

Capítulo 3

Relación piloto-avión: aspectos de la exigencia cognitiva

Se presenta a continuación un análisis de conjunto de la relación piloto-avión, incidiendo en este capítulo en los aspectos de exigencia cognitiva (y abordando en el capítulo siguiente los elementos de exigencia emocional). Se realiza este análisis para derivar las informaciones necesarias para poder rediseñar el glass-cockpit (ver capítulo 1).

Tipología del análisis realizado

Para entender en qué consiste pilotar un avión desde el punto de vista de los pilotos se realizaron entrevistas en profundidad de pilotos y se efectuaron vuelos con ellos. Y para saber como estas percepciones del pilotaje van evolucionando desde que el piloto comienza su aprendizaje en escuela, hasta que integra una compañía y comienza a pilotar glass-cockpits, se entrevistó a pilotos en distintos momentos de su recorrido profesional. Se escogieron pocos sujetos de cada categoría porque el marco del análisis es cualitativo (lo que exige trabajar con pocos sujetos, pero de manera profunda con cada uno de ellos)¹. Los sujetos entrevistados fueron:

- tres pilotos aficionados (con experiencia de avioneta monomotor básica)
- dos jóvenes pilotos en la fase inicial de la formación para ser piloto profesional
- tres pilotos en inicio de carrera, con experiencia de avionetas de altas performances
- un piloto de avión de transporte de pasajeros clásico
- dos pilotos de avión de transporte de pasajeros glass-cockpit de primera generación
- dos pilotos de avión de transporte de pasajeros glass-cockpit de segunda generación

En los casos en que fue posible, se pidió a los sujetos que dibujaran, en una representación gráfica de la cabina de pilotaje de su avión (representación que se había preparado con antelación -ver Anexos-), donde sentían ruido, vibración, el movimiento del avión, el tacto del avión, y donde sentían placer y tensión. Se quiso que los sujetos relacionaran directamente, mediante el dibujo, elementos relativos a las dimensiones cognitiva y emocional del pilotaje con partes del diseño de la cabina (mandos, instrumentos, el asiento, las ventanas...), y esto para obtener indicaciones acerca de la importancia relativa de estas partes de la cabina de cara al rediseño-objetivo del estudio. Esta técnica, que consiste en averiguar, mediante el dibujo, las impresiones que un entorno físico produce en las personas, fue aprendida durante nuestra formación en la Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle². Implicó realizar un corto entrenamiento de dibujo para que el sujeto vea que es capaz de expresar cosas mediante dibujos. La ventaja de esta técnica es que permite a los sujetos expresar más fácilmente que con palabras las impresiones emocionales que producen los entornos.

¹ Kvale, S. (1996). *InterViews: an introduction to qualitative research interviewing*. London: SAGE Publications

² Fue enseñada por E. Manzini en un seminario acerca de la percepción del entorno realizado en 1988 en la ENSCI

Para poder entender lo que los sujetos expresaban acerca de sus aviones, se consultó literatura técnica acerca del pilotaje (ver bibliografía), se efectuó un vuelo como alumno piloto de monomotor básico (cogiendo los mandos de la avioneta durante el crucero) y un vuelo Dijon-Sabadell como ayudante de navegación en Condiciones Visuales. También se realizaron maquetas de los instrumentos básicos de vuelo, y una maqueta de los paneles de instrumentos y de mando del piloto automático del B-727 y del DC-10, y se filmó a un piloto manipulándolos durante una secuencia de vuelo.

Se presentan en las páginas siguientes el calendario de las entrevistas, observaciones en vuelo y ejercicios de dibujo realizados.

| Piloto | | | | | Fecha | Tipo experiencia | | | Lugar |
|--------|------|--|---|--|----------|------------------|---------------|------------|------------------------------|
| nº | Edad | Licencia | Avión pilotado | Organismo | | Entrev. profun. | Ejerc. dibujo | Vuelo obs. | |
| 1 | >55 | Piloto Privado | Monomotores básicos | Aeroclub + escuela de pilotaje (formación a licencia PP) | 9.10.97 | x | | | UPC |
| | | | | | 18.10.97 | | x | x | Aeródr. Sabadell |
| | | | | | 10.11.97 | x | | | |
| 2 | <50 | Piloto Privado | Monomotores básicos | " | 30.10.97 | x | | | Bcna |
| 3 | <50 | Piloto Privado | Monomotores básicos | " | 3.11.97 | x | | | Bcna |
| | | | | | 20.11.97 | | | x | Aeródr. Sabadell |
| | | | | | 10.12.97 | x | x | | |
| 4 | <30 | Piloto Comercial + Habilitación Instructor Pilotos Privados | Monomotores básicos, Bimotores a pistón IFR | Aeroclub + escuela de pilotaje (Instructor de licencia PP) | 20.10.97 | x | | | Aeródr. Sabadell |
| | | | | | 4.11.97 | x | | | |
| | | | | | 11.1.98 | x | | | |
| | | | | | 5.9.98 | x | | | |
| | | | | | 3.11.98 | | | x | Dijon-Sabadell |
| 5 | <25 | Estudiante para piloto profes. (aprendiendo Licencia Piloto Privado) | Monomotores básicos | Escuela de pilotaje (formación a licencia PC) | 14.1.98 | | | x | Aeródr. Sabadell |
| | | | | | 18.1.98 | x | | | |
| | | | | | 2.2.98 | | x | | |
| 6 | <25 | Estudiante para piloto profes. (aprendiendo Licencia Piloto Privado) | Monomotores básicos | " | 19.1.98 | | | x | Aeródr. Sabadell |
| | | | | | 21.1.98 | x | | | |
| | | | | | 30.1.98 | | x | | |
| 7 | <30 | Piloto de Transporte de Línea Aérea (teoría) + Piloto Comercial | Bimotor Turbohélice IFR (Fairchild Metro) | Compañía de Transporte de Mercaderías | 5.12.97 | x | | x | Aerop. Bcna + Palma Mallorca |
| 8 | <40 | Piloto de Transporte de Línea Aérea + Habilitación Instructor Piloto Comercial | Bimotor Turbohélice IFR (Fairchild Metro) | " | 2.12.98 | x | | | Aeródr. Sabadell |
| | | | | | 2.2.99 | | | x | |

| Piloto | | | | | Fecha | Tipo experiencia | | | Lugar |
|--------|------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---------|---|---------------|-----------------|---------------|
| nº | Edad | Licencia | Avión pilotado | Organismo | | Entrev. profun | Ejerc. dibujo | Vuelo obser | |
| 9 | <45 | Piloto de Transporte de Línea Aérea | Boeing 727 (cockpit clásico) | Compañía de transporte de pasajeros | 24.2.98 | x | | | Madrid |
| | | | | | 30.3.98 | x | | x | Bcna-Mad-Bcna |
| | | | | | 3.7..98 | | x | | Madrid |
| | | | DC10 (c.clásico) | | 23.2.99 | entrev y film video de manip mandos B727 y DC10 | | | Madrid |
| 10 | >55 | Piloto de Transporte de Línea Aérea | Boeing 757 (glass-cockpit 1ra generación) | " | 24.2.98 | x | | | Madrid |
| | | | | | 20.3.98 | x | | x | Mad-Milan-Mad |
| | | | | | 15.6.98 | | x | | Madrid |
| 11 | <45 | Piloto de Transporte de Línea Aérea | MD 87 (glass-cockpit 1ra generación) | " | 24.2.98 | x | | | Madrid |
| 12 | <40 | Piloto de Transporte de Línea Aérea | Airbus A320 (glass-cockpit 2da generación) | " | 1.3.98 | x | | | Barcelona |
| 13 | <45 | Piloto de Transporte de Línea Aérea | Airbus A320 (glass-cockpit 2da generación) | " | 26.3.98 | x | | | Barcelona |
| | | | | | 23.5.98 | x | | | |
| | | | | | 8.9.98 | x | | x (vuelo simul) | Madrid |
| 14 | <50 | Piloto de Transporte de Línea Aérea | Airbus A320 (glass-cockpit 2da generación) | " | 14.8.02 | x | | | Bcna |

Vuelos como alumno y ayudante de navegación (avioneta monomotor, condiciones de Vuelo Visual):

| | | |
|---------|-----------------------------------|------------------|
| 2.10.98 | vuelo como alumno piloto | Área de Sabadell |
| 3.11.98 | vuelo como ayudante de navegación | Dijon-Sabadell |

3.1 Características del vuelo de todo avión

Un avión es capaz de volar solo; sin embargo, este vuelo es caótico y potencialmente mortal. A partir del momento en que el piloto, en la cabecera de la pista, avanza la palanca de gases para poner potencia máxima, éstos se quedan fijos en esta posición y el avión comienza a moverse, acelerándose cada vez más hasta que, las alas produciendo la suficiente sustentación, el avión se eleva en el aire (se puede ver por tanto que la palanca de gases no funciona como el acelerador de un automóvil, que siempre hay que apoyar para que el motor dé potencia; en un avión, la palanca de gases no se mueve de la posición en que la deja el piloto).

Esta 'capacidad de volar solo' de todo avión (una vez que se le da potencia) es potencialmente mortal. Si no se ejerce ninguna acción sobre la palanca de mando, el avión, una vez que está en el aire, sube, baja, se inclina hacia la izquierda, hacia la derecha, avanza en cangrejo... hasta que acabe muy probablemente apuntando su morro hacia abajo; en este caso se acelerará cada vez más (a causa de la fuerza de gravedad) hasta impactar contra el suelo (podrá también desintegrarse en vuelo si en su caída sobrepasa su velocidad máxima estructural). Este 'vuelo natural' de todo avión, que es caótico y mortal para su piloto, es descrito en los términos siguientes por pilotos entrevistados: «*Es la sensación de que el avión está descontrolado: el avión va para arriba, para abajo...*» (Piloto nº4)³. Se debe esencialmente, como lo muestra Langewiesche (1944)⁴ a que el avión 'coge apoyo' en una materialidad -la atmósfera- en constante movimiento. Basta con que el flujo de aire que está pasando por una de las alas se desplace un poco más rápido (o más lento) que el flujo de aire que está pasando por la otra ala, para que la primera ala tenga más (o menos) sustentación que la segunda, y que por tanto el avión incline sus alas y comience a derrapar, cambiando su trayectoria.

Como resalta el Piloto nº4, instructor de pilotos principiantes, aún si un avión se estuviera desplazando en una zona de la atmósfera en la que el aire estuviera perfectamente calmo, «*(...) estás consumiendo combustible: entonces el centro de gravedad varía*» de posición, por lo que al cabo de cierto tiempo el morro del avión comenzará a apuntar hacia arriba o hacia abajo y por tanto se subirá o se bajará... El Piloto nº11 (copiloto de glass-cockpit) señala: «*tan sólo el desplazamiento del carrito de la comida por el pasillo hace que, en ausencia de perturbación exterior, el centro de gravedad del avión se desplace y que el avión se desvíe de su trayectoria*». El Piloto nº4 incide: «*Es casi imposible, si tú lo dejas, que*

³ Ver tabla en página 94

⁴ Langewiesche, W. (1944). *Stick and rudder*. New York: Mc Graw Hill. p. 10

[el avión] *tenga un vuelo recto y nivelado* [esta expresión significa que el avión no se vaya inclinando a la izquierda y a la derecha y que no vaya subiendo ni bajando]. *Si tú lo dejas y el avión fuera... ¡qué maravilla! ¡no tendríamos que hacer nada! Pero entonces no iría bien* [risas]: *¡no necesitaría pilotos!*».

El resultado de este carácter naturalmente caótico del desplazamiento de un avión es resumido por el siguiente comentario (del Piloto nº6, piloto en formación): «*el avión no piensa, no mira afuera. Y tú sí: y ves que tienes un edificio delante*».

El piloto puede por tanto ser caracterizado como la persona que **rectifica el movimiento** naturalmente caótico del avión; es aquel que **mantiene a raya la peligrosidad de este movimiento**; es aquel que impide que el avión entre en una actitud que lo haga dirigirse contra el suelo. Este rectificar tendrá que ser **constante** ya que, como se ha mencionado, la atmósfera está en movimiento constante y el centro de gravedad de la máquina es igualmente variable.

Pilotar un avión podría ser caracterizado como un '**encauzar**', en permanencia, el movimiento natural del avión. Se escoge el término de encauzar (en el sentido de poder controlar sólo hasta cierto punto) por lo siguiente: una vez que el piloto ha avanzado la palanca de gases, no es libre de volver a tirarla hacia atrás cuando y donde lo necesite. Contrariamente a un automóvil, en el que nos podemos detener prácticamente cuando y donde lo deseamos, 'cortar los gases' en un avión significa quedarse sin velocidad y por tanto estrellarse. Como lo indica Langewiesche, en un avión «*ir a gran velocidad y a gran altitud es sinónimo de seguridad; ir lentamente y cerca del suelo es sinónimo de peligro*».⁵

Quedarse sin velocidad (es decir perder la sustentación) sólo podrá (y deberá) suceder en un momento muy específico de la secuencia de vuelo: en el momento en que las ruedas del avión se encuentren a uno o dos metros por encima de la pista de aterrizaje. Esta será la condición que hará posible en primer lugar un aterrizaje lo suficientemente suave como para que el tren de aterrizaje no se rompa al contactar con la pista (ya que el comienzo de la entrada en pérdida se caracteriza por un movimiento descendente paulatino). Quedarse sin velocidad justo por encima de la pista será necesario en segundo lugar para que el avión pueda efectivamente contactar con la pista: si la máquina encara la pista con una velocidad mayor a la de la pérdida de la sustentación, ni bien el piloto haga apuntar el morro del avión hacia arriba (para que sean las ruedas principales, más resistentes que las delanteras, las que impacten contra la pista), el avión retomará su vuelo, volverá a subir. Sin embargo, para que la entrada en pérdida suceda 'en el aeropuerto', el piloto tendrá -en el caso de los aviones de pasajeros- que ir *frenando* al avión (respecto a la velocidad de crucero) desde

⁵ Langewiesche, W. (1944). *Stick and rudder*. Op. cit. p. 11

por lo menos media hora antes al momento previsto para el aterrizaje. Aún si el piloto necesitara aterrizar antes, no lo podría. Si por ejemplo sucediera un incendio a bordo cuando el avión vuela a su altitud de crucero, se tardaría como mínimo quince minutos en llegar hasta la superficie de la tierra (ya que hacer coger al avión una trayectoria más empinada que los 45° de inclinación reglamentarios implicaría acelerarlo más allá de su velocidad límite estructural y hacerlo estallar). Es por esta razón -la imposibilidad de interrumpir el movimiento del avión cuando y donde lo necesita el piloto- que se habla aquí del pilotaje como de un encauzar el movimiento natural del avión. Un encauzar que consiste en rectificar este movimiento natural, pero sin poderlo controlar del todo (sin poderlo interrumpir cuando lo necesita el piloto). Una imagen sería la del surfista: tiene que ir inclinando su cuerpo constantemente para mantener el equilibrio, y no puede detener al surf cuando y donde quiere: no puede detener al surf manteniéndose de pie en él.

