante, la confrontación de algunos parámetros de performances y costos es reveladora.

La comparación, efectuada entre el avión RF-4E (sin radar de observación lateral) y el RPV CL-289, arrojó los siguientes resultados:

	Un ala de reconoc. con RF-4E	Un sistema (9 baterías) de CL-289 de recon.
Personal requerido	1.600	1.100
Costo de adquisición	DM 1,3 billones	DM 800 millones

Costo operativo estimado por año	DM 200 millones	DM 40 millones
Cantidad posible de misiones por día	60 a 100	150 a 200

Como se aprecia en la tabla, el sistema tripulado requiere una vez y media la cantidad de personal y la inversión necesarias para un sistema no tripulado, el costo de operación es 5 veces superior, y la capacidad de misiones posibles por día es la mitad.

Los dos sistemas resultan equivalentes respecto a la cantidad de material fotográfico que pueden proveer, pero no son comparables en cuanto a la flexibilidad de la misión, la profundidad de la penetración y su vulnerabilidad.

Por supuesto, el balance de ventajas y desventajas depende de los requerimientos específicos de cada caso en particular.

Por lo hasta aquí expresado, vemos que uno de los factores más tentadores que presentan los VeNTri es un bajo costo; factor que interviene en todos los aspectos del ciclo vital, en el diseño, producción, operación y utilización.

Si bien las tecnologías aplicadas hasta ahora no han tendido como objetivo primordial al abaratamiento de costos, todos los fabricantes afirman que es factible lograr vehículos de costo lo suficientemente bajo como para que sean descartables.

Para ello se deberá entender que, siendo los VeNTri un concepto distinto, se deben desarrollar nuevas tácticas y procedimientos, así como técnicas especiales, y no simplemente adoptar las de los aviones tripulados. Incluso los requisitos de inspección y procedimientos de mantenimiento se deben encarar en forma distinta, procurando lograr un bajo costo durante el ciclo de vida útil de los vehículos, la que se supone que no será tan extensa como la de los aviones.

Hay, no obstante, muchos subsistemas que deben operar siempre a la perfección, ya que la falla ocasional de alguno de ellos podría causar el fracaso catastrófico de una misión.

Y quizás aquí es donde estriba la mayor dificultad; en determinar si en aquellos casos de misiones complejas los costos de estos sistemas se mantendrán dentro de límites aceptables, como para que su empleo constituya una ventaja neta sobre los aviones tripulados.

Al respecto, los principales constructores de este tipo de vehículos se muestran optimistas ya que aun cuando las cargas útiles resulten sofisticadas y por lo tanto incrementen los costos, la confrontación de éstos con la eficacia será favorable, pues serán capaces de realizar misiones análogas a las de los aviones tripulados pero con menores inversiones.

Por ejemplo, en el caso específico del reconocimiento aéreo, los aviones han dado excelentes muestras de su capacidad, pero cada vez resultan más vulnerables, debido especialmente a los considerables progresos de los sistemas de defensa aérea.

Si al elevado precio de los aviones actuales aptos para estas misiones le

agregamos el de la pérdida de las vidas humanas que lleva consigo el derribo de un avión, no caben dudas de que el uso del VeNTri resulta redituable.

Otro aspecto interesante al utilizar los VeNTri para este tipo de misiones es que les permiten a los observadores "aéreos" escapar a una serie de limitaciones humanas, ya que el observador remoto (en tierra) puede ser reemplazado cada par de horas mientras que el VeNTri no estará cansado antes de que se complete su autonomía o finalice la misión.

Entre las ventajas que este tipo de vehículos pueden brindar a las Fuerzas Armadas, se incluye:

1. El aumento de la movilidad, debido al menor tamaño y peso más ligero de los sistemas.
2. Su capacidad para un mayor estado de apresto que los mucho más complicados sistemas tripulados.
3. La posibilidad de servir como un efecto multiplicador de fuerzas de bajo costo cuando se los usa combinados con sistemas de armas tripulados.
4. La cantidad relativa de personal necesario para las operaciones y sus niveles de capacitación son menores, disminuyendo los requerimientos de adiestramiento.

Pero tal vez la solución lógica al considerar el uso de los VeNTri en reemplazo de los aviones, se logre al responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué se puede lograr como sistema VeNTri con las tecnologías actualmente disponibles?
- ¿Cuáles son las aplicaciones posibles en las que los VeNTri resultan superiores?
- ¿Cuáles son las comparaciones de performances y costos y cuáles los resultados que deben considerarse válidos para la selección de uno u otro?

Probablemente en muchos casos la respuesta será que para algunas misiones resulta necesaria la integración de ambos medios, utilizando las ventajas de uno y otro.

Como prueba de este concepto, en Estados Unidos ya existen este tipo de unidades, como la 355th Tactical Fighter Wing, que en su dotación de aviones incluye al 11th Squadron de RPV; y una demostración cabal de esta integración la

dieron los israelíes en el combate del valle de la Bekaa, con la operación coordinada de VeNTri para vigilancia y marcación de blancos junto con aviones de ataque, a igual que el empleo de los primeros como señuelos para que se activaran las defensas aéreas sirias y así localizar sus emplazamientos.

II - TIPOS Y CONFORMACION

Como el título indica, aquí consideraremos:

- Los tipos de VeNTri
- La conformación de un VeNTri típico

TIPOS DE VeNTri

Actualmente existe una pequeña anarquía de términos con los que se designa a los vehículos no tripulados; en la bibliografía actual leemos sobre drones, RPV (Remotely Piloted Vehicle), UMA (Unmanned Aircraft), Moscardón, blanco telepilotoado, etc., y las definiciones indican que, por ejemplo: un drone es un vehículo aéreo, marítimo o terrestre, dirigido por control remoto o automático, es decir que este vocablo se emplea para abarcar a las aeronaves sin tripulación en general.

El término RPV también es erróneamente aplicado a todos los vehículos sin piloto, cuando en realidad se refiere a aquellos guiados remotamente en tiempo real y fuera del alcance visual del operador, dejando el término "drone" sólo para los que se vuelan dentro del alcance visual.

Como existen otros tipos de vehículos también sin piloto que no se encuadran en estas definiciones, trataremos de hacer una clasificación de estos vehículos, a los que agrupamos en general bajo la denominación de "VeNTri - Vehículo No Tripulado":

1. Remotamente pilotados dentro del alcance visual del operador. Conocidos

normalmente como drones, moscardón o blanco telepilotado.

2. Remotamente pilotados a distancias superiores al alcance visual del operador. Es a éstos a los que cuadra el vocablo RPV.
3. De navegación preprogramada.
4. Plataformas cautivas.

La esencia de la diferencia entre estos tipos de vehículos reside en el sistema de guía o navegación que utilizan. Siendo los RPV los que poseen el sistema de guía más complejo, es hacia ellos que nos orientaremos a lo largo del presente trabajo.

Para aclarar el concepto, digamos que en su operación los RPV son remotamente controlados por un piloto u operador en tierra, utilizando para eso una presentación de una imagen de televisión u otro tipo de sensor que provee un equipo instalado en el vehículo y transmitida al operador en tiempo real.

Se utilizan sistemas de telemetría y sensores diversos para vigilar el vuelo y determinar cómo están funcionando los distintos componentes del aparato. Esto incluye cosas tales como las RPM del motor, temperatura, altura de vuelo, velocidad, inclinaciones y balanceo, ángulo de ataque, desplazamientos laterales e índice de balanceo.

La cámara de televisión u otro sistema de imagen le ofrece al operador en tierra la misma vista que observaría él si estuviera en la cabina del aparato.

En el caso de los drones, en cambio, el operador vuela el dron desde el suelo mientras trata de conservarlo ante su vista, tal como hacen los aeromodelistas con sus modelos radiocontrolados.

Los vehículos de navegación preprogramada por su parte, utilizan el equivalente a un piloto automático que controla todo el vuelo; existiendo en algunos casos la posibilidad de transmitirle al vehículo algunas limitadas señales de comando, o de pasarlo a control remoto cuando está en alcance visual (usualmente para permitir su aterrizaje).

Las plataformas cautivas, se hallan ligadas a tierra por un cable, el que se utiliza para comandar la plataforma y recibir los datos que desde ella se transmiten a tierra.

El resto de las características, tales como carga útil, célula, motor, sistemas de lanzamiento y recuperación, etc., son comunes para cualquiera de los tipos de VeNTri descritos.

Existen otros tipos de vehículos no tripulados y que no obedecen a las funciones de los que aquí analizaremos, tales como:

1. Modelos a escala de aviones reales, o nuevos desarrollos, como el Himat, utilizados para comprobar nuevas ideas y demostrar nuevos conceptos. Estos se asemejan más a los aeromodelos radiocontrolados que a los VeNTri; no obstante se los suele incluir en la categoría de estos últimos.
2. proyectiles guiados, del tipo de los misiles de crucero o armas inteligentes, que utilizan básicamente los mismos principios de guía que los VeNTri. Incluso en algunos casos, los VeNTri son derivados de este tipo de misiles, lo que torna difícil trazar un límite que discrimine unos de otros.
3. Otros tipos de plataformas sin tripulación, diseñadas normalmente para funciones específicas, tales como el Seek Skyhook (radar de vigilancia suspendido de un aerostato), etc.

Los avances tecnológicos recientes han estimulado notablemente el desarrollo de los VeNTri, a tal punto que en algunos artículos especializados se los agrupa en 3 categorías: Maxi, Midi y Mini, de acuerdo con su peso y dimensiones; abarcando desde aviones reales modificados para ser controlados remotamente como blancos, hasta los mini VeNTri.

Esta es la categoría más "popular", ya que resulta la más interesante, por sus posibles aplicaciones y por sus éxitos ya logrados a través del Mastiff, Scout, etc. Es por ello que esta categoría es la de mayor desarrollo, con numerosos estudios tanto en el campo militar como en el civil.

CONFORMACIÓN DE UN VeNTri TÍPICO

Al analizar un sistema VeNTri veremos que el mismo está integrado por los siguientes componentes:

- Vehículo, que comprende:
 - Plataforma
 - Célula.
 - Motor.
 - Dispositivos de lanzamiento y recuperación.
 - Aviónica
 - Comandos de vuelo.
 - Conjunto estabilizador.
 - Conjunto determinador de posición/navegación.
 - Carga Util (uso).
- Estación Remota, para realizar:

- Control de la plataforma.
- Control de la carga útil.
- Recepción de información y procesamiento.
- Sistema de lanzamiento y recuperación.