Cuando observábamos el vuelo de aviones desde tierra, antes de realizar este estudio, y los veíamos despegar siguiendo trayectorias perfectamente rectilíneas pensábamos que los aviones eran naturalmente capaces de seguirlos y de mantenerse en el aire. Ignorábamos que, dentro de esas máquinas, una tripulación, o un conjunto de automatismos, estaban continuamente modificando la configuración del avión para que este retomara, al mínimo deseo de 'desplazamiento libre', la trayectoria rectilínea deseada por el piloto.

Importa destacar por otro lado que **el piloto deberá siempre 'negociar' con el avión la maniobra que desea que el avión ejecute**. Se darán algunos ejemplos. Si el alumno principiante desea virar, inclinará la palanca hacia el lado que desea virar y presionará uno de los dos pedales (ya que, como lo ha indicado el instructor, no hacerlo provocará que el avión derrape en su viraje). Pero esto no será suficiente para que el avión vire correctamente, y es ahí donde entra la imagen de negociación. Al inclinar la palanca y los pedales, el avión se ejecuta: vira. Pero también pierde altura, *naturalmente* (como se verá más adelante, esta pérdida de altura es imperceptible para el alumno). Por tanto, virar correctamente implicará inclinar la palanca y llevar la palanca hacia sí, hacia el cuerpo, para subir el morro del avión e impedir que pierda altura. Pero haciendo esto, el avión tampoco obedecerá totalmente, ya que perderá velocidad... Si el piloto desea conservar su velocidad en el viraje deberá, además de los pasos precedentes, empujar levemente la palanca de gases para dar más potencia e impedir esta disminución de velocidad. Otro ejemplo de negociación con el avión: estamos en crucero y deseamos volar más rápido a la misma altitud. Empujamos la palanca de gases... y el avión no aumenta su velocidad: sube, hasta estabilizarse a otra altitud. Si queremos ser plenamente obedecidos por la máquina tendremos que, además de adelantar la palanca de gases, empujar *en permanencia* la palanca de mando para bajar el morro del avión e impedir que el avión ascienda... Si, quisiéramos, ahora, que el avión vuele lentamente conservando su altitud; retrasaremos la

palanca de gases... y el avión no frenará: simplemente comenzará a descender. Si queremos que el avión vuele, más lentamente, en la altitud en la que estamos, tendremos en permanencia que tirar la palanca hacia atrás para levantar el morro del avión e impedir así que descienda. Es este conjunto de comportamientos que sugieren la idea de una negociación entre el piloto y el avión: una negociación para que el avión haga lo que desea el piloto de una manera no demasiado engorrosa para el piloto. Si se compara esta situación con la conducción de un automóvil, se vería que también es necesario negociar la orden que se da al automóvil (por ejemplo, en una autopista, al subir una colina se tendrá que apretar el acelerador al máximo para no perder velocidad). Sin embargo, la negociación es mucho mayor, o mucho más sistemática, con un avión. Para transponer esto a la conducción de un automóvil, es como si, cada vez que procediéramos a doblar, tuviéramos que sujetar fuertemente la puerta porque forzosamente se abriría. Langewiesche caracteriza estas negociaciones como las «*maneras de andar*»⁶ que un avión tiene en permanencia. El piloto deberá pilotar el avión utilizando estas 'maneras de andar' de la forma más provechosa posible, sin que nunca sea posible obviarlas.

Como última característica troncal del comportamiento de todo avión destaca la **ambivalencia de ciertos gestos de mando**: según la situación, un mismo gesto de mando del piloto provocará reacciones distintas en el avión. Por ejemplo, en crucero, tirar la palanca hacia sí hará subir ligeramente el avión; mientras que en la aproximación final a la pista de aterrizaje el mismo gesto hará, por el contrario, bajar más rápido al avión. Si el avión va poco cargado, hacer virar un avión con un ángulo de 20° después del despegue se realizará sin problemas, mientras que efectuar el mismo gesto con el avión cargado al máximo lo hará precipitarse al suelo.

Este conjunto de características comunes a todos los aviones hará que el control del avión por el piloto (o por los sistemas de Piloto Automático) adquiera un relieve especial en los testimonios de los pilotos entrevistados (ver capítulo 4).

⁶ Langewiesche, W. (1944). *Stick and rudder*. Op. cit. p. 25

3.2 Fases del aprendizaje

Los recorridos de los alumnos que desean convertirse en pilotos profesionales son variados. Los alumnos pueden realizar un curso integrado de unos dos años que les permite, sucesivamente:

- preparar el examen teórico y práctico para la obtención de la licencia de Piloto Privado (hay que presentarse a la prueba práctica de esta licencia con por lo menos 45 horas de vuelo en avioneta monomotor)
- preparar el examen teórico y práctico para la obtención de la licencia de Piloto Comercial (hay que presentarse a la prueba práctica de esta licencia con por lo menos 200 horas de vuelo en avioneta bimotor básica, incluyendo horas de Vuelo Instrumental -vuelo a ciegas-)
- preparar el examen teórico para la obtención de la licencia de Piloto de Transporte de Línea Aérea

Para presentarse a los exámenes de entrada en compañías de transporte de pasajeros, los candidatos tendrán además que haber aprobado con anterioridad el examen MCC (habilitación para pilotar aviones en los que se requiere más de un piloto, que requiere un curso específico). Al ser admitido en una compañía, el piloto deberá seguir un curso específico para poder pilotar cada avión que le será asignado según reglas de senioridad. Y al cabo de 1.500 horas de vuelo como Piloto al Mando, ya dentro de la compañía, el piloto podrá presentarse al examen práctico para la obtención de la licencia de Piloto de Transporte de Línea Aérea.

3.2.1 Aprendizaje inicial en escuela de pilotaje

Consiste en aprender a pilotar una avioneta monomotor básica, en condiciones de Vuelo Visual, para preparar el examen de Piloto Privado. Destacan los elementos siguientes:

3.2.1.1 Aprender a enfrentar los conflictos perceptivos

El piloto debe reeducar su percepción para saber qué está pasando a bordo. Un instructor explica este hecho así: *«Al despegar, cuando estás en la pista ves la aceleración ya que tienes elementos de referencia 'pegados' al avión. Pero a partir del momento que levantas las ruedas del suelo ya no ves la aceleración. Sólo sientes que estás pegado al asiento; a nivel visual no notas nada. Sólo ves que estás subiendo»* (Piloto nº4).

En tierra, en nuestro universo habitual, 'vemos' el desplazamiento y la velocidad por la deformación de las líneas de fuga de nuestro entorno, por la borrosidad de las imágenes (pensemos al paisaje más cercano que se ve desde un tren o un automóvil: un continuum horizontal de líneas), o por el ritmo, más o menos acelerado, con que aparecen elementos del entorno (las líneas blancas discontinuas de una carretera, por ejemplo). En tierra, estas modificaciones de los paisajes percibidos son las que nos permiten tener una noción de la velocidad y la dirección de nuestro desplazamiento. En el aire estas indicaciones visuales desaparecen dando la impresión de que el avión está inmóvil; sin embargo se siente una aceleración, un ascenso, y por eso se tiene una percepción incompleta y extraña del comportamiento del avión: *«el alumno nota la aceleración en el cuerpo. Pero visualmente ves otra cosa: visualmente no ves la aceleración»; «en un viraje, no notas que estás inclinado»* (Piloto nº4).

El viraje es un ejemplo típico de los conflictos perceptivos intrínsecos del pilotaje. El avión compensa la fuerza de gravedad, por lo que uno no nota que está inclinado. Como se vio más arriba, el avión tiene tendencia a bajar en un viraje y esto tampoco se siente a nivel del cuerpo. Pero cuando el piloto tira hacia sí la palanca para impedir que el avión baje, entonces se siente una presión, la impresión de estar pegado al asiento, como si el avión ascendiera. Se da por tanto un conflicto perceptivo: para el cuerpo ascendemos, mientras que en realidad mantenemos el nivel de vuelo; y si no sentimos nada (pensando que seguimos manteniendo el nivel de vuelo) es que en realidad estamos descendiendo. Por eso *«a los alumnos les cuesta ver lo que está pasando. Sienten cosas, pero están viendo una cosa que no entienden»* (Piloto nº4).

La clave para resolver estos conflictos perceptivos es mirar los instrumentos y fiarse de sus indicaciones. Esto no resulta fácil: *«lo que tú ves no es lo que el avión está indicando, y te planteas ¿a qué hago caso?»* (Piloto nº4). Como nota este piloto, siempre el alumno tendrá tendencia en creer prioritariamente lo que dicen sus sensaciones. Por eso, el instructor insiste en que *«no tienes que creer que lo que tú sientes es mejor que lo que la máquina está indicando. La máquina siempre indica mejor»* (Piloto nº4).

Sin embargo, dar fe a los instrumentos no resulta tan fácil como podría pensarse ya que para realizar correctamente muchas maniobras básicas, se exige del piloto que agudice sus sentidos (su propiocepción, su percepción háptica, su vista, su oído...) para poder entender lo que el avión está haciendo (ya que los instrumentos no reflejan bien todas las actuaciones del avión). Por tanto, en ciertas situaciones se pide al piloto que olvide lo que el cuerpo le está diciendo y que crea en los instrumentos, y en otras situaciones por el contrario se exige que el piloto crea en su cuerpo. Veamos ejemplos de este segundo tipo de situaciones:

«El horizonte es muy grande. Es difícil tener precisión por encima o por debajo del horizonte» y saber si el avión está subrepticamente subiendo o bajando durante el crucero (1º de inclinación errónea pudiendo hacer bajar o subir el avión). El indicador de actitud no muestra la inclinación del avión con una precisión tan grande. Por eso, los instructores recomiendan a los alumnos que se fijen en un insecto que estuviera pegado al parabrisas, o en alguna raya que tuviera, y que enfoquen acto seguido un punto específico de la línea de horizonte, para controlar si el avión está nivelado correctamente o no.

Otras situaciones en las que se pide que el piloto agudice sus sentidos son por ejemplo los cambios de trayectoria, ya que los instrumentos siempre tienen un tiempo de retraso para dar su información (retraso debido a sus características constructivas, ya que cogen sus informaciones a partir de la velocidad y de la presión de la corriente de aire que rodea al avión); se pide al piloto que se dé cuenta de esos cambios de trayectoria antes que los indiquen los instrumentos. También se pide que el piloto sea sensible a los ruidos («por el ruido del motor ya sabes que algo no funciona, sin tener que mirar los instrumentos») y las sensaciones que se perciben en las piernas («los pilotos experimentados, con sólo sentir la presión en el culo saben si están despegando bien o no»). Langewiesche señala que no sólo los pilotos deben agudizar sus sentidos: «(...) una madre oye el llanto de su bebé que está en la otra punta de la casa aún en medio del ruido de las conversaciones de los invitados a una cena»⁷.

Importa destacar que los conflictos perceptivos no se dan sólo en la fase de aprendizaje inicial, sino también en los pilotos profesionales con miles de horas de experiencia. He aquí la vivencia y los consejos de uno de ellos:

«El avión no se siente en ningún sitio: el avión, eres tú. Si no eres tú, eres un mal piloto. Tú debes sentir el avión. En todo ti. En ningún sitio más: en todo tu conjunto. El avión lo sientes en las partes en contacto, pero, además, en el movimiento del avión. Porque tú vas con él: el avión te desciende por una corriente descendiente que coge en ese momento, y tú inmediatamente te das cuenta que el avión está descendiendo; si estás bajando por una senda de planeo a una velocidad de bajada estabilizada de 600 pies por minuto, y el avión inicia un descenso más rápido, inmediatamente antes que el instrumento te haya dicho nada en absoluto, -y a lo mejor antes que el Flight Director, que se adelanta al movimiento del instrumento, te haya dicho algo, tú lo has debido de sentir...

-¿Por qué dicen que siempre hay que mirar los instrumentos y nunca creer en lo que dice el cuerpo?

⁷ Langewiesche, W. (1944). *Stick and rudder*. Op. cit. p. 72

Hay que verificar. Porque el avión te puede engañar. Tú suponte que yo voy llevando el avión a mano, sin el Piloto Automático, y el Control me dice que cambie la frecuencia. Y yo estoy haciéndolo todo porque el Segundo está comiendo. Yo bajo la cabeza hacia la caja de control de la radio. Y en ese momento, el avión inicia un viraje hacia la izquierda, lentamente, y entonces mi sentido del equilibrio no se da cuenta. Justo después, el avión deja de virar repentinamente. En ese momento, creo que el avión se ha puesto a virar a la derecha - mientras que en realidad está alejándose de la trayectoria inicial, se está yendo hacia a la izquierda de esta trayectoria. Entonces, mi reacción sería hacer un viraje hacia la izquierda, lo que aumentaría la desviación...