Este diagrama nos permite observar un detalle: que en general la mayor parte de la bibliografía disponible sobre el tema normalmente sólo trata al VeNTri en su aspecto vehículo-plataforma, y muchas veces sólo se refiere a su célula, olvidando referirse, o tratando ligeramente, al resto de sus componentes.

Es por eso que en el presente trabajo no nos detendremos en la plataforma, ya que ella no es lo fundamental de un VeNTri, prueba de ello son el Scout y el Mastiff, los VeNTri de más renombre actualmente; que no dejan de ser grandes aeromodelos desde el punto de vista célula, pues si los analizamos en detalle, vemos que lo que en realidad los hace efectivos es su carga útil, y en especial su aviónica y la capacidad de control.

Por lo tanto, es sobre estos aspectos que nos extenderemos, luego de una breve referencia a las plataformas.

III - PLATAFORMA (vehículo)

Para analizarla consideraremos:

- La forma de los vehículos
- El material de construcción
- Su vulnerabilidad

FORMA DE LOS VEHICULOS

La forma de los VeNTri está en general supeditada a la técnica de vuelo que emplean, y su variedad es tal que resulta difícil intentar un agrupamiento o clasificación por tipos.

Una de las mayores áreas de VeNTri es la de aquellos que poseen una forma semejante a grandes aeromodelos propulsados por hélice, normalmente diseñados para vuelo bajo y lento, lo que los hace aptos especialmente para todas aquellas tareas relacionadas con el reconocimiento, marcación de blancos o reglado de fuegos.

Con el objeto de satisfacer el mismo tipo de misiones, pero en zonas próximas a su lanzamiento, se han desarrollado algunos que se basan para su vuelo en rotores de sustentación (tipo helicópteros), normalmente dos contrarrotativos.

Para tareas en las que se requieren grandes velocidades, como las de señuelos para simular aviones o misiles de crucero que penetran a distintas cotas, o para ser usados como blancos, se cuenta con VeNTri impulsados por motor a reacción o cohete, que les permiten vuelos supersónicos o subsónicos altos; dotados de superficies alares y combustible como para operar desde pocos minutos hasta 2 ó

3 horas.

Algunos de éstos están diseñados para alcanzar altas cotas (15.000 a 18.000 ft) y luego permanecer planeando hasta por 24 hs. (AQM-34).

Cuando el tiempo de vuelo requerido es breve, y la carga útil mínima, como es el caso de los empleados como blancos, se recurre a derivaciones de misiles que han sido desactivados como tales o son de bajo costo.

Algunos modelos, diseñados originalmente como blancos, han sido a su vez también modificados para convertirlos en vehículos de reconocimiento.

Los soviéticos han hecho otro tanto con misiles de crucero como el T-4A, convertido en el VeNTri de reconocimiento conocido como Yastreb, de alta cota y gran alcance.

Por supuesto, los aviones tripulados que quedaban desactivados como tales, fueron los primeros en sufrir transformaciones para lograr vehículos no tripulados, muchos de ellos fueron convertidos en blancos (F-86, F-102, etc.) o en vehículos de reconocimiento (YAK-25).

Podemos asimismo mencionar a aquellos que utilizan un minidirigible como plataforma (miniblimp).

Ya más específicos, hay VeNTri diseñados en función exclusiva de las características aerodinámicas, que son dedicados a estudios específicos de vuelo, como el Himat o modelos a escala de futuros aviones reales.

Existen otros factores que influyen a veces notablemente en el diseño de la forma del VeNTrí.

Por ejemplo, una carga útil en la trompa obligará a usar una hélice propulsora (aquila), lo mismo sucede si la recuperación es por red (mastíff), o si el lanzamiento es desde contenedores donde las alas deben ser plegables (brave).

Dentro de cada una de estas grandes áreas la banda de las posibles variaciones es grande, y sólo limitada por la imaginación de los diseñadores; un ejemplo de esto lo dan los alemanes, que dentro de aquellos modelos de sustentación por empuje de rotores han desarrollado:

1. El Kiebitz, que presenta la particularidad de que el rotor no es movido por un motor a través de engranajes, sino que se basa en el principio de reacción. Las palas del rotor son giradas por aire frío que escapa a través de válvulas en las punteras de las palas; el aire es provisto por un compresor movido por una turbina de gas, y utiliza el mismo principio, mediante elementos de empuje, para lograr el control alrededor del eje vertical.
2. El Aerodyno, que obtiene su fuerza ascensional y de desplazamiento con una hélice carenada que posee unos deflectores del chorro que le permiten ascender y desplazarse (concepto parecido al del Harrier).

3. El Scout, que logra su fuerza ascensional mediante un volante de inercia.

MATERIAL DE CONSTRUCCION

El VeNTri es un elemento que:

1. Considerados sus posibles usos, se requiere en grandes cantidades.
2. Tiene un alto porcentaje de pérdida o destrucción.

Esto indica que su costo debe ser lo más bajo posible; una forma de lograrlo es recurriendo a materiales y técnicas de construcción nuevas que los abaraten.

Por eso la mayoría de los fabricantes han recurrido a los materiales compuestos, especialmente resinas, las que a su vez y por sus características permiten la fabricación automatizada de grandes cantidades.

Entre los materiales más comúnmente usados encontramos la fibra de vidrio, espuma de plástico, poliuretano, polietileno, policarbonatos, e incluso papel comprimido, recurriéndose a veces también al Kevlar.

Así, la fabricación de fuselaje, alas y estabilizadores con plásticos y espumas moldeados, junto con técnicas de ensamblado sencillas y producción en grandes cantidades permiten disminuir notablemente los costos de las células, haciéndolas descartables.

A esto ayuda el recurrir a componentes comerciales disponibles en el mercado para la propulsión y el sistema de navegación y guía.

De esta forma, lo único valioso es la carga útil, lo que permite que en aquellos casos en que la carga, por sus características no es recuperable, sea porque se la lanza, sea porque es una carga explosiva, al VeNTri en su conjunto se lo diseñe como descartable, simplificando enormemente las operaciones al no tener que preocuparse por la fase de recuperación.

No debe asumirse que lo expresado indica que estos vehículos son endebles, pues los materiales y las técnicas de construcción empleados permiten en muchos casos que soporten aceleraciones superiores a 6 G, y a veces hasta 10 G.

Para simplificar la fabricación y también el traslado hasta la zona en que operarán, los modelos normalmente son desarmables en subconjuntos (alas, fuselaje, motor, etc.), concebidos en forma modular.

La planta propulsora varía según la técnica de vuelo empleada, en el caso de los más populares, los mini, éstos son movidos por pequeños motores, normalmente de dos tiempos, y con potencias que van desde 3 ó 4 HP hasta 30 y a veces 60 HP, como ejemplo, el Skyeye es propulsado por un motor de dos tiempos de 30 HP, fabricado originalmente para motos.

Igualmente las hélices, aún cuando las hay de pitch variable, en general son fijas.

VULNERABILIDAD

Este es un aspecto sumamente importante, dado que los VeNTri penetran, a veces profundamente, en territorio enemigo, haciéndolo a bajas cota y velocidad.

Son las características físicas de la plataforma las que determinarán su grado de supervivencia al fuego enemigo, por eso se procura que sea lo menos detectable posible.

Para el caso de radares, el uso de materiales compuestos en su construcción y su pequeño tamaño ayudan a que su superficie radar sea mínima. Su tamaño también dificulta la detección óptica.

Para disminuir la detección IR, el motor suele estar completamente recubierto, incluyendo sus caños de escape, los que salen hacia arriba para enmascarar aún más los gases de salida.

Se procura asimismo que los motores sean silenciosos para evitar su detección acústica.

IV - GUIADO Y CONTROL

Los aspectos que debemos considerar son:

- Estabilidad y maniobra
- Posición
- Guía
- Enlace
- Regreso autónomo al aterrizaje
- Resto de la aviónica
- Transformación de aviones en VeNTri
- Estación de control
- Control múltiple simultáneo

Un aspecto esencial en el concepto de los VeNTri es el del control remoto, el ejemplo más notable en donde todo el potencial de esta técnica se ha puesto de manifiesto es en los programas espaciales, en los que, salvando las diferencias, y las distancias, el concepto de guiado aplicado guarda mucha relación con el necesario para los VeNTri.

La miniaturización que ofrece la microelectrónica y el incremento de la confiabilidad y la precisión logradas brindan una gran capacidad operacional, la que hace posible que ahora se construyan VeNTri que respondan a las expectativas de diseño, cosa que hasta hace poco no era posible debido a las limitaciones técnicas.

Vemos que a medida que estas limitaciones fueron superadas se fueron logrando VeNTri más eficientes y realistas, y el continuo avance en electrónica permite que el concepto básico pueda ser completamente, explotado.

Se pueden adoptar distintos procedimientos de control, los que pueden ir desde un perfil de misión completamente autocontenida y preprogramada, sin intervención externa al vehículo, hasta la técnica de pilotear remotamente el vehículo y controlar el funcionamiento de los sensores desde una estación de control basada en tierra o a bordo de un avión.

Los diferentes objetivos de cada operación a realizar establecen sus propios requerimientos particulares para la navegación y para otros aspectos de la aviónica del modelo, lo que resulta en una relativamente amplia gama de equipamiento.

El primer problema que enfrentan los diseñadores es lograr posicionar geográficamente a la plataforma, con la mayor o menor precisión que especifica su uso.

Para ello se requiere disponer de un sistema de navegación, y por lo tanto de la necesaria capacidad de comando sobre el vehículo.

Además se requiere que el vehículo posea una adecuada estabilidad, tanto para lograr una correcta navegación como para permitir el buen desempeño de determinado tipo de cargas útiles.

Si el método de control requiere la transmisión de señales de y hacia el VeNTri, será necesario disponer de un enlace de datos, y a veces, de la transmisión de imágenes.

Para lograrlo se han desarrollado una gran variedad de técnicas, algunas de las cuales mencionaremos a continuación.

ESTABILIDAD Y MANIOBRA

Los controles de vuelo de los VeNTri, sean por superficies móviles o por empuje, no sólo deben proveer a su guiado, sino también a su estabilidad de vuelo.

En otras palabras el VeNTri puede ser guiado dentro de su trayectoria deseada sólo si posee un vuelo estable, es decir, no oscila o se bambolea alrededor del eje de su curso.

Por eso, antes de considerar las fuentes de señales del guiado, examinemos primero los componentes claves para lograr la estabilidad del vuelo, los que normalmente consisten en giróscopos, que no sólo sirven para estabilizar la plataforma del VeNTri, sino también para aviones, misiles, torpedos y submarinos.

Existen tres ejes de vuelo sobre los que se puede rotar con movimiento de cabeceo (pitch) rolido (roll) y guiñada (yaw) en forma única o combinada.

Los giróscopos, colocados en función de estos ejes de vuelo, permiten disponer de señales, para mantener al VeNTri en un vuelo estable sobre una dirección de avance dada.

Dos características básicas de los giróscopos los convierten en una herramienta muy importante para la estabilización del móvil y su guiado.

Una de ellas es su rigidez axial en el espacio; la otra es su tendencia a la precesión cuando está sujeto a fuerzas externas.

Cuando un rotor giroscópico adquiere velocidad y está alineado en una dirección dada en el espacio, puede ser usado como una referencia de eje de vuelo para cualquier móvil.

Tomando las señales producidas por los balancines en los cuales el rotor está montado, amplificándolas y encaminándolas a través de apropiados servos y actuadores, moverán las superficies de control de vuelo para hacer que el móvil retome el curso deseado.

Otra importante consideración es el "régimen" al cual el móvil se desvía de su curso, el que puede ser medido mediante la precesión de un giróscopo de régimen (rate gyro) para ser alimentado al sistema de control.

Al conjunto de giróscopos que proveen la estabilidad alrededor de los tres ejes de movimiento del vuelo se lo conoce como "autopiloto".

Lograda la estabilidad en los tres ejes, se requiere ahora lograrla en otros aspectos del vuelo, altitud, dirección de avance y velocidad.

Una altitud constante se obtiene fácilmente al recurrir a un transductor conectado a un sensor barométrico, normalmente complementado por un acelerómetro vertical; otro transductor conectado a un sistema adecuado para medir la velocidad permite, mediante un loop a través del acelerador, lograr una velocidad constante; y un compás facilita mantener el rumbo magnético deseado.

En algunos casos un loop un poco más complejo permite las correcciones de desvío por viento, las que pueden ser efectuadas automáticamente por el autopiloto o bajo comando del operador remoto, según el grado de sofisticación empleado.

Con lo hasta aquí descrito, ya disponemos de un vehículo que se desplaza en forma estable con determinadas altitud, dirección y velocidad.

Queda ahora por considerar como maniobrar al móvil, y uno de los primeros aspectos a tener en cuenta es evitar que debido a las maniobras entre en pérdida, para ello se dispone de un sensor de ángulo de ataque acoplado al autopiloto, que actúa como limitador de cabreado, de forma tal que cualquiera sea el comando que inadvertidamente o no genere el operador remoto, el modelo no excederá un ángulo de ataque tal que lo lleve a la pérdida.

De esta forma el VeNTri volará recto y a nivel a una altitud pre-seleccionada; como el autopiloto actúa en todas las fases de la misión, desde el decolaje o lanzamiento hasta su recuperación o aterrizaje, asegura la estabilidad de la plataforma y la facilidad de su control.

Cuando sea necesario variar las condiciones del vuelo, será este autopiloto el que actuará, sea en forma automática en función de un programa ya establecido en la computadora de a bordo, sea obedeciendo a señales externas transmitidas por el operador remoto desde una estación de control.

De esta forma el autopiloto establecerá determinados ángulos de ascenso o

descenso y altitudes a mantener, grados de viraje y ángulo de inclinación de los mismos, recurriendo para ello a los giróscopos de referencia. Otro tanto hará con la velocidad, ajustando la posición del acelerador.

El hecho de que las maniobras son ejecutadas con un régimen de variación controlado brinda la capacidad de volar fuera del alcance visual del operador remoto.

Como elemento de seguridad adicional, también suele estar incorporado al autopiloto un dispositivo que limita automáticamente las maniobras, para asegurar que el cuerpo de la plataforma no actúe como pantalla en la línea visual del enlace entre sus antenas y las correspondientes de la estación de control remoto.

Como veremos más adelante, para esta eventualidad o aquella en que fallen los sistemas principales de a bordo, el autopiloto también actúa automáticamente para intentar restablecer el contacto o iniciar el regreso al lugar de recuperación, o al menos a zonas ocupadas por fuerzas propias.

En el caso de los VeNTri de rotores, como el Sprite, CL-227, etc. como toda aeronave sin cola son naturalmente inestables, y requieren ser automáticamente estabilizados; esto se logra utilizando las referencias de actitud y rumbo derivados de la plataforma estabilizada que constituye parte de la carga útil.

Lograda esta estabilidad automática, la configuración ofrece simplicidad de control, con un mínimo acoplamiento cruzado entre los modos de control.

El control de ascenso se obtiene en forma convencional incrementando el pitch de ambos rotores, diferenciándose de los helicópteros comunes (de rotor simple) en que no hay prácticamente torque.

El control traslacional es obtenido mediante la aplicación de un pitch cíclico a los dos rotores simultáneamente y un cambio diferencial del pitch colectivo mediante el control de yaw, el que es un control de vuelo muy potente bajo condiciones normales como consecuencia de su simetría axial, que hace que no posea superficies de control aerodinámicas.

Las reacciones del cuerpo del vehículo al torque de los rotores es minimizado por cuanto ambos son contrarrotativos; pero cualquier pequeño desbalance de estos torques o pequeñas asimetrías del cuerpo tenderán a perturbar la actitud de guiñada del vehículo. Esta tendencia es compensada con el control de guiñada (yaw) el que distribuye el torque entre los dos rotores para mantener una orientación fija.

El ángulo de guiñada es referido a un giro direccional, y puede ser comandado como el pitch y roll desde tierra.

POSICIÓN

Lograda la estabilidad y capacidad de maniobra de la plataforma, otro

aspecto a resolver es conocer, con mayor o menor precisión según el uso previsto, cual es la posición del modelo en tiempo real.

Si el vehículo es completamente autónomo, es necesario que a bordo se disponga tanto de esta información como de la capacidad para actualizarla, eliminando los pequeños errores que puede acumular el sistema de navegación empleado.

La posición resulta importante ya que como veremos al analizar los distintos usos, en función de ella el computador de a bordo activará la carga útil, determinará posiciones relativas de blancos que detecta o brindará datos para corrección de fuego de artillería, por ejemplo.

También es necesario que el operador remoto tenga conocimiento, de la posición, para poder pilotear la trayectoria del móvil y saber como se desarrolla la misión, y sobre esa base poder intervenir modificando los programas de a bordo; y además, si el VeNTri transmite imágenes a la estación terrestre, poder relacionarlas con determinadas coordenadas geográficas.

La precisión de posición que se requiere varía para cada tipo de misión, por ejemplo, para una misión de ELINT a grandes distancias y altitud se requerirá un sistema de navegación y guiado que brinde una precisión relativamente modesta luego de transcurrido bastante tiempo, pero si en cambio la misión es de reconocimiento fotográfico a baja cota, será imprescindible la mejor precisión de navegación obtenible, para asegurar que los blancos deseados sean sobrevolados y que los datos obtenidos sean correlacionados con precisión, para este caso vemos que también intervienen en forma fundamental las características de estabilidad de la plataforma.

Tomando otro ejemplo, si el VeNTri será utilizado para hacer el homing en emisiones enemigas, como es el caso del Pave Tiger, sólo se necesita una navegación aproximada hasta cierta zona, en donde la plataforma permanecerá orbitando hasta lograr el homing sobre el emisor enemigo.

Debemos tener en cuenta que en algunos casos, el error de posición admisible es sólo de algunas decenas de metros.

Al realizar el análisis, se debe considerar que hay una serie de factores generadores de error a medida que la plataforma se aleja de la estación de control o permanece largo tiempo en vuelo; éstas son perturbaciones accidentales originadas por el viento, irregularidad en el régimen de funcionamiento del motor, etc.

Otro aspecto que influye en el caso de aquellas plataformas de vuelo programado es el conocimiento cabal de las coordenadas del lugar de lanzamiento y la orientación precisa de la rampa o terreno desde donde se efectuará el lanzamiento o despegue.

El método más simple y el más difundido para determinar la posición consiste en un transponder y sus correspondientes antenas a bordo de la plataforma, el que actúa en función de lo indicado por un decodificador en respuesta a las señales de interrogación que envía un transmisor en la estación de control en tierra,

y que emplea una antena parabólica de seguimiento.

La señal de a bordo incluirá un pulso de rango y la información de altura barométrica, con esto se puede conocer la altura y la distancia directa (slant range), y a partir de ellas calcular la distancia geográfica.

Esta información, junto con el dato angular obtenido con un codificador óptico en el montaje de la antena, más el conocimiento de la posición geográfica de la estación terrestre y su orientación, son utilizados para generar la información de coordenadas y así visualizar la navegación.

El computador de la estación terrestre grafica automáticamente estas coordenadas en una grilla sobre un mapa, ploteando la posición de la plataforma. A partir de aquí y hasta que el sistema realice una nueva interrogación y respuesta, utiliza el conocimiento de los estados de los comandos de rumbo, altitud y velocidad para predecir su posición, actualizándola con cada sucesiva interrogación.

Cuando el operador aprecia diferencias entre la posición actual y la que debería tener según lo programado, interviene transmitiendo nuevos comandos a la plataforma.

Con estos métodos se consiguen precisiones de posición aceptables, por ejemplo la del Skyeye es de 10 miliradianes en azimut y 50 metros de distancia.

Por supuesto esta precisión, a igual que en cualquier radar de seguimiento, estará dada por las características de la antena, su barrido y la frecuencia utilizada.

En general se utilizan emisiones en bandas altas (1 a 5 GHz) para lograr haces estrechos y además asegurar radiaciones sólo dentro del alcance visual (LOS) a fin de disminuir a un mínimo las posibilidades de ser afectado por las CME enemigas. No obstante, hay casos como el del Sparrowhawk que utiliza frecuencias bajas.