Entonces, mi sensación la tengo que comparar con el instrumento. Si mi sensación es contraria al instrumento, la tengo que comparar con un segundo instrumento. Y si no estoy del todo de acuerdo, tengo un tercer instrumento: el horizonte artificial, que es nuestra relación de actitud respecto al espacio. Entonces, si los tres instrumentos están en contra mía, debo hacer caso a los tres instrumentos.

-Entonces, tu sensación, la sientes, y después...

¡Claro! No podemos actuar antes de mirar... El avión me ha equivocado en su movimiento porque yo no me he dado cuenta. Pero una vez que llevo el avión bajo mi control visual de instrumentos, te puedo asegurar al 100% que si el avión se me mueve de esa trayectoria que yo le tengo puesta, me voy a dar cuenta antes de que el avión [los instrumentos] me dé la respuesta: porque mi sensación es mucho más rápida de la que el avión pueda hacer.» (Piloto nº10, comandante de glass-cockpit).

3.2.1.2 Aprender una gestualidad

En primer lugar llama la atención la necesidad de adquirir una coordinación fina y específica de la vista, las manos y los pies. Tomemos por ejemplo un viraje a la derecha. Para comenzar el piloto debe inclinar suavemente, con la mano, la palanca hacia la derecha. Al mismo tiempo, apoyará el pedal derecho (para que el avión realice el viraje sin derrapar) (haciendo esto, el pedal izquierdo -y por tanto el pie izquierdo se moverá levemente hacia el piloto, ya que los dos pedales están unidos y pivotan siguiendo un eje vertical). Una vez que, mirando el Horizonte Artificial, el piloto habrá inclinado el avión tal como lo desea (en el Horizonte Artificial hay una indicación de grados de inclinación), el piloto volverá a inclinar suavemente la palanca hacia la izquierda para que retome la posición vertical (de lo contrario el avión seguiría inclinando las alas, hasta que caería), sin olvidar atraer la palanca hacia sí para que el avión no pierda altitud (notará entonces una resistencia, ya que la palanca no ofrece resistencia si se la inclina hacia los lados, pero sí ejerce una presión en la mano si se la inclina para delante o para detrás). Mientras tanto, el pie derecho sigue apoyando el pedal derecho, y el pie izquierdo se encuentra más recogido. El avión inicia el viraje, y este puede durar -si por ejemplo se quiere virar a 180°- hasta un minuto, dependiendo de la inclinación y

la velocidad del avión. Mientras el avión va girando, el piloto deberá eventualmente retocar la posición de su mano y de su pie derecho -si un movimiento del aire saca el avión de esa postura (el piloto podrá ver esto o bien a través de lo que sentirá en el cuerpo, o bien consultando el Horizonte Artificial)-. El piloto deberá también resistir -acostumbrarse- a una fuerza que lo mantendrá pegado al asiento (fuerza que, como se ha visto, aparece porque el piloto, mediante la palanca, no deja bajar al avión). Llega el momento de poner fin al viraje -momento que el piloto habrá identificado controlando la lenta rotación del indicador de rumbo (indicador inspirado de la brújula). El piloto inclinará entonces la palanca a la izquierda hasta que el Horizonte Artificial, o su visión de la línea de horizonte, le indique que está paralelo al suelo; dejará de atraer la palanca hacia sí, por lo que acabará esa sensación de resistencia, en su mano, y dejará de apoyar el pedal derecho. Ya está listo para realizar otro tramo de vuelo recto y nivelado. Como se ve, las maniobras básicas del pilotaje implican aprender a coordinar finamente la visión y el tacto, tanto a nivel de las manos como a nivel de los pies, y aprender a adaptar cada maniobra a los movimientos que la atmósfera realiza durante la maniobra.

Esto es una segunda característica a destacar: nunca un gesto que se le aplica a la palanca será igual. Un mismo 'efecto' (movimiento que se imprime al avión) se alcanza con gestos de distinta amplitud -esta amplitud dependiendo de circunstancias específicas: el peso del avión en ese momento; el viento en ese momento; la velocidad en ese momento. Por ejemplo, hacer un viraje a 20° puede requerir más o menos inclinación de la palanca si el avión va rápido o no. Y si hay viento cruzado, dependiendo de su dirección, este viraje a 20° se tendrá que transformar en 25°, o en 15°. En este caso (y esto se vio en un vuelo de observación) el alumno tendrá que coger una referencia visual del suelo (un edificio, una chimenea) y hacer que 'no se mueva' de *tal* parte de la ventana del avión. Sucede lo mismo con una inclinación del morro del avión: si hay un chorro de viento en contra, uno se quedará alto aún si se lo ha inclinado con la inclinación habitual para bajar. Además, el elemento que viene a perturbar la manera habitual de realizar el gesto podrá no verse, no sentirse: si bien hay situaciones en que se siente la racha de viento -en todo el cuerpo, ya que sacude el avión; o en la palanca, ya que sacude los alerones- habrá otras situaciones en las que la perturbación atmosférica, más constante, no se sentirá: habrá entonces que estar atento a lo que digan los instrumentos, o bien (lo dijeron varios instructores) a la dirección con que sube el humo de las chimeneas, para así entender hacia donde se está desviando el avión, y poder entonces actuar sobre la palanca en consecuencia.

De ahí un accionamiento de las manos (respecto a la palanca) complicado, con ambivalencias, que hay que aprender; y que hay que aprender también porque la palanca se puede mover en todas las direcciones y con cualquier recorrido e intensidad: no tiene posiciones fijas como la palanca de cambio de velocidades de un automóvil. Esto hace

también que el accionamiento de la palanca sea sutil. Se piensa a la imagen de ir dando botes a una pelota de fútbol con el muslo, sin dejarla caer: habrá que mover el muslo de manera distinta cada vez, y a veces hasta habrá que saltar -si la pelota se ha ido lejos por el viento-; habrá al mismo tiempo que mirar la pelota, pero también mirar por el rabllo del ojo el muslo que uno está moviendo; habrá que prestar atención a los estímulos procedentes de los pies, del conjunto del cuerpo, para no perder la estabilidad... Para visualizar en este ejemplo el hecho que en un avión un cambio de viento 'no se ve venir', se podría pensar que la pelota que estamos haciendo botar cambia súbitamente de consistencia interna, y o bien deja de botar, o bien se eleva muchísimo...

La imposibilidad de que el movimiento de la mano del piloto se convierta 'automáticamente', 'exactamente', en un movimiento exactamente similar, pero ampliado, del avión, y el hecho que nada en la palanca indique (por medio de posiciones fijas) cuanto se la ha movido-, crea una imprecisión significativa en la cadena de transmisión (de los deseos del piloto a lo que el avión hace efectivamente), imprecisión que motiva expresiones muy difundidas acerca de 'las manos' de los pilotos: un piloto que 'tiene manos...' indica un profesional que sabe contrarrestar esta imprecisión, que sabe coordinar ojos y pies.

Los instructores dicen que para manipular la palanca correctamente no tienen que aparecer las venas a nivel de la muñeca. Si se ven las venas quiere decir que la mano va agarrotada a la palanca: va agarrotada porque el alumno quiere impedir que el avión se mueva. Si en cambio se deja un cierto grado de libertad a la palanca -y como tal, uno no la agarrota- se podrá controlar mejor el movimiento del avión. Los instructores dan la imagen del camarero que lleva una bandeja: si se la lleva agarrotada, todo lo que está encima volcará; si se le deja un cierto juego, si la muñeca va un poco más suelta -si no aparecen las venas-, no volcará.

A nivel del discurso de los pilotos, las palabras con que describen esta gestualidad la infravaloran de cara a un observador exterior, o no la explican en su justa medida: hablan simplemente de una 'habilidad manual', y el menosprecio que la palabra manual tiene en nuestra civilización contribuye a silenciar la importancia de esta gestualidad. Pero si al contrario se piensa en el ejemplo de hacer botar una pelota con el muslo se vislumbra ya un fenómeno más amplio. Y si se piensa en la necesidad de mirar coordinadamente, de coger referencias visuales en el suelo, de ir variando, se ve que este 'pilotaje manual' es todo un mundo, es una coordinación de muchas cosas. Es un saber que no es baladí: «*el feeling es agilidad mental, ruido, vibración, culo...*» (Piloto nº7).

Habrá que mantener vigente esta pericia. Por norma, si no se ha pilotado un avión en más de dos meses, se tiene obligatoriamente que hacer un vuelo con un instructor para recordar

las pericias específicas: *«cada vez que pasas dos meses sin volar, te tienen que hacer una nueva suelta porque has perdido pericia, tacto»*. Como se ve, las normativas aprecian a su justa medida el valor de la pericia manual.

Por otro lado hay que resaltar que la palanca ofrece al piloto informaciones importantes acerca de lo que está haciendo el avión. Cuando el avión va rápido resulta difícil moverla ya que ofrece resistencia. En vuelo lento -como en la aproximación a la pista de aterrizaje- se mueve sin ofrecer resistencia, y hay que moverla con gran amplitud para obtener un resultado. Al inclinarla hacia delante o detrás, ofrece resistencia, crea presión en la mano (ya que el avión, como se ha visto, desea, para cada velocidad que se le puede dar, volar a una altitud determinada). Por tanto la palanca es un indicador muy útil (a nivel de inputs táctiles) de la velocidad, y del hecho que el piloto esté adquiriendo o perdiendo altitud. "Tener buenas manos" es entonces no sólo adquirir una gestualidad sutil, que sepa mandar la palanca, sino también adquirir una sensibilidad para poder entender sus mensajes.

Por último, esta gestualidad y sensibilidad variarán un poco según el tipo de avión: en los Cessna hay que hacer mucho esfuerzo en la palanca para que el avión se mueva; en los Robin, la palanca se mueve casi sin esfuerzo. Más adelante se comentará cómo evoluciona el 'tacto' de la palanca en los aviones más grandes.

3.2.1.3 Aprender a mantener el avión 'recto y nivelado'

Implica vigilar a la vez el horizonte (o el indicador de actitud), el altímetro y la velocidad, y hacer que 'no se muevan de su sitio' (para impedir que el avión entre en su movimiento caótico habitual). Para esto, se aconseja que el piloto haga un barrido visual específico de los instrumentos. Mantener el avión recto y nivelado no es algo fácil de aprender: *«al principio mueves la palanca sin relacionar que sube o que baje. Después aprendes a anticiparte. (...) después el avión se mueve sólo si hay turbulencia. Después, sabes porqué sube o porqué no sube. Al cabo de un mes y medio, ya controlas»*. (Piloto nº6)

Una vez que se ha asimilado el vuelo recto y nivelado, se lo practica en 'vuelo lento' (velocidad cercana a la velocidad de pérdida) ya que es más difícil mantener el avión recto y nivelado a baja velocidad. Es necesario practicar esto porque el último tramo del aterrizaje se realiza lentamente, y es esencial no salirse del rumbo de pista en los últimos segundos. El dominio del vuelo lento requerirá que el alumno se acostumbre:

- a sentirse inclinado hacia atrás pero avanzando hacia delante (el avión sólo puede volar lentamente estando inclinado hacia atrás)
- a mover más enérgicamente la palanca y más a menudo (porque los movimientos de los alerones tienen menos efecto sobre el aire a baja velocidad, y que el avión a baja velocidad

es más presa de los movimientos del viento que a alta velocidad, en particular porque los flaps están desplegados).

3.2.1.4 Aprender a aterrizar

«Al bajar, no estás mirando los instrumentos: miras la pista. Y sabes, porque has educado tus sentidos, si estás bajando demasiado rápido o no -porque lo sientes, lo has hecho 8.000 veces... Si miraras los instrumentos ¡te empotrarías! La pista: a ojímetro. No tienes nada que te ayude»; «Para aterrizar tienes que entrenar la vista, para saber a qué altura están las ruedas del suelo. No ves la distancia real al suelo: en las primeras tomas, '¡bum!'» (Piloto nº4).

¿A que remiten estos comentarios? El aterrizaje se realiza efectivamente 'a ojo': el piloto tiene que saber si se está acercando a la pista demasiado alto o demasiado bajo sólo por la forma que adquieren las líneas de fuga de la pista y por el lugar relativo que esta ocupa en el paisaje en relación con la línea de horizonte. Esta percepción no es fácil de adquirir, y se tendrá que actualizar en muchas de las pistas en las que el piloto vaya aterrizando, ya que presentan variaciones de ancho y de largo, y pueden falsear por tanto la impresión de altitud relativa que tiene el avión. El riesgo de llegar a la pista demasiado alto es simplemente que el avión, al tener que seguir en los últimos segundos una pendiente más pronunciada, se acelerará (ver más arriba) y no podrá aterrizar. El riesgo de llegar a la pista demasiado bajo es el de tener que dar mucho motor, lo que se traduce en un sobreconsumo de combustible.

Por otro lado, hay que destacar que no sólo es difícil aprender, visualmente, si uno se encuentra en la pendiente correcta de acercamiento a la pista, sino que también es difícil juzgar si uno se va acercando a esta siguiendo su eje o no. Desde la distancia en que se inicia la aproximación, la pista se ve muy pequeña y es difícil reconocer un error. Al cabo de unos momentos todo se acelera: la pista ya está ahí, y cuando uno se da cuenta que tiene que virar porque sino no «meterá» el avión en la pista ya es demasiado tarde: con la velocidad que tiene el avión, el viraje no se puede hacer y hay que abortar el aterrizaje. Es por esto que se establece, en muchos casos, la obligación de hacer un 'circuito' entorno a la pista de aterrizaje (con un tramo paralelo a ésta) para poder situarse visualmente respecto a la pista antes de realizar los últimos virajes para encararla. Aquí también habrá que educar la vista, prever las rectificaciones en caso de viento cruzado...

En el último tramo de la aproximación habrá que estar listo para corregir la trayectoria de inmediato: sea poniendo gases, si súbitamente se pierde altura, o moviendo rápidamente la palanca en sentido lateral, si se encuentran rachas de viento. Si el viento es constante y su dirección cruzada respecto a la dirección de la pista, habrá que hacer bajar el avión 'en cangrejo' (apoyando uno de los dos pedales que controlan el giro del timón de cola) para no verse desviado del eje de la pista. Una vez que las dos ruedas traseras habrán tocado tierra,

habrá que rectificar, mediante los pedales, la posición 'cruzada' del avión respecto a la pista para que la rueda de morro toque la pista ya en su eje. Para realizar esta maniobra resulta clave coger referencias exteriores (como la dirección del humo de una chimenea) para saber así cómo va evolucionando el viento, y mirar a último momento la manga de viento ubicada en la cabecera de la pista, ya que la indicación de viento que da la torre de control puede no aplicarse al viento que hay justo a nivel de la pista.

Estas características del aterrizaje son también aplicables a los aviones grandes. En este sentido, hay que señalar que la última prueba de pericia para autorizar un piloto a volar un avión de compañía aérea es hacerle realizar una serie de aterrizajes y despegues seguidos. Hay que precisar sin embargo que los aviones de generación glass-cockpit están equipados para poder realizar aterrizajes totalmente automáticos. Aún así, no todos los aeropuertos están equipados, a nivel de sus radioayudas, para permitir estos aterrizajes. En España, por ejemplo, ningún aeropuerto está equipado para permitir al avión aterrizar totalmente sólo. Por eso, los últimos momentos del aterrizaje de los aviones de pasajeros se realizan, en muchos aeropuertos, 'a ojo', como en las avionetas de escuela.

3.2.1.5 Aprender los primeros elementos reglamentarios del pilotaje

La adquisición de la licencia de Piloto Privado implica aprender los primeros conocimientos del sistema aeronáutico. Hay que iniciarse a la comunicación por radio (realizada en un lenguaje específico difícil de adquirir), al conocimiento de la meteorología, a los rudimentos de navegación... El alumno se entera entonces que el cielo es en realidad un 'espacio aéreo' dividido en niveles de vuelo, en pasillos, en zonas en las que está prohibido volar; que si desea desplazarse hacia un rumbo comprendido entre 0º y 179º deberá utilizar altitudes de vuelos impares, y altitudes pares en el caso de otros rumbos... Por otro lado, hay que integrar también los primeros procedimientos: en caso de parada de motor habrá que dar al avión una cierta inclinación de morro para que pueda recorrer la máxima distancia posible hasta un hipotético terreno -un campo- donde pueda realizar un aterrizaje de emergencia, etc.

3.2.1.6 Descripción de una secuencia de vuelo

Se describen a continuación las acciones de mando que hay que realizar durante un vuelo y que serán comunes a todos los aviones.

Despegue y ascenso. Se debe avanzar (hasta el máximo, o prácticamente el máximo) la palanca de gases. Mientras el avión se acelera, hay mantener la palanca de mando ligeramente hacia delante para evitar que el avión comience a dar saltos cuando se acerca a

la velocidad a partir de la cual es capaz de volar. Si hay rachas de viento cruzado durante esta carrera de despegue, habrá que ir accionando los pedales para compensarlas. Una vez que se haya un poco sobrepasado la velocidad a la que el avión comienza a poder volar, habrá que tirar hacia atrás la palanca y el avión se elevará.

Todo el ascenso se hará con las palancas de gases avanzadas casi hasta el máximo (habrá que reducir un poco la potencia unos segundos después del despegue para que el motor sufra menos: se hablará entonces de 'potencia de despegue' y de 'potencia de ascenso'). Durante el ascenso la palanca de gases no se tocará; estará siempre en posición delantera. Respecto al movimiento que se imprimirá a la palanca de mando en el ascenso, se puede decir que:

- se la tendrá que mantener inclinada hacia atrás durante todo el ascenso, porque se forzará al avión a ascender más rápido que el ascenso que el avión realizaría naturalmente sólo, con plena potencia
- para virar a la izquierda o a la derecha durante el ascenso, se inclinará lógicamente la palanca hacia la izquierda o hacia la derecha, pero siempre reteniéndola hacia atrás

Crucero. Se nivelará el avión en una altitud de crucero retrasando la palanca de gases hasta que el avión deje de subir.

Descenso. Se conseguirá, básicamente, retrasando la palanca de gases hasta que el avión comience a bajar. Habrá que respetar la pendiente de descenso natural, planeado, del avión: forzarla (hacer seguir al avión una pendiente más inclinada que la que naturalmente sigue cuando se le corta la potencia) hará que el avión se acelere; como lo que se quiere es que el avión no sólo no se acelere, sino que pierda la velocidad que tenía en crucero (hasta llegar casi sin velocidad a la cabecera de la pista) será necesario respetar esta pendiente natural de descenso (variable con cada tipo de avión). Habrá que calcular por tanto el inicio del descenso en función de la inclinación de esta pendiente, de la altura a la que esté el avión en crucero y de la distancia que quede hasta el aeropuerto.

Variaciones de velocidad. En el ascenso y el descenso, se variará la velocidad tirando o empujando la palanca. Esto hará describir al avión, en un plano vertical, una trayectoria en forma de 's'; por tanto, si se quiere que el avión mantenga una trayectoria rectilínea, habrá además que manipular la palanca de gases.

En el crucero, se acelerará o se frenará al avión avanzando o retrasando la palanca de gases (y manipulando entonces la palanca de mando para que el avión no suba ni baje)

Manipulaciones específicas. En todo avión habrá que realizar, al ascender y al descender, una serie de operaciones para adaptar el funcionamiento del avión a los cambios de presión

y de temperatura debidos a la altitud. Estas operaciones serán más complejas conforme aumenta el tamaño del avión (en los aviones de transporte de pasajeros diseñados al final de los años 50' y 60', como el B-727 y el B-747-200, un tripulante específico -el mecánico de vuelo- es el encargado de realizar estas configuraciones y reconfiguraciones de la máquina, como por ejemplo conectar la calefacción del combustible cuando el avión asciende para evitar que hiele con el descenso de la temperatura del aire en altitud). En los glass-cockpit muchas de estas operaciones se harán automáticamente, por lo que se suprime el mecánico de vuelo.

3.2.2 Aprendizaje avanzado en escuela de pilotaje

Consiste en aprender a pilotar una avioneta bimotor en condiciones de Vuelo Instrumental para preparar el examen de Piloto Comercial. Destacan los elementos siguientes:

3.2.2.1 Aprender a ubicarse a ciegas

La obtención de la habilitación para Vuelo Instrumental dentro de la licencia de Piloto Comercial implica que el alumno sea capaz de entender el movimiento del avión, y dirigirlo, únicamente a partir de lo que van indicando los instrumentos. La dificultad esencial de este ejercicio es que cada instrumento indica sólo *un* componente del desplazamiento global:

- el indicador de actitud (horizonte artificial) indica los grados de inclinación del avión hacia delante, detrás y hacia los lados, pero no indica si el avión está subiendo o bajando. Se podría estar avanzando en línea recta con el morro inclinado hacia arriba (vuelo lento), o se podrían tener las alas inclinadas y seguir recto, sin virar; también se podría estar bajando con el avión perfectamente horizontal
- el anemómetro indica la velocidad del avión respecto a la corriente de aire que se atraviesa pero no la velocidad respecto al suelo: se podría estar avanzando a 200 km/h 'frente' a un viento de 200 km/h y por tanto estar inmóvil respecto al suelo. Otro ejemplo: si se asciende con una pendiente de 20° respecto al suelo, la velocidad indicada por el instrumento tampoco corresponderá a la velocidad de desplazamiento respecto al suelo;
- el altímetro indica la altitud del avión respecto a un referencial determinado (la altitud del aeropuerto, por ejemplo) pero no respecto al relieve geográfico que el avión va sobrevolando;
- el variómetro indica la velocidad vertical del avión, pero para saber con qué pendiente se está subiendo o bajando, se tendrá que hacer una visualización mental que integre la información proporcionada por el anemómetro;

- el indicador de rumbo indica hacia qué rumbo (medido respecto a 360º) está apuntando el morro del avión, pero no hacia qué rumbo efectivo se está dirigiendo -si hay viento lateral, se tendrá que hacer avanzar al avión 'en cangrejo' y por tanto el rumbo indicado no corresponderá al rumbo sobre el suelo

Como se puede ver, lograr ubicarse en el espacio -y saber cómo y hacia donde se está desplazando el avión- mediante la lectura de los instrumentos implica un verdadero entrenamiento. En nuestro universo terrestre sabemos cómo nos desplazamos al observar cómo evolucionan las líneas de fuga del entorno que tenemos ante nuestros ojos. Esta información, continua, 'analógica', no se da en el Vuelo Instrumental, en el que por el contrario el piloto recibe inputs parciales que debe integrar en un todo coherente. Es un poco como si el avión dijera al piloto: "en el eje x te has desplazado de tanto; en el eje y de tanto, y en el z de tanto, pero tú debes saber donde estás".

Este esfuerzo de imaginación específico que el piloto debe realizar para situarse en el espacio no impide que, llegado el momento de la aproximación y del aterrizaje, el piloto deberá revertir a la manera tradicional, 'terrestre' de situarse -escudriñando las deformaciones de las líneas de fuga de la pista para saber cómo se está aproximando-.

3.2.2.2 Aprender a pensar más rápido

La avioneta bimotor que se utiliza para la preparación de la licencia de Piloto Comercial es más rápida y tiene más sistemas que la avioneta básica que utilizan los Pilotos Privados:

«Con una avioneta más rápida tus reacciones tienen que ser más rápidas: tienes medio minuto para dar una notificación, y no cuatro minutos. Tienes más mandos, más datos (paso variable, dos motores -con el doble de instrumentos de motor-), tren de aterrizaje retráctil, inercia... Y tú tienes que reaccionar para que el avión no vaya de un lado para otro. Para que te salga un vuelo bien» (Piloto nº4);

«Cuantos más aparatos tienes que pensar en más cosas» (Piloto nº4);

«Si el avión va a 200 km/h, tienes que pensar mucho más rápido. El avión reacciona antes que tú. Es una máquina, pero te está llevando: es una situación peligrosa» (Piloto nº4).

3.2.3 Primeras experiencias como piloto profesional

3.2.3.1 Seguir el Plan de Vuelo Instrumental y las instrucciones del Control aéreo

¿En qué consiste el seguimiento de un Plan de Vuelo Instrumental? El pilotaje implica no sólo saber en qué actitud está el avión y hacia donde se está dirigiendo, sino también dirigir al avión por una trayectoria predeterminada por el Control aéreo, hecha de segmentos (que pasan por coordenadas geográficas y de altitud determinadas), sin que esta trayectoria sea visualmente observable desde la cabina de pilotaje. Se denomina Plan de Vuelo Instrumental a la serie de instrucciones que especifican que puntos se tendrán que sobrevolar, y a qué altitudes, para ir del aeropuerto de partida al aeropuerto de destino (vista en planta, la trayectoria de un avión entre dos aeropuertos no es un línea recta sino un zigzag -una serie de segmentos-). Algunos de los puntos de un Plan de vuelo pueden ser escogidos por el piloto, mientras que otros son de sobrevuelo obligatorio (y a altitudes específicas). Esto último se produce a menudo en el espacio aéreo que circunda los aeropuertos.

Ejecutar un Plan de Vuelo Instrumental resulta complejo por varios elementos. Hay que manipular y entender rápidamente las indicaciones de un instrumento, el VOR, que da la información de rumbo que necesita el piloto pero de manera compleja. En primer lugar, hay que sintonizar la frecuencia del VOR hacia el cual uno se dirige (por ejemplo, el VOR de Perpiñán), frecuencia que habrá que buscar en un mapa. Seguidamente, habrá que hacer rotar, mediante un botón, una aguja en un instrumento, hasta que sus dos componentes coincidan y aparezca la indicación 'from' (si el Control aéreo especifica un radial de alejamiento de ese VOR, habrá que hacer la misma manipulación pero hasta que aparezca la indicación 'to' -o bien restar 180° al radial comunicado y buscar la indicación 'to'). Y después habrá que pilotar el avión de manera a que las dos agujas sigan conjuntadas a pesar de los cambios de viento.

Durante el crucero esta operación de sintonización de VORes debe realizarse sólo de tanto en tanto (las antenas VOR están separadas por 200 / 300 km), pero en los despegues y aproximaciones hay que hacer estas manipulaciones de manera muy seguida. Esto implica una actividad de ubicación mental difícil, sobre todo porque el piloto no se puede preparar antes del vuelo para visualizar mentalmente la trayectoria de salida o de llegada al aeropuerto: estas trayectorias son comunicadas al piloto pocos momentos antes del despegue o ya durante la aproximación (el control aéreo indica entonces cuales, de los muchos circuitos de salida o de llegada posibles al aeropuerto, habrá que seguir). Destaca

este comentario de un piloto experimentado: «*El gran orgullo de los pilotos, con la navegación VOR, es no perderse*» (Piloto nº10).