Como la antena debe brindar sólo precisión en azimut, algunas son del tipo paraboloide, aumentando su apertura de cubrimiento vertical y facilitando con ello el seguimiento.

Si la carga útil incluye un sensor de imagen, y ésta es transmitida en tiempo real a la estación de tierra, la misma podrá ser utilizada para mejorar la precisión de posición, recurriendo a la navegación visual y comparando la imagen con una buena carta del terreno.

En este caso suele recurrirse a la compresión de imagen de video a través del data link, la que puede ser reformateada para dar una imagen que resulte aceptable para el operador. Esto es especialmente importante si el operador realiza el guiado del modelo manualmente por otros medios.

Como podemos apreciar, en el enlace con la plataforma ya intervienen una serie de señales; a fin de disminuir las emisiones se recurre a distintas técnicas. Marconi por ejemplo ha desarrollado una en la que aprovecha la señal de video que transmite a tierra, y haciendo una comparación por señales diferencia, genera el control de apuntado de la antena.

Para lograr la adecuada actualización de posición requerida para ofrecer la precisión que demanda la carga útil, y al mismo tiempo mantener su vulnerabilidad a las CME dentro de límites razonables, se buscan soluciones de compromiso que permitan efectuar gran parte del vuelo en forma autónoma, complementada con esporádicas transmisiones para corregir los datos de su posición; de esta forma durante la mayor parte de su misión la plataforma es controlada por un autopiloto y un computador de a bordo.

Algunos de estos equipos de a bordo son del tipo inercial strapdown, cuyos componentes claves son los conjuntos de giróscopos y acelerómetros de tres ejes y un pequeño computador para proveer cálculos de transferencia de coordenadas.

El equipo requiere una actualización periódica de posición mediante transmisiones en ráfagas; esto le permite al computador de a bordo calcular y compensar los errores de los giróscopos y acelerómetros y asimismo establecer nuevas estimaciones del viento.

Si la información externa no proviene de la estación terrestre, se debe obtener por otros medios, algunos de los cuales resultan sumamente onerosos según el tipo de VeNTri, siendo aplicables sólo si el tipo de misión lo justifica.

Estos sistemas de apoyo pueden ser el NAVSTAR/GPS, JTIDS, LORAN o TERCOM. Sus características operativas son diferentes y por tanto diferentes sus performances, debiendo determinarse cual es el más adecuado para la misión a la que está destinado el VeNTri.

El JTIDS por ejemplo se refiere a un ámbito y es de una importancia tal en el complejo general del control aéreo táctico, que difícilmente se avizore la posible incorporación al mismo de los VeNTri.

Otros sistemas como el TERCOM constituirían la solución ideal, ya que se dispondría de una navegación automática en ruta, pero su costo por ahora lo limita a aviones de combate y misiles de crucero.

Esto nos lleva a sintetizar que prácticamente el único método actualmente aceptable tanto desde el punto de vista precisión como costo es el basado en el transponder de a bordo, aún a riesgo de ser interferido por el enemigo.

Si como se supone, en algún momento el sistema GPS estará disponible para otros usuarios además de Estados Unidos, ésta sería probablemente la mejor de las soluciones.

GUIA

Lograda la estabilidad de la plataforma y disponiendo de posibilidades para conocer su posición, sólo resta guiarla según la trayectoria deseada.

Los comandos para esa guía pueden ser generados en forma externa al modelo o internamente. Según sus características, algunos de los sistemas requieren para su operación de una intensa participación de un operador humano, mientras que

otros, una vez lanzados no necesitan intervención externa.

Ya podemos apreciar que cuando no se requieren señales externas para el guiado, resulta completamente inmune a la CME.

Para lograr que el vuelo sea completamente autónomo se recurre a las capacidades del autopiloto para mantener una altitud, una velocidad y un rumbo constante, de esta forma el vehículo puede ser programado para volar en línea recta entre dos puntos.

Disponiendo del adecuado computador a bordo, se le puede introducir un programa por pasos con el que alimente al autopiloto y que comprende distintos puntos de notificación (waypoints) que debe bloquear a lo largo de su vuelo, yendo de uno a otro en forma sucesiva, y asimismo con las posibilidades de órdenes incluidas y que signifiquen cambios de altitud o activación de otros subprogramas, como el de regreso al punto de recuperación, de operación de la carga útil, etc.

El programa de la misión es normalmente archivado en la memoria de a bordo justo antes del lanzamiento.

Como ya vimos al tratar el tema posición, las distintas perturbaciones accidentales de vientos, mal funcionamiento del motor, etc., no lo hacen apto para su empleo en grandes distancias.

Habíamos mencionado además otra limitación, la dada por la precisión requerida en la introducción de las coordenadas del lugar de lanzamiento y la orientación de la rampa.

Esto fue solucionado por un método que permite lanzar el ingenio en cualquier dirección. Para ello la primera fase del vuelo es radiocomandada, y se utiliza para reglar y comparar parámetros y compensar la plataforma, midiendo las distintas causas de perturbación del vuelo, viento, empuje, asimetrías, etc.; luego de esto es maniobrado hasta un punto preestablecido desde donde comienza su verdadero vuelo programado.

El último punto de notificación de su programa es el lugar de recuperación, incluyendo una rutina para regresar al modo de control por radio, con lo cual el operador lo lleva a la recuperación.

El método autónomo hasta aquí descrito se halla reñido con uno de los requisitos más importantes para el control de los VeNTri, y es el de disponer de una alta flexibilidad para la realización de la misión, con capacidad incluso de actuar en tiempo real.

Esto se logra plenamente con un sistema de control directo manual en todo momento, pero éste a su vez presenta otros problemas.

En primer lugar se debe aceptar que, aún con sistemas ópticos sofisticados, el rango efectivo es de alrededor de 4 a 5 kilómetros, dado por la línea de vista (LOS), en condiciones atmosféricas ideales y sin encontrarse bajo fuego enemigo.

Por otra parte la emisión continua, o más propiamente, la necesidad de recepción permanente del VeNTri, lo hace sumamente vulnerable a las

interferencias.

Lo expuesto conduce a que el método normalmente aplicado sea un sistema híbrido, conocido como pre-programado, y que consiste en el método ya descrito como programado pero con la capacidad de que un operador externo intervenga en cualquier momento.

Esto permite la carga de la misión preprogramada, los waypoints, cursos y altitudes, así como otras órdenes de activación de la carga útil, sensores, transponders, etc.

El vuelo será monitorado desde una estación de tierra y ésta podrá intervenir en cualquier momento cambiando la ruta, actualizando una posición y si se desea, recargando la computadora de a bordo con nuevas instrucciones, ya sea sobre la base de la imagen de video recibida (si es parte de la carga útil) o de cualquier otra información cuando algo de interés o en desarrollo y no anticipado es sensado en el campo de batalla.

Las órdenes a transmitir pueden incluir giros, cambios de altitud, activar o detener cámaras, designadores, etc., e incluso circuitos de orbitaje tales como ochos o circuitos hipódromos o maniobras evasivas.

Si la transmisión del enlace de datos se interrumpe, el VeNTri continúa su vuelo acorde con el último conjunto de instrucciones y datos de posición recibidos.

El último waypoint será siempre el área de recuperación.

Estas órdenes normalmente son transmitidas en forma de ráfagas, a fin de que el tiempo de enlace sea el mínimo, procurando lograr seguridad en las fases de vuelo vulnerables a las CME; esto se complementa con el empleo de códigos apropiados, la activación del receptor sólo en determinados momentos y por poco tiempo, el uso aleatorio por el operador de distintas frecuencias para realizar el enlace, y el uso de antenas direccionales, dándole pocas probabilidades al enemigo para que analice las señales y emita interferencias.

Por supuesto, el lograr la transmisión de datos y el control del vuelo libres de interferencias, son factores de costo adicionales y significan complejidad.

Para mejorar esto, y aprovechando la capacidad de intervención en cualquier momento que posee el operador remoto, el VeNTri puede ser programado para evitar las áreas donde se están realizando interferencias, haciendo que las bordee.

Para el guiado de los RPH, como ya mencionáramos al hablar de su estabilidad, se recurre a los controles de ascenso y traslación; este último es efectuado por el comando de pitch y roll, normalmente generado mediante un joystick con posibilidad de ser trabado en cualquier posición por fricción, así, la dirección y velocidad del vuelo son el resultado directo de la posición del joystick, lo que facilita su operación, y además permite conservar la actitud de vuelo por todo el tiempo que se desee, con pequeñas correcciones ocasionales debidas a vientos o errores de estimas.

A esto ayuda la posibilidad de alinear la imagen del sensor con los ejes de

pitch y roll del autopiloto, de forma tal que el vehículo pueda ser volado siguiendo, mediante los movimientos del joystick, las referencias del terreno que el operador remoto visualiza en la imagen transmitida a la estación de control.

ENLACE

Los requerimientos de comando y control que demanda la plataforma controlada remotamente son extensos, por ello el enlace de datos es uno de los dispositivos claves de tal sistema.

Al considerar las cargas útiles, varias de las aplicaciones actuales comprenden la recuperación post misión de los datos del sensor (muchas veces fotográfico), pero, como veremos al tratar el tema "usos", las características del combate moderno hacen que, además de conocer en todo momento la posición y estado de la plataforma, se requiere información de los sensores en tiempo real, especialmente cuando la misión primaria es el reconocimiento, la vigilancia del campo de combate o el lanzado o control de armas y marcado de blancos.

Por eso suele decirse que la carga útil será sólo tan buena como lo es el enlace de datos que la conecta con el operador remoto.

Las bandas de frecuencia más eficientes y efectivas para los enlaces de datos son aquellas limitadas al alcance visual (LOS), aún cuando a veces sea necesario recurrir a una estación retransmisora, la que puede muy bien ser otro VeNTri, un avión tripulado o una estación terrestre adelantada, la que incluso puede recurrir a antenas suspendidas de globos para aumentar su alcance.

A través de lo relatado hasta aquí, podemos ya comprobar que existe una serie de señales que unen al VeNTri con la estación de control; desde la estación se transmiten las señales de interrogación para posición y las órdenes de comando, y desde a bordo, se emiten las respuestas del transponder, información de altura, velocidad, rumbo, telemetría y demás parámetros necesarios para la operación y que permiten monitorear el funcionamiento del vehículo y su carga.