Hay también situaciones en las que el Control aéreo ordena al piloto, una vez que está en crucero, que abandone el Plan de vuelo original y se dirija hacia otros puntos geográficos (y esto por saturación momentánea del espacio aéreo). Un piloto entrevistado indicó que un día, al efectuar un vuelo Londres-Madrid, se le solicitó repentinamente que se dirigiera hacia Copenhague. La dificultad en este caso será asimilar inmediatamente las instrucciones (dichas en un idioma críptico y muy rápidamente) y adaptar el resto del vuelo al cambio (volver a calcular los consumos de combustible, los tiempos de llegada...).

Otro piloto entrevistado señaló que, para preparar la prueba de pericia de la licencia de Piloto Comercial (que se realiza en un avión, con el examinador sentado al lado), se entrenó durante varias semanas al cálculo mental (en particular a sumar y restar 180 y otros valores determinados correspondientes a los rumbos de interceptación) para así adquirir automatismos mentales que le permitieron, el día de la prueba, obedecer sin problemas las órdenes de rumbo y concentrarse únicamente en tener que «*luchar con el avión*» (esforzarse por dirigirlo).

3.2.3.2 Asimilar la radio

Dominar el lenguaje que se utiliza en los intercambios entre el Control aéreo y los pilotos es una condición *sine qua non* del Vuelo Instrumental. Resulta un aprendizaje difícil ya que, en primer lugar, llegan a la cabina todas las comunicaciones entre el control aéreo y los aviones que están volando a proximidad (esto ha sido establecido por seguridad: el piloto, no pudiendo ver los otros aviones, se hará una imagen mental de la localización de éstos al escuchar las comunicaciones que establecen con el Control). Esta escucha de la radio implicará a veces tener que discernir, entre una verdadera cacofonía de mensajes, el mensaje realmente destinado al piloto. En segundo lugar, se trata de un idioma específico: «*autorizado tres tres cero, mantenga dos mil quinientos o superior*» significa que el piloto acaba de ser autorizado a ascender a 33.000 pies, y que se le requiere que mantenga una velocidad vertical de 2.500 pies o más por minuto. Esto se dice en inglés en los vuelos internacionales, y con controladores que tienen acentos específicos, por lo que la dificultad es mayor. Existen manuales de aprendizaje de la comunicaciones por radio hechos a base de cassettes, en que las órdenes más habituales del Control aéreo se dicen, primero, a muy poca velocidad, para después acelerarse. Es habitual, a nivel español, que los pilotos que se preparan para los exámenes de admisión a las compañías de transporte de pasajeros sigan cursos en escuelas de pilotaje de Estados Unidos para perfeccionar su comunicación en inglés.

3.2.3.3 Asimilar la meteorología

Para personas ajenas al sistema aeronáutico la meteorología no presenta relación alguna con la complejidad de la meteorología aeronáutica. Un piloto debe tener en cuenta, en primer lugar, lo que pasa a nivel del suelo en la zona del aeropuerto de partida (dirección del viento, temperatura, densidad del aire y punto de rocío -esenciales para calcular elementos del despegue-); en segundo lugar, las previsiones meteorológicas de las zonas que serán recorridas en altitud, y por último las previsiones para el aeropuerto de llegada. Además, como la meteorología puede obligar a cerrar el aeropuerto de destino mientras el piloto está volando hacia éste, se deberán conocer las condiciones reinantes en aeropuertos alternativos. Si se piensa en un vuelo como Londres-Singapur, que sobrevuela Europa central, Turquía, Irán, India... y que, al cambiar de hemisferio, implica 'salir en invierno y llegar en verano', se podrá tener una idea de la complejidad de los parámetros a atender. Se reproduce a continuación un parte meteorológico del aeropuerto Kennedy (Nueva York) tal como un piloto lo recibe antes de despegar de Londres:

«TAF

KJFK 1212 06011 2400 61RA 8ST003 INTER 1220 4800 61RA 8ST007
GRADU 1920 25014 999 WX NIL 8SC020 PROB40 2023 3200 83RASN
8ST010 GRADU 223 29017/28 5SC035 GRADU 0507 CAVOK GRADU 1011 27015»⁸

Esto significa (explicado por el piloto que se cita aquí):

«(...) the weather from 1200 hours G.M.T. on the day of departure for a 24-hour period until 1200 hours G.M.T. on the following day to be: wind at 060°T at 11 knots, visibility 2400 metres, rain, cloud cover 8/8ths stratus at 300 feet; intermittently between 1200 and 2000 G.M.T. visibility 4800 metres, rain, 8/8ths stratus at 700 feet; gradually between 1900 and 2000 G.M.T., wind 250°T at 14 knots, visibility more than 10 kilometres, weather nil, 8/8ths stratocumulus at 2000 feet; between 2000 and 2300 G.M.T., 40 probability of weather becoming 3200 metres, rain and snow, cloud 8/8ths stratus at 1000 feet; gradually between 2200 and 2300 G.M.T., wind 290°T at 17 knots, gusting 28 knots, cloud 5/8ths stratocumulus at 3500 feet; gradually between 0500 and 0700 G.M.T., cloud and visibility OK; gradually, 1000 to 1100 G.M.T., wind 270°T at 15 knots.»⁹

3.2.3.4 Asimilar aviones más rápidos y complejos

Los aviones que se utilizan en las primeras experiencias profesionales que pudimos observar son de tipo avioneta biturbohélice, con una velocidad de crucero de 600 km/h, presurización, una envergadura de unos 14 m y una masa máxima de despegue de unas 7 toneladas. Estamos todavía lejos de los 65 metros de envergadura de un B-747-400 y de sus

⁸ Stewart, S. (1992). *Flying the big jets*. 3ª ed. Shrewsbury: Airlife Publishing, p. 20

⁹ Stewart, S. (1992). *Flying the big jets*. Op. cit. p. 20

395 toneladas de masa máxima de despegue, pero observemos los comentarios de un piloto de estas avionetas turbohélice indican que ya son complejas en sí:

«Tienes que mirar en permanencia 32 instrumentos»; «Cuando vas a 600 km/h, el descenso lo tienes que preparar 50 millas antes»; «El novato se pasa de velocidad, de rumbo, de altura» (Piloto nº7).

Sin embargo, el piloto logra, al cabo de un tiempo, sobrellevar este salto en la complejidad:

«Tienes que mirar en permanencia 32 instrumentos, pero en realidad, sólo 2 ó 3 son esenciales. Con el horizonte artificial, ya puedes deducir el movimiento de 2 ó 3 instrumentos más de los que componen el 'T' básico. El horizonte artificial son tus ojos. Es el Alma Mater. Con sólo mirarlo, sabes el resto. Te fías de él. Todo está mezclado en el horizonte artificial: la velocidad, el rumbo y la altura. Los gases también son importantes. Si controlas eso, controlas el resto»;

«Cuando vas a 600 km/h, el descenso lo tienes que preparar 50 millas antes. Y pasarte, o que no te salga bien, pues no te gusta. No relaja. Después aprendes a mover esto muy suavemente» (Piloto nº7).

3.2.4 La admisión en una compañía aérea de transporte de pasajeros

3.2.4.1 Aprobar la prueba de pericia

La admisión en una compañía de transporte de pasajeros requiere superar una serie de exámenes entre los que destaca la prueba de pericia. Esta consiste en pilotar un simulador realista de un avión de pasajeros o un jet de negocios. Su principal dificultad se debe a que es prácticamente imposible que el candidato haya podido pilotar estos aviones (o sus simuladores) con anterioridad al examen.

Según una información de agosto de 2002, Iberia examina a los candidatos en un simulador de Boeing B-727 -un aparato de tres reactores, apto a transportar unos 180 pasajeros, de 94 toneladas de masa máxima, 47 metros de longitud, y que vuela a unos 890 km/h-. Estamos muy lejos de los aviones que los candidatos habrán podido pilotar en sus primeras experiencias profesionales: lejos a nivel del comportamiento del avión -en especial a nivel de la inercia-, lejos a nivel del número de instrumentos que hay que atender, de los sistemas que hay que entender, de la rapidez mental que implica dominar este tipo de máquina (se está yendo a casi 900 km/h)... Si bien los candidatos tratan, para prepararse a estos exámenes, de pagarse horas de vuelo en simuladores -con un precio prohibitivo-, poder

aprobar, poder realizar una actuación satisfactoria en un Boeing B-727 sin haberlo pilotado antes es sin duda algo reservado a sujetos excepcionales. Un piloto entrevistado hablaba así de un colega que había suspendido el examen de entrada en una de estas compañías (efectuado en simulador de DC-9): *«cuando le tocó su turno, el avión [el simulador] no paraba de subir y bajar...»*.

Los candidatos que aprueban los exámenes de entrada a una compañía deben, después, seguir la formación a los aviones de la compañía en cuestión (estos pueden ser, para un piloto que comienza, el A-320 o el MD-87) y aprobarla. En principio, todos los candidatos que han sido admitidos a la compañía aprueban el examen del avión con el que comienzan su actividad en la compañía. Esto apuntaría a que es tan considerable la selección a la entrada de una compañía aérea de transporte de pasajeros, que los sujetos que superan esta selección pueden seguidamente aprobar aún los aviones más difíciles.

3.2.4.2 Integrar los sistemas y procedimientos de un avión de pasajeros

Para un observador exterior es difícil adivinar la complejidad mecánica que tiene todo gran avión; verdaderas 'fábricas', los aviones de transporte de pasajeros tienen sistemas eléctricos, hidráulicos, neumáticos, varios tipos de dispositivos de protección contra incendio, sistemas de presurización y de acondicionamiento del aire, de transferencia de carburante... y esto para que los alerones se puedan mover, para que haya luz a bordo, para que el aire sea respirable... Ya la avioneta básica tiene 'sistemas': tiene una batería, dos tanques de combustible, unas válvulas que hay que conocer y atender. Sin embargo, esta 'atención' por parte del piloto alcanza máximos en los grandes aviones. Para dar una idea de esta complejidad se reproducen en las figuras 11 y 12 las notas que un piloto en formación para pilotar el Boeing B-737-300 escribió al margen de un manual técnico de este avión.

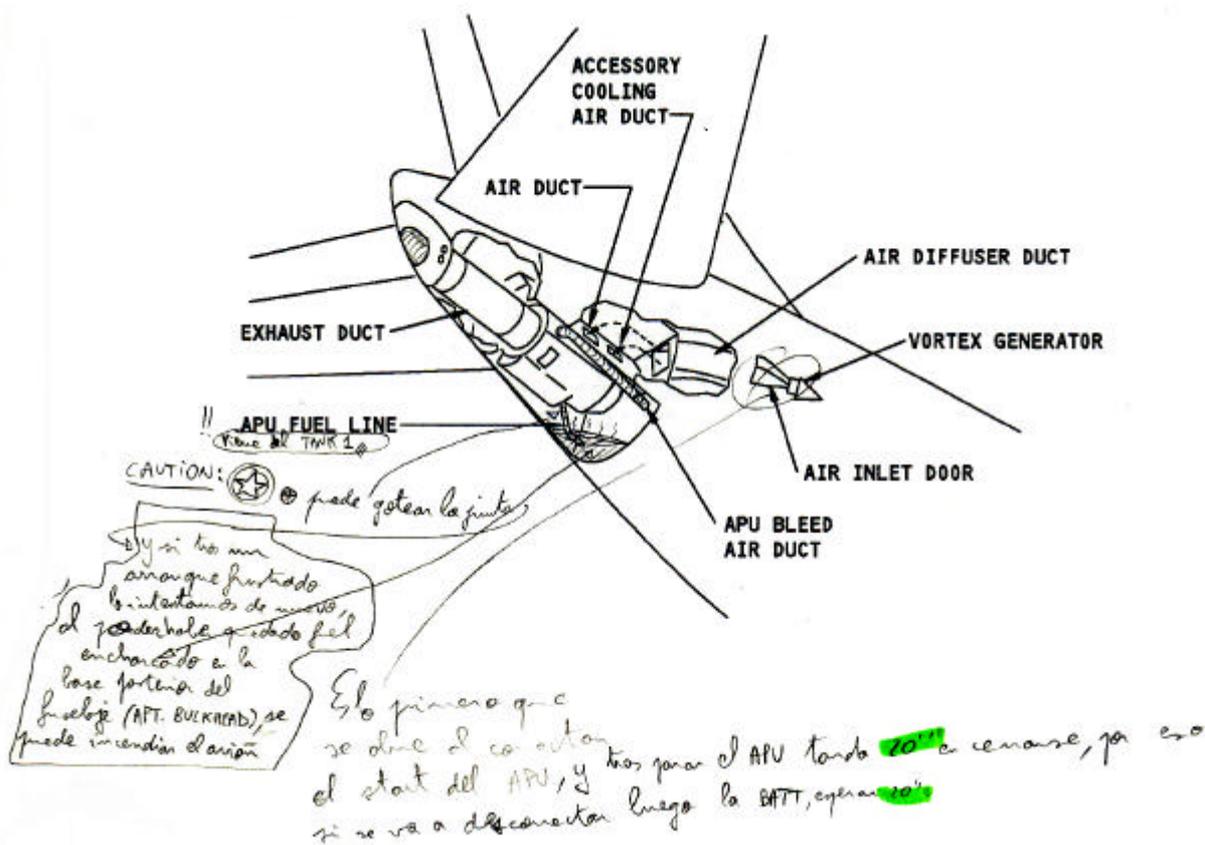


Figura 11. Notas que un piloto en formación escribió en un manual técnico del B-737-300 acerca de su Auxiliary Power Unit

Para concluir sobre los sistemas, hay que precisar que varían con cada avión, lo que aumenta la dificultad de las transiciones entre un avión y otro: «A nivel de sistemas, el DC-9 no tiene nada que ver con el DC-10, que no tiene nada que ver con el A-320» (Piloto nº13).

3.2.4.3 Enfrentar los fallos de un avión de pasajeros

Como lo indicó el piloto A (experto en seguridad aérea) en una entrevista (ver capítulo 2), los ingenieros diseñadores de aviones grandes no pueden imaginar todos los fallos que se pueden dar en estas máquinas, dada su complejidad. Es por eso que, por un lado, se enseña al piloto a reaccionar 'de memoria' a una cierta cantidad de fallos conocidos -los más graves, como por ejemplo el incendio de un motor-; esta cantidad está calculada para no saturar la memoria del piloto. Por otro lado, para muchos otros fallos conocidos considerados como menos graves, se entrena al piloto a que los enfrente en sesiones de simulador. Esto implica que el piloto haga el diagnóstico del fallo y actúe para subsanarlo, apoyándose en las instrucciones dadas por los manuales de bordo. Las instrucciones contemplarán sacar provecho del equipo que hay a bordo (comandante y copiloto) asignando a cada uno responsabilidades específicas. Pero en el caso de fallos no catalogados, se espera que la tripulación actúe de la mejor manera posible sin que se pueda especificar esta actuación por adelantado.

Las compañías aéreas entrenan a los pilotos a enfrentar los fallos conocidos del avión en simuladores realistas, y esto tanto en la fase de aprendizaje inicial del avión (para obtener la autorización de pilotarlo) como de manera periódica durante toda la carrera. Se asistió a un entrenamiento en simulador realista de A-320 en la etapa de aprendizaje inicial del avión. El entrenamiento tuvo dos fases. La primera consistió en simular fallos graves, como por ejemplo fuego en un motor al despegue; se trataba de ver la rapidez de reflejos de los alumnos (dos alumnos para un instructor) y su pericia para volver a aterrizar lo antes posible. La segunda fase del entrenamiento en simulador fue inspirada del LOFT (Line Oriented Flight Training), que comenzó a difundirse a principios de los años '80. Consiste en simular todo un vuelo (de una hora, dos horas...) y en ir insertando, en el simulador, fallos poco graves (como los que suceden en general en un vuelo normal) pero a un ritmo elevado, ya que se vio que los accidentes se originaban no tanto por la ocurrencia de un fallo grave, sino justamente por una secuencia rápida de fallos poco graves: esta concatenación ponía a prueba los recursos de la tripulación, la hacía más frágil, hasta llevarla a una situación crítica¹⁰.

¹⁰ OACI. (1989). *Compendio sobre factores humanos nº2: instrucción de la tripulación de vuelo: gestión de los recursos en el puesto de pilotaje (CRM) e instrucción de vuelo orientada a la línea aérea (LOFT)*. Circular 217-AN/132. Montreal: OACI

En el entrenamiento al que se asistió se realizaron dos secuencias de vuelo: un vuelo Barcelona -Valencia, y un vuelo Valencia - Madrid. En el primer vuelo, el instructor programó fallos sutiles en el momento de encender los motores -que es también el momento en que el avión es empujado hacia atrás (pushback) respecto al edificio del aeropuerto. Justo en ese momento significativo, en que las referencias visuales comienzan a moverse (después de los largos minutos pasados en la cabina inmóvil, antes y durante el embarque de los pasajeros, para conectar poco a poco todos los sistemas del avión), surgieron fallos para que el piloto tuviera que resolver el siguiente dilema: solicitar que se interrumpa el pushback, o dejarlo continuar pero con el riesgo, si la nueva tentativa de encendido del motor fallara, de que el avión bloqueara la pista de rodadura. El piloto informó del fallo al Control y solicitó unos minutos para resolverlo; pero justo cuando estaba por conseguirlo, el instructor -imitando al controlador- anunció que "quedaba muy poco tiempo para no perder el slot" -el espacio de tiempo reservado para que ese avión despegara a esa hora- y solicitó al piloto una decisión (para obligarle a interrumpir su tarea y pensar en otra cosa).

Una vez que, después del despegue, el vuelo se había desarrollado con normalidad durante más de 20 minutos, surgió otro fallo -justo en el momento en que el alumno podría haber 'bajado sus defensas'-. Este fue subsanado. Llegó la hora de preparar la aproximación a Valencia. En ese momento, se programó un fallo en el tren de aterrizaje delantero (el tren que no sale) por lo que fue necesario realizar un aterrizaje de emergencia. Durante su preparación, el alumno solicitó por radio a los bomberos (virtuales) que recubrieran de espuma sólo una parte de la pista (aquella en donde el piloto preveía que el avión bajaría el morro y empezaría a frotar contra el cemento), para que quedara suficiente espuma para apagar el eventual incendio que se declararía. Esta petición, acertada, nos hizo pensar que es justamente en aquellas situaciones en las que el piloto debe tener la capacidad de recordar uno de los cientos de elementos aprendidos para preparar los exámenes (en este caso, el hecho que los bomberos no dispongan de un gran stock de espuma), y que ese elemento tiene que ser pertinente y adecuado para la situación.

Del vuelo Valencia - Madrid destacó un fallo grave (grave en sí, y también porque acabó mal -con la pérdida del avión-): la aparición de humo en la cabina de pilotaje. En este caso, los procedimientos indican que los pilotos, después de ponerse inmediatamente las máscaras a oxígeno, deben ir desconectando sucesivamente todos los sistemas eléctricos del avión «*hasta que el humo desaparezca*». Esta consigna de los constructores puede parecer extraña por su imprecisión pero es la única manera posible de proceder: un gran avión tiene kilómetros de cables, la mayoría de veces situados en sitios inaccesibles, y en todos estos puede suceder un cortocircuito que dará lugar a llamas o a humo. Por tanto, lo único que se puede hacer mientras se realiza un descenso de emergencia hasta el aeropuerto más cercano (que dura como mínimo unos 15 minutos) es ir desconectando todo lo que se pueda

desconectar. Los alumnos (comandante y copiloto) procedieron a ejecutar esta consigna, lo que en el caso de un avión grande involucra conmutar muchos equipos (como ciertos equipos reciben su energía del generador ligado al motor izquierdo, otros del generador ligado al motor derecho, y otros de los dos motores, si se quiere desconectar uno de los dos generadores, habrá que conectar aquellos equipos indispensables para el funcionamiento del avión -que hasta ese momento recibían su energía del generador que se quiere desconectar- al generador que quede activo). Los pilotos ejecutaron esas maniobras correctamente -el humo dejó de invadir la cabina- y procedieron a dirigirse de urgencia al aeropuerto más cercano. Sin embargo, al cabo de unos cinco minutos se oyó la alarma de entrada en pérdida, señalando que el avión se había quedado sin velocidad. El piloto al mando puso entonces potencia máxima, pero debido a la inercia en la aceleración de los motores no fue posible adquirir velocidad lo suficientemente rápido, y el avión se precipitó contra el suelo. El simulador se sacudió para luego detenerse completamente: habíamos muerto, y sin saber por qué: la velocidad que anunciaban los instrumentos era suficiente: el avión no tendría que haber entrado en pérdida. Al regresar a la sala de curso, los alumnos estuvieron unos 5 minutos consultando los distintos tomos de centenares de páginas de los más de 10 manuales de vuelo del A-320 hasta dar con la solución: en el proceso de conmutación de las fuentes de energía de los equipos (efectuado para detener el humo), se había pensado en activar la calefacción de emergencia del tubo de Pitot. Este tubo, situado cerca del morro del avión, capta la presión del aire que se dirige hacia el avión; esta lectura es comparada con la presión de una toma estática de aire, situada a poca distancia del Pitot, y esta comparación es la que da la velocidad del avión. El Pitot tiene un sistema de calefacción eléctrico para evitar que la humedad ambiental se convierta en hielo cuando el avión suba hacia capas frías de la atmósfera, y que este hielo obstruya la entrada del tubo, falseando totalmente la medida de velocidad. La calefacción de emergencia del Pitot se había conectado. Sin embargo, no se había pensado en activar la calefacción de emergencia de la toma estática (o se lo había hecho, pero a raíz de otra manipulación esta calefacción se había desactivado, este hecho pasando desapercibido para los alumnos), por lo que se había formado hielo en esta toma estática, falseando la indicación de velocidad. Los pilotos pensaban tener velocidad todavía ya que el avión así lo indicaba, y lo iban frenando para poder encarar la pista. En realidad, estaban frenando cada vez más el avión hasta su entrada en pérdida y caída.

Destaca de este 'accidente' el hecho que los alumnos tuvieron que ejecutar decenas de acciones, en un tiempo muy corto, para enfrentar el humo en cabina (sin dejarse llevar al pánico de ver humo surgir por los orificios de aeración del puesto de pilotaje sin la posibilidad de escapar) y que estas acciones fueron ejecutadas satisfactoriamente: se interrumpió la combustión generadora de humo. Los pilotos también lograron conmutar correctamente casi todos los equipos. La calefacción de la toma estática se dejó olvidada. ¿No sería esto

también la responsabilidad de los diseñadores? ¿Por qué se contempla como normal que los pilotos tengan que hacer decenas de acciones en situación de estrés? ¿Por qué se acepta que el diseño de un avión sea tan complejo que no se sepa en qué lugar se puede originar humo? Lo único que sin duda se recordaría de un tal accidente es el error humano: "los pilotos no reconectaron uno de los circuitos que había que reconectar"...

En todo caso, la asistencia a este entrenamiento mostró, de manera muy expresiva, lo que significa enfrentar los fallos de un avión de pasajeros.

3.3 Elementos del pilotaje de un avión de pasajeros clásico (anterior al glass-cockpit)

Se examinará, a nivel de acciones y gestos, el pilotaje de un avión de pasajeros de tecnología anterior al glass-cockpit en una secuencia de vuelo, para saber cómo evoluciona la gestualidad del pilotaje (respecto a la gestualidad aprendida en los aviones de escuela). Las observaciones se refieren a un DC-10 (avión capaz de transportar unos 250 pasajeros en etapas de 6.000 km) pero pueden ser ampliadas a otros aviones de tecnología anterior al glass-cockpit (B-747-200, B-727...). Esto ayudará a señalar las diferencias que existen con los glass-cockpit.

3.3.1 Manipulación de la palanca de mando y de las palancas de gases de un DC-10 (manualmente y mediante el automatismo)

Como en todo avión (ver parte 3.1), el despegue se hará avanzando las palancas de gases y dejándolas avanzadas durante todo el ascenso, y tirando hacia atrás la palanca de mando a partir de la rotación. Lo que cambiará en un avión 'clásico' como el DC-10 respecto a un avión de escuela son dos elementos:

- la precisión en el posicionamiento de las palancas (precisión debida a la necesidad de optimizar el funcionamiento de los motores y el rendimiento aerodinámico global del avión)
- la intervención de automatismos para mantener las palancas en ciertas posiciones

3.3.1.1 Manipulación de las palancas de gases de un DC-10

Para posicionar las palancas de gases para el despegue (hay tres palancas, una por motor), el ingeniero técnico de vuelo (el 'tercer tripulante') calculará, antes del vuelo, cuál tiene que ser la potencia de despegue para ese día (para eso se introducirá, en un calculador específico, el peso del avión ese día, y la temperatura y otros parámetros atmosféricos del día); activando la opción Despegue, el calculador dirá qué nivel de N1 (revoluciones por minuto del primer compresor) habrá que poner en cada uno de los tres motores. En la cabecera de la pista, se empujarán manualmente las palancas de los tres motores hasta que en los tres instrumentos de N1 se alcancen los valores especificados por el calculador; el avión despegará.

Una vez que se alcance una altitud de seguridad habrá que retrasar las palancas de gases para proseguir el ascenso haciendo trabajar menos los motores. Para saber hasta donde habrá que retrasar las palancas, se hará un nuevo cálculo (con el calculador en la opción Ascenso) y se retrasarán manualmente las palancas hasta los nuevos valores de N1. Estas manipulaciones serán realizadas por el ingeniero técnico de vuelo.

El control del movimiento de las palancas de gases mediante un automatismo intervendrá después de estas manipulaciones. Una vez que las palancas de gases estén posicionadas en el valor de N1 indicado para el ascenso, el piloto no al mando, a petición del piloto al mando, pulsará el botón N1 situado en el Panel de mandos del piloto automático, y seguidamente pulsará el botón de Autothrottle (Gases automáticos): este automatismo se encargará de hacer ligeramente avanzar o retrasar las palancas de gases para que se lleve el valor de N1 vigente cuando se conectó el Autothrottle (y esto a pesar de los cambios en las características de la atmósfera que sucederán conforme el avión vaya ascendiendo, cambios que incidirán en los motores).

Cuando se esté por alcanzar la altitud de crucero habrá que retrasar manualmente las palancas de gases para que el avión deje de subir. Esto desconectará el Autothrottle. Para saber qué nueva ubicación dar a las palancas de gases, el ingeniero técnico de vuelo calculará la velocidad de crucero óptima para ese día (mediante la función Crucero del calculador de potencia); el piloto no al mando la hará aparecer en un indicador específico del Panel de mandos del piloto automático, pulsará el botón Speed y conectará de nuevo el Autothrottle; las palancas de gases se moverán de manera a conservar esa velocidad. A nivel de vocabulario, se dirá que el Autothrottle estará conectado en 'modo speed'.

Para el descenso, se retrasarán manualmente las palancas de gases hasta dejar los motores al ralentí (esto desconectará el Autothrottle) y cuando se alcance una cierta altitud, se volverá a conectar el Autothrottle en la modalidad Speed, siempre indicando al sistema el

valor específico de velocidad que el piloto querrá llevar (o deberá llevar por exigencia del Control aéreo).