Si la carga incluye un sensor de imagen en tiempo real, ésta será transmitida a la estación de control, para lo cual se requerirá un enlace en banda ancha.

En algunos casos estos datos son transmitidos en bandas separadas, mientras que en otros sistemas, todos o la mayoría son transmitidos en la misma frecuencia, recurriendo a técnicas de codificación, siendo común la codificación por pulso.

El Skyeye por ejemplo utiliza un transmisor en 421 MHz con un codificador/decodificador en tierra y otro a bordo con 12 canales analógicos y 24 digitales codificados para enlace de comandos y datos, y un transmisor de banda ancha operando en 1519 MHz para la transmisión de la imagen de video, aprovechando las bandas laterales para telemetría.

El Wisp en cambio, utiliza dos alimentadores de antena y un comparador, los que generan señales suma y diferencia.

La primera constituye la señal de radiofrecuencia principal, la que luego de demodulada provee la señal de video para visualización en las consolas de control, mientras que la última genera la señal que controla el apuntado del sistema de seguimiento.

En cuanto a la banda de frecuencia en que emiten, la mayoría emplea las bandas G/H ó I, aunque hay diferencias de conceptos, ya que como vimos el Skyeye lo hace en C y D, mientras que el Machán lo hace en 68 MHz.

Recurriremos a Vega Precisión Inc. para ver las características de un equipamiento típico.

El sistema completo de a bordo para el comando y los datos de vuelo consiste en dos antenas de varilla, una llave selectora de antena, un transponder y un decodificador de interrogación/codificador de datos.

Las antenas están montadas en las partes superior e inferior del vehículo para asegurar su enlace cualquiera sea la actitud de la plataforma, y la selección de una u otra la realiza el decodificador según ocurran interrupciones de la lógica de comando.

El decodificador/codificador tiene 8 salidas de comandos proporcionales y 16 discretos, y acepta 16 entradas de datos de telemetría proporcionales y 20 discretos.

Esta instalación provee todas las funciones necesarias para el comando, enlace de datos del vuelo y seguimiento; opera en el rango de frecuencias de 5,4 a 5,8 GHz.

El conjunto de a bordo recibe interrogaciones radar desde la estación de control terrestre en un formato de comando de 4 pulsos, decodifica y distribuye los comandos a la aviónica, codifica la telemetría en un formato similar para transmitirla hacia la estación, y provee el pulso de disparo del transmisor.

El primero de los pulsos sirve para aumentar el seguimiento, y el grupo completo provee la telemetría.

El transmisor de video de a bordo es una unidad de frecuencia simple en FM controlada a cristal, que provee 20 watts de potencia promedio de salida en el rango de 1,71 a 1,86 GHz, con un ancho de banda de 20 MHz y con una estabilidad de 0,005 % de la portadora, lo que permite una imagen de 800 líneas de resolución.

El sistema de antenas es similar al empleado para datos.

Como ya lo mencionáramos antes, el enlace da oportunidad al enemigo, tanto para recibir las señales, como para interferirlas, por eso se debe recurrir a técnicas y procedimientos de CCME e incluso a antenas direccionales.

La interferencia no sólo proviene a veces del enemigo, vayan como ejemplo las pruebas realizadas por la Marina de EEUU en Camp Lejeune con un grupo de Mastiff de Tadirán, cuyo enlace fue interferido por las señales UHF del canal 6 de televisión, provocando la destrucción de uno de ellos.

Recién mencionamos las antenas direccionales, en el caso de los VeNTri de rotores (CL-227, Sprite, etc.), como el aparato no tiene una dirección de vuelo aerodinámicamente preferencial, los ejes del cuerpo pueden, por lo tanto, ser controlados automáticamente en azimut por el sistema de control de vuelo en conjunción con el computador de la estación de control; esto le da habilidad para mantener, mediante la simple rotación del cuerpo, una antena de haz estrecho apuntando continuamente hacia la estación, disminuyendo las posibilidades de interferencia.

REGRESO AUTÓNOMO AL ATERRIZAJE

Para permitir al VeNTri un regreso autónomo hasta el punto en donde va a ser recuperado, sea para facilidad de la operación, sea ante la eventualidad de fallas en el sistema de control primario y con el fin de asegurar el regreso al propio territorio, evitando su captura, a bordo del aparato se instala un receptor de homing, el que trabajará en conjunción con una baliza colocada en el punto de recuperación.

Para aquellos casos de regreso autónomo, hacia el final del vuelo el computador de a bordo activa un programa que hace que el vehículo efectúe el homing sobre la baliza terrestre que se activa en el área de recuperación, la que permite posicionar al modelo para la fase final de aproximación y asegurar la precisión del aterrizaje.

El mismo sistema es activado en caso de falla de los equipos principales.

Si durante la misión, cualquiera sea la fase en desarrollo, la señal de comando se interrumpe durante un intervalo mayor del preestablecido o disminuye por debajo de los niveles requeridos para un control positivo, sea consecuencia de CME o por causas naturales, el vehículo automáticamente continuará bajo el control de navegación preprogramada hasta que el enlace se restablezca, y si esto no se logra, la plataforma ascenderá a mayor altitud procurando lograr el enlace.

Si con esto tampoco se tiene éxito, el VeNTri colocará rumbo hacia su estación de control, incrementando su distancia a la fuente de interferencia y reduciéndola respecto a su transmisor de comandos, si esto también falla, el programa activa la unidad de guiado final para la recuperación.

RESTO DE LA AVIONICA

A lo largo de los títulos anteriores ya se fue describiendo parte de la aviónica, compuesta por:

1. Los conjuntos que le brindan la referencia de actitud, estabilidad en los tres

ejes y mantenimiento de rumbo, altitud y velocidad, todos ellos con sus correspondientes interfases y transductores, así como los servoactuadores que controlan las superficies de control y acelerador.

2. Un adecuado sistema de navegación, complementado a menudo por un equipo sensor doppler que provee un modo de control de altura cuasi del tipo seguimiento del terreno, con lo que permite el vuelo a baja cota y la consecuente reducción en vulnerabilidad. A lo que agrega, según el equipo, precisiones de navegación con errores del orden de 3-5% de la distancia recorrida.
3. Un transponder y sus componentes relacionados para conocer la posición de la plataforma.
4. Sensores del estado de la plataforma y su carga útil.
5. Actuadores de la carga útil y sistemas de recuperación.
6. Componentes diversos (receptores, balizas, emisores IR, detectores, etc.) para ayuda a la recuperación o aterrizaje.
7. Equipos para las funciones BITE.

Todo ello, por supuesto, proveyendo datos al computador de a bordo, quien, adecuadamente programado, atiende a la correcta ejecución de todas las funciones de a bordo y el enlace con la estación de control remoto.

El computador también apunta las antenas orientables del enlace y transfiere el control desde una estación a otra, e inicia automáticamente la recuperación en caso de pérdidas del enlace.

Vemos que, como resultado de las performances exigidas y las funciones asignadas, su aviónica se ha hecho en algunos casos tan compleja como la de los aviones tripulados.

La evolución ha requerido el uso de computadoras más complejas, en algunos casos tan complejas que requieren de una sofisticada electrónica, la que es factible gracias al abaratamiento de los componentes.

Además, la expansión del mercado de las computadoras ofrece una variada gama de equipos entre los cuales es posible elegir según las características de cada VeNTri y su misión.

Es así que se puede contar con computadoras analógicas, digitales o híbridas, con ventajas y desventajas de unas sobre otras. La elección dependerá entre otros, de factores tales como resolución, facilidad de utilización de los cálculos, adaptabilidad a los cambios de programa, complejidad de su programación, tiempos

de cálculo, etc.

TRANSFORMACIÓN DE AVIONES EN VeNTri

La existencia de gran cantidad de aviones radiados de servicio ofrece la posibilidad de contar con plataformas baratas y aptas para ser transformadas en VeNTri, ya que sólo es necesario dotarlos con los sistemas de control remoto y realizar el interfase entre éstos y los comandos del avión.

En algunos casos, como los QF-86, QF-100 ó PQ-102 se han desarrollado conjuntos de control específicos para cada avión, pero una fábrica inglesa (Flight Refuelling) en cambio, desarrolló un kit denominado "Universal Drone Pack - UDP" (conjunto drone universal) que permite disponer de un sistema montado en un único módulo, preparado para calzar en los rieles del asiento del piloto, y que permite que la mayoría de los aviones sean convertidos fácil y rápidamente en versiones no pilotadas, con sólo pequeñas modificaciones a sus sistemas de control de vuelo convencionales, y sin degradar las performances normales de la versión tripulada.

Hace poco la fábrica citada llevó a cabo las pruebas de esta nueva concepción en un Sea Vixen.

ESTACIÓN DE CONTROL

La Estación de Control es el Centro desde donde se comanda y controla al VeNTri tanto en su aspecto plataforma como en lo relativo a su carga útil:

1. Realizando su seguimiento.
2. Recibiendo los datos de telemetría, video y performances de la plataforma y de su carga útil, procesándolos para su presentación a los operadores en tiempo real.
3. Transmitiendo las señales de comando para la navegación y para la activación y control de la carga útil.

Estos Centros están equipados no sólo para el control de los vehículos, sino también para ejecutar el planeamiento de las misiones e introducir en las computadoras de a bordo el programa correspondiente a cada misión.

Esto puede hacerse mediante un programa que se carga en la computadora del vehículo, o directamente desde la consola de operación de la estación, introduciendo los datos en forma de coordenadas mediante un keypad y el

correspondiente teclado de la computadora de la estación.

Para ello se recurre a métodos y sistemas basados en un software adecuado, ya que el planeamiento correcto de la misión es de decisiva importancia debido a que su realización secuencial, una vez lanzado el modelo, es automática.

Debido a las posibles eventualidades durante el desarrollo del vuelo, es necesario disponer de capacidad para realizar este planeamiento aún durante la operación.

Además, la Estación debe tener capacidad para realizar el análisis de la información que brinda la carga útil cuando ésta se refiere a misiones tales como el reconocimiento, vigilancia del campo de batalla, marcado de blancos, reglado de artillería, etcétera.

Incluso, en algunos casos, puede poseer capacidad para servir como un Centro de Comando y Control (C³I) reducido.

Al margen de ello, estará enlazada con el resto de los elementos de combate que intervienen en su zona de operación, disponiendo de medios para retransmitir la información que obtiene a usuarios directos.