3.3.1.2 Manipulación de la palanca de mando de un DC-10

Toda palanca de mando se puede mover hacia delante, detrás y hacia los lados: hacia delante y detrás para mantener velocidades específicas en el ascenso y el descenso, y hacia los lados para dirigir al avión con rumbos específicos. Se examinarán en primer lugar los movimientos longitudinales.

Movimientos longitudinales de la palanca de mando

Las variaciones de velocidad de un avión de pasajeros están pautadas tanto por el constructor y la compañía aérea (en el sentido de llevar la velocidad más optimizada para cada fase del ascenso), como por el Control aéreo (que establece, por ejemplo, la prohibición de sobrepasar los 250 nudos mientras se está por debajo de 10.000 pies). En el DC-10, estas variaciones de velocidad se darán o bien en términos de una cierta velocidad vertical a respetar, o bien en términos de una cierta velocidad lineal a respetar.

Inmediatamente después del despegue, el piloto tendrá que inclinar (manualmente) hacia atrás la palanca de mando hasta que la aguja del variómetro (velocidad vertical) marque 2.000 pies (el avión ascenderá entonces a 2.000 pies por minuto). Una vez que se haya pasado a la fase de ascenso, el piloto tendrá que 'tirar menos' de la palanca hasta que el variómetro marque 500 pies. El piloto mantendrá esta posición de palanca, y esto permitirá acelerar el avión. Una vez que se alcancen los 250 nudos (de velocidad lineal), el piloto volverá a tirar ligeramente de la palanca para ir manteniendo este valor (y esto por exigencia del Control aéreo hasta que el avión alcance los 10.000 pies de altitud). Una vez que sobrepasada esta altitud, el piloto deberá posicionar la palanca para que el avión suba con 1.000 pies de velocidad vertical. Esto acelerará el avión hasta unos 310 / 330 nudos (dependiendo del peso del avión ese día). Cuando se alcance este valor, se mantendrá, también mediante una modificación de la posición de la palanca.

¿De qué manera intervendrá el automatismo en estos cambios de posición longitudinal de la palanca de mando?

En primer lugar, cuando el piloto tenga que mantener 'manualmente' la palanca en una cierta ubicación, accionará un dispositivo -el compensador- para no tener que estar tirando constantemente de la palanca. El compensador no se considera en general como un automatismo; se encuentra también en las avionetas básicas. Pero se lo clasifica aquí en la categoría de automatismo ya que descarga al piloto de una parte de su esfuerzo. El

compensador se acciona con la misma mano con la que se coge la palanca. Accionar el compensador no dispensa al piloto de rectificar cada vez que sea necesario la posición de la palanca (para compensar las variaciones de velocidad del avión creadas por los movimientos atmosféricos). El compensador permite simplemente mover la palanca con menos esfuerzo muscular. Funciona, en cierto sentido, como la conducción asistida de un automóvil.

En segundo lugar, el piloto podrá utilizar, para mantener manualmente la palanca en una posición determinada, un dispositivo denominado Director de vuelo. Se trata de una especie de cruz que se va desplazando justo por delante del indicador de actitud (horizonte artificial) (recordemos que este instrumento muestra hacia donde apunta el morro del avión respecto a la superficie terrestre). El piloto sabe que si la cruz se desplaza, por ejemplo, hacia arriba y hacia a la izquierda, tendrá que mover la palanca hacia atrás y hacia la izquierda de manera a hacer coincidir el centro del horizonte artificial con el centro de la cruz. El Director de vuelo ayuda al piloto a 'afinar su gesto', y esto se hace o bien para llevar una velocidad vertical determinada, o bien para llevar una velocidad lineal específica, o para saber cuando hay que interrumpir un viraje para interceptar un rumbo determinado. Para que el Director de vuelo funcione de acuerdo a estas opciones, se lo tendrá que configurar: se lo tendrá que conectar en el 'modo' de velocidad vertical, o de velocidad lineal..., y se le tendrá que introducir el valor del parámetro a llevar: *tantos* pies por minuto de velocidad vertical, *tantos* nudos de velocidad lineal, etc.

En tercer lugar, el DC-10 posee automatismos que permiten al piloto 'quitar las manos' de la palanca de mandos. Funcionan de la siguiente manera. Una vez que se hayan alcanzado los 250 nudos de velocidad lineal reglamentaria por debajo de 10.000 pies, el piloto al mando solicitará que active la opción 'mantenimiento de velocidad lineal' del Autopilot (Piloto automático). Para eso, se pulsará el botón 'IAS hold', y luego se conectará el Autopilot propiamente dicho: éste se encargará de ir moviendo longitudinalmente la palanca de mando de manera a mantener la velocidad lineal (IAS) que el avión tenía cuando el Autopilot fue conectado.

Cuando haya que mantener una velocidad vertical (por ejemplo 1.000 pies por minuto), se girará una ruedecilla específica hasta que aparezca el valor de 1.000 en un indicador, y se pulsará el botón 'vertical speed' del Autopilot: esto desconectará el botón 'IAS hold' y el Autopilot pasará a mover longitudinalmente la palanca de mando para que se lleve constantemente el valor de velocidad vertical requerido por el piloto. Y esto hasta la próxima orden del piloto.

Es obligatorio llevar los aviones mediante el Autopilot por encima de 10.000 pies ya que es muy difícil, a partir de estas altitudes, alcanzar manualmente una precisión de trayectoria suficiente: el aire es poco denso, el avión va muy rápido y tiende a 'exagerar' los movimientos de la palanca mandados por el piloto. El Autopilot es capaz de realizar movimientos más sutiles que los de las manos del piloto.

El crucero se efectuará pulsando el botón de mantenimiento de altitud del Autopilot. Éste moverá la palanca de mando de manera que el avión no suba ni baje a pesar de los movimientos del aire. Por otro lado, el Autothrottle moverá las palancas de gases para que se conserve la velocidad seleccionada por el piloto (también a pesar de los cambios atmosféricos).

El descenso inicial se efectuará con el Autopilot conectado, para mantener y/o adquirir velocidades (lineares o verticales) cada vez menores, siempre seleccionadas por el piloto.

Cabe destacar que nunca el Control aéreo autoriza que se efectúe un descenso directo: siempre impone altitudes en las que el avión se debe nivelar durante unos minutos. Para esto existe una funcionalidad específica del Autopilot: la selección de altitud. Se introduce la altitud en la que hay que nivelar el avión, se conecta esta funcionalidad, y cuando el avión esté por llegar a ese nivel de vuelo, esta funcionalidad tirará la palanca hacia atrás para que el avión comience a volar horizontalmente. El piloto entonces tendrá que poner un poco de gases para que el avión pueda mantener esta altitud sin perder velocidad. Pero si el modo Speed del Autothrottle estaba conectado durante el descenso, esto no será necesario: el Autothrottle avanzará las palancas de gases para mantener la velocidad a la que había sido programado durante la nivelación.

Movimientos laterales de la palanca de mandos

Se harán para que el avión se vaya dirigiendo hacia los puntos geográficos a sobrevolar obligatoriamente (waypoints) pautados por el Plan de vuelo. Para esto, los pilotos deberán sintonizar sucesivamente las estaciones VOR situadas en esos puntos. Podrán, por debajo de 10.000 pies, manipular manualmente la palanca de mandos para que el rumbo del avión coincida con el radial indicado por el instrumento VOR. Por encima de 10.000 pies, tendrán que conectar una funcionalidad específica del Autopilot denominada NAV (seguimiento de radial VOR). También se podrá conectar una funcionalidad del Autopilot que inclina la palanca de manera a seguir un rumbo introducido por el piloto.

El DC10 permite igualmente, gracias a un sistema inercial, que el Autopilot dirija al avión sucesivamente hacia un punto geográfico, luego hacia otro... sin intervención del piloto. Para eso, antes del vuelo, la tripulación tendrá que introducir las coordenadas geográficas de

cada punto a sobrevolar (se pueden introducir hasta 10 puntos por vez) y una vez en vuelo se conectará la función 'navegación inercial' del Autopilot, lo que activará este tipo de navegación.

Cabe destacar que tanto el DC10 como otros aviones de generación tecnológica similar poseen un indicador que muestra cuales son las funcionalidades (modos) del Autopilot y del Autothrottle que están conectados en ese momento. Este indicador se denomina FMA (Flight Mode Annunciator).

3.3.1.3 Características de los automatismos de un DC-10

Es importante dar una caracterización de conjunto de estos automatismos para poder después compararlos con los de los aviones glass-cockpit.

En primer lugar, se puede decir de manera simplificada que, en una secuencia de vuelo, hay:

- 2 fases de 'conducción mixta' (en las que el piloto manipula una palanca y el automatismo manipula la otra). Estas dos fases son el ascenso inicial y el descenso inicial (en el ascenso inicial, hasta que se alcancen los 250 nudos, el piloto moverá manualmente la palanca de mandos y el automatismo moverá las palancas de gases; en el descenso inicial, el automatismo moverá la palanca de mandos y el piloto retrasará manualmente las palancas de gases)
- 1 fase (el crucero) en que automatismo dirige los dos mandos (las palancas de gases y la palanca de mando)

En segundo lugar, se puede observar que en las fases en las que el automatismo lleva un mando, es el piloto quien escoge las distintas modalidades que desea que la automatización mantenga. Es también el piloto quien escoge el valor de cada modalidad ('ahora, automatización, lleva una velocidad vertical, y mantén 2.000 pies de esta velocidad vertical'; 'ahora lleva una velocidad linear, y mantén 250 nudos de esta velocidad' etc.). La automatización de los aviones anteriores al glass-cockpit no puede cambiar, sola, de modalidad (llevar una velocidad vertical después de llevar una velocidad linear, por ejemplo), ni tampoco decidir el valor a otorgar a esta modalidad.

En términos de trayectoria del avión y de acciones del piloto, se puede decir que es el piloto quien especifica a la automatización el rumbo y la inclinación de cada segmento del Plan de Vuelo, mediante una serie de gestos (empujar tal palanca, pulsar tal botón...) que se realizan justo en el momento en que el avión pasa de un segmento a otro del Plan de Vuelo. Es el piloto quien, por sus gestos, orienta el morro del avión (cada vez que el avión tiene que cambiar de rumbo o de inclinación). En este sentido, **sigue habiendo una continuidad con**

la manera de llevar una avioneta (en la que el piloto orienta manualmente el morro del avión). El automatismo, en los aviones anteriores al glass-cockpit, permite que el piloto no tenga que manipular constantemente las palancas para que el avión no se separe de las 'líneas rectas' que el piloto ha pautado (obedeciendo al Plan de Vuelo). Pero **es el piloto quien coloca al avión, mediante una actividad gestual, en cada una de esas líneas rectas.**

La única excepción notable en este funcionamiento es la fase de crucero, en la que el automatismo (gracias al sistema inercial) es capaz, al sobrevolar cada punto geográfico del Plan de Vuelo, de reorientar el rumbo del avión hacia el punto siguiente sin la intervención del piloto. Sin embargo, es el piloto quien, antes de cada despegue, introduce qué puntos geográficos se deberán sobrevolar. Además, en crucero, es el piloto quien controlará los cambios de posición de las palancas de gases (el automatismo no podrá decidir pasar de una velocidad a otra).

Por otro lado, si bien la mayoría de órdenes que el piloto da al automatismo vienen pautadas por los procedimientos y el Plan de Vuelo (que hacen que el piloto no pueda ser el único 'dueño y señor' de las trayectorias de su avión), las condiciones atmosféricas pueden llevar al piloto a dar órdenes al automatismo independientes de los procedimientos: *«Al DC-10 le dabas un régimen de descenso, y si veías que te estabas quedando corto, le cortabas del todo los gases»* (Piloto nº13)

Lo que se acaba de exponer es válido en general para todos aviones anteriores a los glass-cockpit: el B-747-200, el B-737-200, el B-727, el A-300 (excepto la serie A-300-600). Estos aviones están aún en servicio en compañías de transporte de pasajeros (sobre todo el caso B-747-200), aunque se los está transfiriendo a compañías de transporte de mercancías (DHL...) por lo que seguirán siendo pilotados durante años aún.

3.4 Elementos del pilotaje de un avión glass-cockpit

3.4.1 Características significativas

Lo que se indica a continuación puede repetir algunas de las informaciones recogidas en el Estado del arte (capítulo 2). Sin embargo, como en general cada texto citado y cada entrevista reproducida en ese capítulo dan una visión distinta del glass-cockpit, se cree

conveniente indicar lo que desde aquí se considera significativo en los glass-cockpit. En primer lugar, se desea resaltar que **el automatismo de los aviones glass-cockpit les capacita, en teoría, para efectuar todo un vuelo de manera prácticamente autónoma**. A partir de la reducción de gases después del despegue, el piloto puede activar un programa informático (en realidad, un conjunto de programas y lógicas) que contiene todos los detalles del vuelo a realizar (puntos geográficos a sobrevolar hasta el destino, niveles de vuelo, potencias a administrar en cada fase del vuelo, etc.). Este programa dirigirá el avión, enviando instrucciones al Autopilot y al Autothrottle. Al acercarse al aeropuerto de destino, y una vez que el Control aéreo haya precisado al piloto por qué trayectoria de llegada deberá aproximarse a la pista de aterrizaje, el piloto podrá activar esa trayectoria de llegada (que también se encuentra en la memoria del programa) y el automatismo la ejecutará. Si el aeropuerto está equipado del sistema ILS de categoría III C, el automatismo podría hacer aterrizar el avión solo: hacerle tocar tierra, y frenarlo manteniendo el centro de la pista.