Para extender su alcance, se las suele complementar con estaciones de control portátiles que guían al VeNTri desde un sitio remoto (a veces el de lanzamiento), hasta que hacen enlace con la estación principal.

Igualmente, es factible realizar la transferencia de los modelos de una estación a otra, debiéndose tener en cuenta sólo que el VeNTri se encuentre en el LOS de ambas estaciones.

El corazón de la estación lo constituye la consola de los operadores; normalmente la tripulación está conformada por un operador encargado del vuelo del VeNTri y un operador responsable de la carga útil, a veces denominado observador; en algunos casos la tripulación es completada por un tercer hombre encargado del seguimiento.

La consola dispondrá tanto de pantallas de video y alfanuméricas como de instrumental para monitoreado, a igual que de una serie de comandos.

El operador de vuelo, sea que cumpla la función de monitoreado cuando el método empleado es el preprogramado, sea que actúe por comando directo, dispone de medios para verificar las performances y el estado de la plataforma y poder seleccionar los modos de vuelo más convenientes, para lo cual dispone de una botonera de comando y de controles tipo joystick.

La información de que dispone, le permite conocer entre otros datos el rumbo, altitud, RPM del motor, combustible remanente, régimen de ascenso, velocidad, régimen de rolo, de guiñada, pendiente de planeo, etc.

Si en la carga útil el VeNTri incluye un sensor de imagen, puede utilizarla para realizar un vuelo visual.

Complementando la información, en una carta se va graficando en forma automática la posición y trayectoria del vehículo.

El operador de la carga útil por su parte, dispone de información sobre el

estado de ésta y sobre las condiciones de operación de los distintos equipos, contando con comandos para activarla, orientarla, etcétera.

Según el modo de operación que se seleccione, será la forma en que actuarán los comandos de la consola, por ejemplo en el caso del Skyeye se puede operar en los modos:

1. Régimen: En el que se usan dos controles tipo stick (comunes a cualquier equipo de RC), para controlar el régimen de ascenso /descenso y el de giro a izquierda o derecha, mientras que un comando adicional del acelerador ajusta la velocidad. Este modo es utilizado cuando se requieren maniobras continuas del modelo.
2. Actitud: En el que los mismos controles tipo stick sirven para comandar los ángulos de pitch, roll y yaw junto con el acelerador.
3. Automático: Que utiliza potenciómetros en lugar de los sticks, con los que el operador ajusta rumbo, altitud y potencia del motor. El vehículo alcanza y mantiene estas condiciones hasta que los comandos son variados nuevamente.

El Wisp de Marconi en cambio, sólo utiliza un stick, el que dará dirección y velocidad de avance, utilizando un potenciómetro lineal para control de la altura.

Cuando el VeNTri está próximo a la estación de control, normalmente en el lanzamiento o la recuperación, para obviar los inconvenientes que presentan las antenas direccionales, se recurre a un enlace de microondas de corto alcance con antenas omni. Esto permite que el vehículo ascienda y se aleje bajo control, hasta una distancia compatible con la mínima adquisición del enlace mediante la antena de seguimiento principal. Una vez logrado este enlace, se efectúa la transferencia del control.

El método de control de HiMAT lo consideraremos por separado, por un lado por su uso específico, y por otro porque las características de empleo del comando que se ejerce sobre él, difiere de los utilizados para los otros VeNTri, pues para su control remoto el piloto del HiMAT cuenta con todos los controles normales, palanca, pedales, instrumentos y acelerador a igual que los de un avión, contando además con una pantalla de televisión, que le ofrece al "piloto", la misma visión que tendría a bordo del modelo.

CONTROL MÚLTIPLE SIMULTÁNEO

El desarrollo de VeNTri empleados para saturación o ataque a defensas o

Centros de C³ (Pave Tíger) lleva a la necesidad de ejercer el control simultáneo sobre gran cantidad de estos modelos.

Aun cuando la tecnología actual nos permite emplearlos de cualquier forma imaginable, su eficacia para la saturación de defensas o ataque está ligada a la capacidad de realizar operaciones coordinadas de varios vehículos en forma simultánea.

Imaginemos que si cada modelo utilizado en una fuerza de ataque debe ser controlado en forma individual, el esfuerzo y el costo no resultarían redituables.

Por fortuna, ya con el programa Combat Angel se desarrollaron técnicas que permiten a una sola tripulación, controlar cuando menos ocho vehículos simultáneamente mediante un monitoreo secuencial.

LANZAMIENTO Y RECUPERACIÓN

- **LANZAMIENTO**
 - por decolaje convencional
 - por catapulta hidráulica o neumática y riel de guía
 - por lanzador de largo cero
 - desde contenedor con booster
 - desde camión
 - desde cuna con ruedas (dolly)
 - desde plataformas aéreas nodrizas
 - desde pod
 - mediante cohete balístico
 - de vehículos con rotor tipo helicóptero

- **RECUPERACIÓN**
 - con tren de aterrizaje convencional
 - sobre esquís
 - mediante red
 - utilizando paracaídas
 - por helicóptero

Aunque en un comienzo los VeNTri utilizaron el sistema de decolaje convencional, mediante tren de aterrizaje con ruedas, a similitud de los aviones e incluso de los aeromodelos a los cuales se asemejaban, pronto se apreció que en el caso de algunos de ellos (los mini), sus escasos peso y tamaño permitían recurrir a métodos no convencionales para su lanzamiento y recuperación, con las ventajas que significa no depender de pistas o terrenos preparados.

Las breves descripciones que siguen muestran los métodos empleados en la

actualidad, los que en su variedad van desde los más simples, hasta aquellos diseñados para su operación en forma automática, con capacidad para lanzar y recuperar vehículos en forma continua, tanto de día como de noche.

LANZAMIENTO

Debemos hacer un distinguo entre aquellos sistemas de alas fijas y los que logran su sustentación mediante rotores; para los primeros las variantes a las que se puede recurrir son:

1. Por decolaje convencional.
2. Por catapulta hidráulica o neumática.
3. Con lanzador de largo cero.
4. Desde contenedor.
5. Desde camión o pickup.
6. Desde plataforma aérea.
7. Desde una cuna con ruedas (dolly).
8. Desde pod.
9. Mediante cohete balístico.

Por decolaje convencional

Es el normalmente utilizado por aquel tipo de vehículos cuyo peso no permite aplicar alguno de los otros métodos.

Tiene la limitación que requiere de pistas preparadas, con lo cual queda sujeto, por lo tanto, a las mismas restricciones que los aviones tripulados, sin flexibilidad en cuanto a los lugares desde donde operar.

Este tipo de lanzamiento establece por sí la ubicación de la carga portante, que no podrá estar bajo el fuselaje, posición muy deseada cuando se trata de sensores de reconocimiento que requieren de su rotación en los 360°, salvo que la altura del tren de aterrizaje ofrezca el suficiente despeje.

En este grupo se encuentran generalmente los llamados maxi y aquellos aviones originalmente diseñados para ser tripulados (F-86, F-100) y luego modificados para ser remotamente controlados (QF-86, QF-100).

Con catapulta hidráulica o neumática y riel de guía

Este método ofrece la libertad de operar desde cualquier terreno,

requiriendo eso sí, un sistema de lanzamiento especial, normalmente conformado por uno o dos rieles de guía por los que corre el vehículo, que es impulsado por una catapulta del tipo hidráulico o neumático hasta alcanzar una velocidad adecuada para lograr su sustentación propia en vuelo libre.

Es uno de los procedimientos más difundidos actualmente (Aguila, Scout), ya que todo el sistema de lanzamiento y el vehículo son de concepción simple, fácil de operar y sencillos de transportar, sea que el conjunto de lanzamiento esté montado en un remolque o integrado a un camión, siendo esto último lo más común.

Además de permitir la operación desde cualquier terreno, ya que basta que sea accesible para el vehículo que lo transporta, el lanzamiento puede ser efectuado tanto de día como de noche o con tiempo adverso.

Producido un lanzamiento, el sistema queda pronto para el siguiente en cuestión de minutos, ofreciendo una cadencia más que adecuada para una operación continua, del tipo multimisión o múltiple, con la sola restricción del peso del vehículo. Las catapultas actuales son capaces de operar con VeNTri de más de 150 kg.

Algunos dispositivos como el del Scout consisten en dos rieles paralelos y un depósito de aire comprimido montados sobre un camión. El depósito de aire comprimido es cargado por el compresor del camión u otro adecuado, simplificando la operación. En este caso, el fuselaje del vehículo, ha sido adaptado para apoyarse sobre unos patines, que deslizan sobre los rieles.

Otros, como el minidrone de Dornier, poseen una catapulta hidráulica y el vehículo se apoya en una cuna; en otros casos el modelo se desliza colgado de un único riel.

Lanzador de largo cero

En esta técnica el VeNTri es lanzado desde una rampa mediante el empuje de uno o más cohetes booster, que le permiten alcanzar en pocos segundos su necesaria velocidad de sustentación, tras lo cual los booster se separan automáticamente; el vuelo a partir de aquí es mantenido por el motor, sea a hélice o turbojet.

Como el despegue se efectúa por medio de los boosters de empuje, no se requiere de rieles de guía y por eso este método suele ser conocido como lanzador de largo cero.

La simplicidad de estas rampas permite utilizarlas como lanzadores individuales, y resultan muy útiles cuando la frecuencia de lanzamiento requerida es superior a la ofrecida por las catapultas, tal el caso de aquellos VeNTri del tipo descartables utilizados en gran número para saturación de las defensas.

Lanzamiento desde contenedor con booster

Como resultado de la evolución del método anterior, últimamente ha surgido una variante que utiliza al propio contenedor de transporte y almacenaje también como rampa de lanzamiento, simplificando la manipulación y disminuyendo los tiempos. En algunos casos, como el del Pave Tiger o el PAD, el vehículo se encuentra plegado dentro de su contenedor, desplegándose inmediatamente después de su lanzamiento.

Lanzamiento desde camión

Como el objetivo a lograr en el lanzamiento es que el VeNTri adquiriera la suficiente velocidad como para que pueda sustentarse por sí mismo, una alternativa es alcanzar esa velocidad en el vehículo portante.

Esta técnica consiste en montar al VeNTri en un soporte o cuna construido sobre un camión o pickup; para el lanzamiento el camión acelera hasta adquirir una velocidad adecuada para que el modelo logre sustentación, en ese momento éste es liberado e inicia su vuelo.

Lanzamiento desde cuna con ruedas (Dolly)

Como alternativa del camión o pickup, Marconi adoptó para sus VeNTri Machán un pequeño carro con ruedas tipo triciclo (ver dibujo de la figura 8) con capacidad para ser controlado por radio en cuanto a dirección; sobre él se apoya el VeNTri, que es el que también impulsa al carro (dolly) durante la carrera de despegue.

Para el despegue, modelo y cuna corren por una superficie preparada, cuando ya ha alcanzado la velocidad de rotación el vehículo se eleva, mientras que el carro continúa por inercia su carrera hasta detenerse.

Como vemos, la técnica es similar a la que se usaba en los aeromodelos de velocidad de U-control.

Lanzamiento desde plataformas aéreas nodrizas

Uno de los métodos empleados para los VeNTri de uso estratégico, en la profundidad del territorio enemigo, es el de transportarlos hasta su lugar de lanzamiento bajo las alas o el fuselaje de un avión tripulado (combat angel en C-130

o biguá en Pucará), y una vez llegados a la zona de operación, el avión nodriza libera al VeNTri, el que, de ser del tipo remotamente controlado, lo es por un operador que se encuentra normalmente a bordo del mismo avión nodriza, o como alternativa, se emplea al avión como retransmisor.

El esfuerzo operativo que requiere este tipo de lanzamiento contrasta con los otros métodos antes explicados, a la vez que reduce la cantidad de vehículos lanzables al número transportado por el avión, pero permite, por un lado, incrementar el alcance del vehículo; pero sobre todo, ofrece una capacidad de rápido despliegue a zonas alejadas o de difícil o imposible acceso para lanzadores terrestres.

Lanzamiento desde pod

Es una técnica desarrollada por Lockheed, que permite el lanzamiento del VeNTri desde un avión tipo F-4, el que además actúa como retransmisor para el control desde una estación terrestre, o incluso puede, ante una eventualidad, asumir un control restringido.

El VeNTri es transportado plegado dentro de un pod en una de las estaciones principales de ala, bajo la otra ala se instala otro pod que contiene el equipamiento de retransmisión para los enlaces con la estación de control.

El lanzamiento del pod conteniendo al VeNTri, se efectúa a una altitud de aproximadamente 20.000 pies, tras lo cual el avión asciende y se dirige hacia un punto a media distancia entre la estación de control y el área de operación del VeNTri, donde orbitará para actuar como retransmisor.

El pod efectúa una caída retardada por un paracaídas de drag por aproximadamente 5.000 pies, para luego abrir el paracaídas principal que hace que el pod libere al vehículo y éste se despliegue, extendiendo sus alas y encendiendo su motor.

Se inicia así, un vuelo en ascenso preprogramado, hasta que el VeNTri es adquirido y se establece el enlace de datos para su control.

Basada en el mismo procedimiento, la NASA concibió un vehículo que pudiese volar sobre la superficie de Marte, reemplazando por supuesto al avión portador por un cohete espacial.

Lanzamiento mediante cohete balístico

Como ya mencionamos antes, la Unión Soviética ha llevado a cabo un tipo de VeNTri muy particular, basado en misiles de crucero desactivados como tales.

Su primer proyecto fue la conversión de un misil de crucero de alta performance, el T-4A, en un VeNTri de reconocimiento y ELINT.

Para su lanzamiento el modificado T-4A era montado en un cohete balístico

el cual lo llevaba a una órbita en donde lo liberaba; a partir de allí el vuelo continuaba por un simple planeo.

Lanzamiento de vehículos con rotor tipo helicóptero

Este tipo de VeNTri (Kiebitz, Minitelectoptex, CL-227) debido a su forma de operación cuenta con su propio sistema de lanzamiento, ya que basta con que su rotor genere la suficiente fuerza de sustentación.

Algunos despegan de plataformas especiales (CL-227), mientras que otros (Wisp) lo hacen desde cualquier terreno que posea un área lo suficientemente despejada como para su ascenso.

Esta capacidad única del vehículo tipo helicóptero, de decolar y aterrizar vertical en áreas pequeñas, hace posible considerarlo para las operaciones de corto alcance, típicas de las pequeñas unidades de Ejército, o para operar desde las pequeñas plataformas de helicóptero de los barcos de guerra cuando es utilizado para apoyo de la flota o para operaciones anfibas.

A veces el vehículo se mantiene ligado a su plataforma de lanzamiento por un cable, el que facilita la posterior recuperación, simplemente enrollando el cable.

RECUPERACIÓN

Al igual que para su lanzamiento, los VeNTri disponen de distintas alternativas para su recuperación, la que dependerá por un lado del peso y tamaño del vehículo, y por el otro de las características del terreno donde aquélla se efectuará, la cual podrá ser:

1. Con tren de aterrizaje convencional.
2. Sobre esquifes.
3. Mediante red.
4. Utilizando paracaídas, con o sin dispositivos para absorber el impacto con el terreno.
5. Por helicóptero durante el descenso con paracaídas.

El método elegido a su vez influirá en la forma del VeNTri, pues por ejemplo, si es recuperado con red y es a hélice, ésta será propulsora y no tractora, dejando libre la zona frontal del vehículo; si en cambio es recuperado con paracaídas, los elementos frágiles de su carga útil no estarán colocados bajo el fuselaje.

Dada la simplicidad y poco peso que significan algunas de estas técnicas,

normalmente los modelos suelen estar equipados al menos con dos de ellas, por ejemplo red y paracaídas, de tal forma que ante el evento que por cualquier motivo no pueda ser empleada la red, o el vehículo no pudiera llegar hasta su zona de recuperación o se pierda contacto con él, el paracaídas resulta la alternativa válida para evitar la destrucción del vehículo y su carga.

Recuperación con tren de aterrizaje convencional

Para este método es válido lo ya expresado en el subtítulo "Decolaje con tren de aterrizaje convencional", cuando nos referimos al lanzamiento. Es el lógicamente empleado por los aviones convertidos y también para algunos modelos incluso de la categoría mini.

El hecho de requerir una pista o terreno adecuado, más las restricciones de operación nocturna o con tiempo adverso son sus principales elementos limitativos.

Algunos sistemas (Mastiff) cuentan con ganchos y cables de frenado conectados a absorbedores de energía al estilo de los portaaviones, a fin de acortar su carrera de aterrizaje y por lo tanto el área requerida para hacerlo.

Aterrizaje sobre esquís

En el caso de los modelos livianos se suele reemplazar el tren de aterrizaje de ruedas por esquís, los que resultan más aptos que aquellas cuando el aterrizaje se lleva a cabo en terrenos medianamente preparados o blandos, como puede ser un prado.

Al no requerir pistas o terrenos adecuados (caminos, suelos compactados, etc.), esta técnica brinda mayor flexibilidad de operación, pues el esquí es mucho más simple, y en general siendo de plástico reforzado, es más robusto que las ruedas.

La simplicidad de este tipo de tren permite que incluso sea retráctil (R4-E) mejorando notablemente el drag del vehículo. Si se tratara de un tren convencional, el hacerlo retráctil es algo que agrega complejidad, espacio necesario y peso al modelo.

El no necesitar un equipamiento especial para su recuperación (como es el caso de aquella técnica que utiliza red), se traduce en una reducción del costo total del sistema y de su complejidad, a la vez que aumenta su movilidad al requerir menos equipos de apoyo.

A cambio de ello, se aumenta la probabilidad de daño en el aterrizaje y se restringe la posibilidad de ubicación de su carga útil. Si el VeNTri es usado por ejemplo para reconocimiento, sus sensores estarán instalados en la trompa (R-4E, Machán) en lugar de la parte inferior del fuselaje (Aguila, Scout).

Recuperación mediante red

Este es un método completamente diferente pero bastante común en la categoría de los mini, y consiste en hacer que el vehículo vuele directamente hacia una red extendida verticalmente, la que lo atrapa y detiene, asegurando una desaceleración de la velocidad de vuelo a cero en forma perfectamente controlada, y logrando la recuperación del vehículo intacto y listo para otro lanzamiento, reduciendo considerablemente los costos y esfuerzos de mantenimiento y redespigüe.

Esta técnica permite eliminar a bordo del VeNTri los dispositivos de recuperación, con lo que se ahorra de un 5 a un 15 % de su peso de lanzamiento, lográndose un vehículo más chico y estilizado, que no requiere de la robustez necesaria para soportar los esfuerzos o golpes a que están expuestos con las otras formas de recuperación.

El inconveniente que presenta es que se requiere en tierra de todo otro dispositivo, formado por la red, desaceleradores, etc., y que a su vez requiere de una plataforma (normalmente un camión) para su despliegue y operación.

Como es lógico observar, esta técnica impone que los vehículos a hélice recurran al tipo propulsora, haciendo que adopten las formas de alas deltas (Aguila) o de doble fuselaje o twin boom (Scout, Masfiff), pero a veces el método resulta inadecuado cuando se trata de vehículos con cargas externas fijas.

Utilizaremos la descripción del sistema empleado para el Skyeye R-4D y su posterior evolución para el Aquila, ya que él nos mostrará todas las variantes existentes.

El primer sistema consistía en una barrera vertical de cuerdas elastizadas que es retenida por un freno mecánico-hidráulico, y es complementada por una colchoneta de aire inflada por compresor.

Para el diseño de la red se tomaron como criterios principales, que el aparato pesaría alrededor de 130 libras, su velocidad al hacer contacto con la red sería de 50 a 80 pies/seg, y que las desaceleraciones horizontal y vertical no excederían las 5-6 G.

El resultado fue que la red está formada por una serie de tiras verticales de correas de nylon de 1 pulgada, las que individualmente pueden soportar una tensión de 1.200 libras, hallándose separadas entre sí 12 pulgadas.

Además de las dos tiras horizontales principales de 2 pulgadas que soportan la red arriba y abajo, en el centro se ha reforzado con otra tira de 1 pulgada.

La separación horizontal entre cuerdas se calculó en función de la envergadura para asegurar que el vehículo siempre quedaría atrapado entre ellas.

Al volar el VeNTri contra la red es desacelerado (6 G en el caso del

Skyeye) por el mecanismo amortiguador de energía cinética al que está enganchada la red, produciendo un desplazamiento hacia adelante de la red de aproximadamente 20 pies, esto hace que cuando el momento es anulado, el modelo cae hacia el suelo.

Para evitar eso y el consecuente daño a la plataforma y su carga útil, se recurrió al uso de una colchoneta inflable, así el VeNTri descende sobre esta colchoneta que amortigua su caída al desinflarse lentamente mediante un sistema de válvulas de escape del aire, disipando así la energía de la caída.

Los cálculos determinaron un espesor de 5 pies, su largo debía cubrir el máximo desplazamiento dado por el conjunto de frenos hidráulicos, más un largo de vehículo, lo que dio 35 pies, por el ancho de la red que es de 50 pies. Todo esto dio por resultado un conjunto de 800 libras.

La simplificación llevó a que el conjunto de la red con parantes fuese montada en un trailer para facilitar tanto su puesta en operación como su desplazamiento; también se anuló el refuerzo central y la colchoneta de aire fue reemplazada por una cama elástica (parecida a la utilizada para las competencias atléticas) pero con unas características tales que anulaban su clásico rebote.

A fin de obviar tanto la colchoneta como la cama elástica, finalmente se utilizó una nueva red desarrollada por Dornier, dotada con dos parantes en forma de "L", lo que aseguraba que, al recuperarse el modelo, quedaba suspendido de la red sin sufrir daño alguno.

Finalmente fue montada directamente sobre un camión, para lograr máxima rapidez y simplicidad para su puesta en operación.

En el caso de otros VeNTri, sus características permiten el uso de conjuntos de red más simples, como por ejemplo el Scout, que utiliza una típica red de entramado romboidal suspendida entre dos parantes verticales, con unas características de absorción de la energía cinética que aseguran el anidado del vehículo sin que éste llegue a golpear el suelo.

Un problema a resolver en la recuperación por red, es cómo lograr que el vehículo se dirija directamente al centro de la red para quedar atrapado por ella.

Para eso se han desarrollado varias técnicas, obedeciendo a distintas necesidades operativas y utilizando distintos grados de complejidad.

Algunos sistemas tienen la posibilidad de elegir entre técnicas distintas (manual, semiautomática o automática) y que se pueden discriminar entre otras como:

- Automática todo tiempo.
- Cruz sobre el blanco.
- Emisor IR y detectores.
- Homing electroóptico.

El sistema de recuperación automática todo tiempo (con emisor de RF a

bordo y antena de barrido cónico), es una técnica que consiste en utilizar una fuente de RF activa (una baliza) a bordo del aparato y un receptor con antena de barrido cónico en tierra y sobre el eje de aproximación.

De esta forma las señales de error identificarán la dirección y el grado de desvío respecto al eje de planeo hacia la red. Esta información es procesada y automáticamente transmitida al autopiloto del VeNTri, el cual se reposiciona para que las señales error sean cero (en la figura 10 se observa el concepto y el flujo de señales para el Aquila).

Este tipo de recuperación automática en donde la señal de tierra alimenta al equipo de a bordo, requiere de un adecuado desarrollo, pues si bien parece sencillo que el modelo se "enganche" sobre el eje de planeo llevando a cero las señales error, éstas a veces suelen hacer que se produzcan sobrevirajes que lo hacen oscilar alrededor del eje.

También contribuye a esto el que a veces el modelo por sí tiende a desplazarse hacia un lado, sucediendo lo mismo por efecto del viento.

El método de cruz sobre el blanco (manual) es un procedimiento que utiliza la técnica empleada para el guiado de misiles hacia un blanco, y que consiste en mantener a éste dentro de una cruz de puntería.

En el caso del VeNTri, éste es maniobrado por un operador en tierra para superponerlo con el sistema de puntería (crosshair) generado por un computador en la imagen de TV, que capta el vehículo desde una cámara basada en tierra detrás de la red.

El procedimiento con emisor IR y detectores recurre a un emisor IR colocado en el vehículo y cuyas señales son captadas por dos receptores ubicados en el almacén de la red; éstos miden cualquier desviación respecto al perfil de aproximación y la transmiten al autopiloto de a bordo.

El homing con sensor electrónico de a bordo se utiliza en aquellos casos en que la carga útil comprende justamente a un sensor electroóptico, aprovechando la capacidad de homing que posee para hacer que el seguimiento lo haga hacia una fuente colocada en el eje de la trayectoria de vuelo hacia la red.

Este método requiere que previamente y por otros medios, el VeNTri haya sido colocado dentro del campo de captación del emisor terrestre.

Recuperación utilizando paracaídas

Es el más simple de los métodos, ya que sólo requiere que, una vez que el VeNTri llegó a su zona de recuperación, éste apague su motor y active un dispositivo de apertura del paracaídas; esto hace que no se requiera de la precisión de las otras técnicas, lo que por un lado es una ventaja, pero por otro es una desventaja, ya que una vez abierto el paracaídas no se puede controlar el lugar de

aterrizaje, siendo necesaria por lo tanto una extensa área libre de obstáculos.

Además, como se prevé que en su recuperación el VeNTri impactará contra el suelo con una cierta fuerza, se deben tomar recaudos para asegurar que la plataforma, y en especial su carga útil, no sufrirán daño.

Este problema se obvia generalmente recurriendo al uso de bolsas de aire en la parte inferior del vehículo.

Se utiliza el término bolsa de aire para distinguirlo del colchón de aire, ya que normalmente este último se aplica a la sustentación lograda en aerodeslizadores mediante el empuje del aire soplado hacia abajo por el vehículo, mientras que el primero se refiere a un elemento inflable que cuenta con un dispositivo de válvulas que se abren en el momento del choque, dejando escapar el aire de forma tal de reducir a cero paulatinamente la velocidad de impacto.

A veces esa parte inferior está ocupada por la carga útil, común en los sistemas de reconocimiento u otros que requieren cubrir los 360°, surgiendo una incompatibilidad, la que se soluciona haciendo que el modelo gire sobre su eje de cabeceo una vez abierto el paracaídas, y descienda en posición invertida, así no sólo se logra espacio tanto para las bolsas de aire como para la carga útil, sino que ésta se encuentra aún más protegida, pues queda en la parte superior en el momento de tocar suelo.

Para lograr esto el método consiste en que una vez apagado el motor, el paracaídas principal es extraído mediante el correspondiente paracaídas piloto, de la parte inferior del VeNTri; el drag producido hará que el vehículo adopte una posición de picado primero para luego seguir girando hasta quedar colgado del paracaídas y con la carga hacia arriba (ver dibujo de la figura 11).

De esta forma el VeNTri aterrizará sobre su lomo, en el que se habrá inflado la bolsa de aire, amortiguando el impacto y protegiendo tanto a la plataforma como a su carga útil.

Tanto el paracaídas como las bolsas deberán adecuarse a las características de peso, velocidad y altitud posibles, régimen de descenso deseado, etcétera.

Otros factores a considerar serán: tiempo para apertura del paracaídas, tiempo de inflado de las bolsas de aire, altura perdida y tiempo transcurrido hasta que el descenso sea estable, aceleraciones sufridas por la apertura y en el impacto, etcétera.

Como dato ilustrativo, en el caso del Aquila se consideraron un peso de 140 y 175 libras, velocidades de recuperación de 50 a 75 nudos, altitudes de 1.000, 500 y 250 pies, y un límite de impacto contra el suelo de 6 G.

Esto determinó que se eligieran tres tamaños de paracaídas para regímenes de descenso de 15, 20 y 30 pies/seg, capaces de desprenderse automáticamente al llegar al suelo, y una bolsa de aire de 18 pulgadas de espesor, realizada de un material lo más liviano posible y con la máxima fortaleza y resistencia a la abrasión, equipada con válvulas del tipo blow off para disipar la energía del impacto.

Esta técnica por supuesto constriñe las capacidades de peso y volumen, ya

que a bordo se debe colocar: el paracaídas, con un peso aproximado para el ejemplo de 7 lb, las bolsas de aire (9 lb) y un botellón de aire comprimido para su inflado. El uso de kevlar para el paracaídas significa reducción de peso, e igualmente el empaquetado al vacío de paracaídas y bolsas reduce el volumen requerido.

El sistema puede ser activado sea por una señal de radio generada por un operador de tierra, sea automáticamente al llegar a determinado punto de la trayectoria del vuelo.

En algunos sistemas, para lograr precisión en cuanto al lugar de aterrizaje, en un determinado punto de la pierna de regreso el VeNTri intercepta la señal de un radiofaro que hace activar la secuencia de recuperación; se genera así un circuito de aproximación, con una corrección de rumbo para alcanzar el punto de apertura enfrentando al viento, y se varían la altitud y velocidad adquiriendo las óptimas para liberar al paracaídas piloto, con lo que automáticamente se inicia la fase final.

Algunos consideran que ésta no es una solución adecuada para situación de guerra, ya que puede caer sobre un árbol o un campo minado, o desbarrancarse; cualquiera de esos casos es inaceptable.

No obstante, la mayoría de los sistemas lo poseen como procedimiento alternativo, en caso de falla del principal o mal funcionamiento de los sistemas de navegación de a bordo; en este último caso, al detectarse una falla el computador de a bordo suspende su programa de vuelo e inicia el regreso, haciendo el homming sobre la baliza del punto de recuperación, para lo cual toma altura para entrar dentro de su LOS, y de no lograrlo, coloca un rumbo hacia las propias filas.

Recuperación por helicóptero

Esta se puede considerar como una variante del método por paracaídas, ya que consiste en capturar al VeNTri a medio camino de su descenso en paracaídas.

Esta técnica fue desarrollada por EE.UU. para la recuperación de sus VeNTri de la serie 34, recurriendo al uso de helicópteros CH-3 dotados de un guinche controlado por un computador.

Para el procedimiento, en función del tipo de VeNTri, de su carga útil y el combustible remanente, se fija la carga a soportar por el guinche, formado por un cable y un par de brazos operados hidráulicamente.

Una vez atrapado el VeNTri y su paracaídas, el computador se encarga de mantener la tensión del cable mientras aquél es izado hasta el helicóptero.

Esta técnica, combinada con las de lanzamiento desde un avión nodriza y la utilización de una estación de control, también aérea, permite el rápido despliegue de los VeNTri y la operación en la profundidad del territorio enemigo.