El programa informático y los equipamientos que harán posible estas actuaciones se conocen con el nombre de FMS (Flight Management System). En lo que respecta al programa, se puede decir que está compuesto por dos grupos de instrucciones. En primer lugar están las instrucciones relativas al plan de vuelo del avión. Estas instrucciones habrán sido establecidas por la compañía aérea, y especificarán (como para un plan de vuelo normal, no informatizado), los puntos a sobrevolar para llegar al destino, las altitudes de sobrevuelo de ciertos de ellos (especificadas por los servicios de control aéreo), etc. En segundo lugar, este programa contendrá parámetros, especificados por el constructor del avión, destinados a que el avión pueda funcionar, en cada momento del vuelo, consumiendo la menor cantidad de combustible posible. Estas lógicas establecerán perfiles de ascenso y de descenso ideales y modalidades de crucero optimizadas. El FMS será por tanto una combinación de las lógicas diseñadas por el constructor para que el avión funcione de manera optimizada junto con el plan de vuelo diseñado por la compañía, y esto para que el avión realice cada uno de sus vuelos de manera optimizada. Esto sucederá a partir del momento en que el piloto conecte el FMS al Autopilot y al Autothrottle. En este caso, se dirá que el FMS 'está llevando el avión'.

Aún así, los glass-cockpit se podrán llevar como los aviones de generación precedente (en los que el piloto da instrucciones sucesivas al Autopilot y al Autothrottle), o bien de manera manual (aunque con algunas diferencias respecto a los aviones clásicos).

Los procedimientos, sin embargo, pautan que se conecte el FMS en cada vuelo. Para que este sistema pueda funcionar, el piloto tendrá que introducir, antes del vuelo, datos específicos. En primer lugar, se deberá activar el plan de vuelo previsto para ese día tecleando y navegando por un terminal específico (la MCDU - Multipurpose Control and Display Unit) situado cerca del asiento del piloto, y se deberán introducir informaciones

(como la localización exacta, en coordenadas geográficas, del avión en el parking del aeropuerto) para que los sistemas de navegación del avión puedan relacionar el plan de vuelo pre-grabado a la posición real del avión ese día. Además, se deberán introducir datos referentes al avión (el peso del avión ese día, ciertos datos atmosféricos del parte meteorológico del día) para que el sistema pueda actualizar sus lógicas de rendimiento para el vuelo que se efectuará.

Como segunda característica significativa, los aviones glass-cockpit **presentan los parámetros básicos del avión (velocidad, altitud, rumbo...) mediante una síntesis gráfica distinta** a la de los aviones de generación precedente. Esta innovación en el diseño fue en parte propiciada por la sustitución de los instrumentos electromecánicos tradicionales por pantallas multiuso, y se hizo progresivamente (ver figuras 13, 14, 15). En los glass-cockpit de primera generación (Airbus-310; Boeing-757 y Boeing-767), las pantallas se utilizan para:

- representar el horizonte artificial, junto con una nueva representación del altímetro (cinta vertical), y junto con la indicación de los modos del Autopilot y del Autothrottle que están armados y activos (esta parte de la pantalla se denomina FMA -Flight Mode Annunciator-)
- representar un nuevo instrumento de navegación -el Navigation Display-, que reemplaza el Horizontal Situation Indicator (que daba indicaciones de radiales VOR y de brújula). El Navigation Display presenta gráficamente el Plan de vuelo (la ruta que seguirá el avión) y también puede representar una indicación VOR tradicional). En los glass-cockpit de primera generación, el Navigation Display está ubicado debajo de la pantalla del horizonte artificial, siguiendo la disposición de los aviones tradicionales (en los que el Horizontal Situation Indicator está ubicado debajo del horizonte artificial)
- representar los instrumentos de motor
- representar los sistemas y avisos de fallos (en los aviones de generación anterior, la información de sistemas se presentaba al ingeniero técnico de vuelo, -tripulante que no existe más en los glass-cockpit- en un panel lateral, salvo en los aviones B-737-200 y DC9, que por su tamaño reducido no necesitaban presentar esta información de esta manera y no tenían tercer tripulante)

En estos glass-cockpit de primera generación, el anemómetro y el indicador de velocidad vertical siguen siendo instrumentos electromecánicos tradicionales en forma de reloj.

Figura 13.
Airbus A-300
(cockpit clásico)



Figura 14.
Boeing B-757
(glass-cockpit
de primera
generación)



Figura 15.
Airbus A-320
(glass-cockpit
de segunda
generación)





Figura 16. Airbus A-320: a la izquierda, Primary Flight Display; a la derecha, Navigation Display

Figura 17.
Glass-cockpit de
segunda generación
de tipo Airbus



Figura 18.
Glass-cockpit
de segunda
generación
de tipo
Boeing
(B-777)



En los glass-cockpit de segunda generación (Airbus A-320 y sus derivados [A-318, A-319, A-321], A-330 y A-340; Boeing B-777) y en los glass-cockpit de primera generación de modelo Boeing B-747-400 y McDonnell Douglas MD-11, las pantallas se utilizan para:

- representar el horizonte artificial, juntamente con una nueva representación gráfica del anemómetro y de la velocidad vertical (la representación de la altitud -una cinta- y del FMA son iguales que en los glass-cockpit anteriores). Esta pantalla se denominará Primary Flight Display (ver figura 16)
- representar el Navigation Display (esta pantalla se colocará al lado, y no más debajo, del Primary Flight Display)
- representar los instrumentos de motor
- representar los sistemas y avisos de fallos

Además de las dos características que se acaban de mencionar, hay otros elementos que diferencian los glass-cockpit de los aviones clásicos.

Por un lado destacan los sistemas de avisos de fallos y de indicación para cómo repararlos (se denominan ECAM -Electronic Centralized Aircraft Monitoring-). Por otro lado, el A-320 y sus derivados, el A-330 y A-340, y el Boeing B-777 disponen de FBW (Fly-By-Wire) (lo que hace que estos aviones formen la segunda generación de los glass-cockpit). El Fly-By-Wire hace que las órdenes que da el piloto, manualmente o a través del panel de control del Piloto Automático, a los alerones y a los motores (o las órdenes que el FMS da a estos órganos) sean, a la vez:

- transmitidas mediante impulsos eléctricos (y no transmitidas mecánicamente) (se opone la expresión Fly-By-Wire -Vuelo a través de cables eléctricos-, a la expresión Fly-By-String -Vuelo a través de cuerdas metálicas y poleas, que unen en los otros aviones las palancas de mando y de gases a los órganos efectores del avión (con sistemas aumentadores de fuerza de por medio)
- filtradas por lógicas informáticas. En el caso de los Airbus, estas lógicas impiden que estos aviones se puedan inclinar más allá de ciertos valores, o que sobrepasen ciertas velocidades aún cuando el piloto manipula manualmente la palanca de mandos. En el caso del B-777, estas lógicas informáticas funcionan igual, pero si el piloto tira o empuja con gran fuerza la palanca de mando (en casos de emergencia), las lógicas informáticas se desconectan

Una característica de los glass-cockpit Airbus es que sus palancas de gases no se mueven cuando son accionadas por el piloto automático o por el FMS (cosa que sí hacen las palancas de gases del B-757 o del B-777). Para el despegue, el piloto de Airbus avanza las palancas hasta la posición (predeterminada) de despegue. Una vez alcanzada la altura de seguridad, el piloto mueve hacia atrás las palancas (para pasar de potencia de despegue a

potencia de subida), hasta otra posición predeterminada, conectándose el Autothrottle (denominado Autothrust en estos aviones). Durante todo el vuelo las palancas de gases seguirán fijas en esta posición (aún si el automatismo aumenta o baja la potencia). Sólo después de aterrizar el piloto sacará las palancas de esa posición predeterminada para moverlas hacia otra posición, más trasera, y poder así hacer funcionar la inversión de potencia para frenar el avión.

Por último, los Airbus no tienen una palanca de mando central, en forma de cuernos, sino una mini-palanca lateral (parecida a un joystick) (ver figuras 17 y 18). Cuando el Autopilot o el FMS están llevando el avión, esta mini-palanca no se mueve (cosa que sí hacen las palancas de mando, de forma tradicional, del B-757 y del B-777). Además, las mini-palancas del comandante y del copiloto no se mueven al unísono (cosa que sí hacen las palancas de los Boeing, siguiendo en eso la tradición). Por otro lado, las mini-palancas de los Airbus no tienen botón de accionamiento del compensador para el vuelo manual ya que estos aviones compensan automáticamente los movimientos que el piloto imprime a la palanca. Los Boeing B-757 y B-767 siguen presentando el sistema tradicional de compensador accionado por el piloto.

3.4.2 Elementos de una secuencia de vuelo de un glass-cockpit

3.4.2.1 Situaciones en las que el FMS manda el Autopilot y el Autothrottle / Autothrust

En un avión clásico, de tipo DC-10, el piloto va ordenando al Autopilot y al Autothrottle que mantengan parámetros específicos (velocidad vertical, velocidad lineal...), según un orden determinado (se asciende con una velocidad vertical, luego se mantiene una velocidad lineal hasta pasar los 10.000 pies de altitud..), y el piloto va dando al automatismo los valores a mantener. En los glass-cockpit es el FMS el que va dando estas órdenes al Autopilot y al Autothrottle (o Autothrust), con la diferencia que estas órdenes pueden ser afinadas (en sus valores) y cambiadas (en su orden) en función de las condiciones del día. Estas variaciones se harán de manera a reducir el «costo de operación de la aeronave»¹¹ y se calcularán según los parámetros siguientes:

«(...) el FMS calcula una velocidad para el ascenso utilizando el empuje de subida, el número de Mach [unidad para medir la velocidad lineal del avión en altitud] óptimo para la fase de

¹¹ González Castillo *et al.* (2001). *Cabinas de vuelo - instrumentación*, p. 152

crucero, un nivel óptimo de vuelo y una trayectoria de descenso a ralentí minimizando el consumo de combustible durante la misma. Los cálculos los realiza teniendo en cuenta el peso de la aeronave (...) y su centro de gravedad (...), el nivel volado y los datos meteorológicos reales o estimados.»¹²

Otra característica de una secuencia de vuelo en la que el FMS lleva el avión es el gran número de modos que aparece en el Flight Mode Annunciator. No es que un avión glass-cockpit pueda ser guiado por prioridades, o modos, nuevos (respecto a los que se han visto en un avión clásico -mantener una velocidad vertical, mantener un nivel de vuelo, una potencia...-): en un glass-cockpit aparecen muchos más modos en el FMA porque, a partir del momento en que un automatismo se encarga de llevar el avión durante *toda* una fase de vuelo, el automatismo tendrá que comunicar al piloto todo lo que está haciendo con el avión. Se da el siguiente ejemplo. Al comienzo de un ascenso, puede ocurrir que el espacio aéreo cercano al aeropuerto exija que el avión deje de ascender durante unos minutos -manteniendo pues un cierto nivel de vuelo-, para después retomar el ascenso. Si esto tuviera que ser realizado por un avión clásico que se está llevando mediante el Autopilot, el piloto, cuando se acerca la altitud de nivelación, desconectaría, por ejemplo, la función 'mantener una velocidad vertical' del Autopilot para conectar la función 'mantener una altitud' (introduciendo el valor de esa altitud). Una vez que el avión se haya alejado de la zona en que hay que mantener esa restricción, el piloto volvería a conectar la función 'mantener una velocidad vertical' y el avión retomaría su ascenso.

Cuando esta maniobra es realizada por el FMS (como en la realidad cotidiana del glass-cockpit), si se anunciara en el FMA el modo Vertical Speed, luego Altitude Hold, y al cabo de unos minutos Vertical Speed de nuevo, esto podría desorientar al piloto: al ver Altitude Hold se podría preguntar: "¿hemos alcanzado la altitud de crucero? veo en el altímetro que no es así; ¿por qué el avión se nivela entonces?". Por esta razón los diseñadores deben indicar esta nivelación momentánea de un modo diferente que la nivelación del crucero. Esto, unido a las otras indicaciones que hay que seguir dando al piloto (acerca de los modos que están gobernando la potencia, por ejemplo) aumenta drásticamente la cantidad de información de modos que hay que anunciar al piloto, y por tanto el esfuerzo de memoria que se requiere de él. Para dar un ejemplo, se cita a continuación un texto, escrito por un piloto, que describe un momento del ascenso de un A-320 (los rectángulos reproducidos son representaciones del FMA, situado en la parte superior del Primary Flight Display):

«Altura de Aceleración:

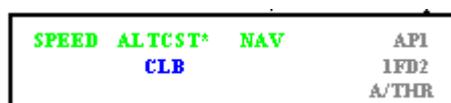
A la altitud de aceleración, el índice de velocidad salta automáticamente a la velocidad inicial de subida, calculada por el FMGS [sinónimo de FMS] o preseleccionada por el piloto. Se conecta el modo vertical CLB [Climb, ascenso]. El A/P [Autopilot] ajusta el

¹² González Castillo *et al.* (2001). *Cabinas de vuelo - instrumentación*. Op. cit. p. 153



pitch [ángulo de cabeceo] del avión para mantener la velocidad inicial de subida hasta la altura a la que estamos autorizados por el ATC [control aéreo], seleccionada en el FCU [Flight Control Unit, panel de mando del piloto automático] o hasta la restricción de altitud, si se hubiera introducido alguna en el F-PLN [Plan de vuelo]. Aparece ALT indicando que el modo de captura de altitud está armado para la altura seleccionada en la FCU.

Subida:



Si el FMGC está comandando el vuelo y la próxima nivelación es una ALT CSTR [Altitude Constraint, restricción de altitud], ALT será de color magenta y en el PFD aparecerán, también en magenta, las restricciones de altitud en una ventanilla sobre la escala del altímetro. En el ND [Navigation Display], el punto de la ruta en donde se alcanza la restricción de altitud de un determinado wp [waypoint] aparece indicado por el símbolo æ. El FMA muestra ALT CST*, indicando que los modos verticales del AP/FD [Autopilot/Flight Director] han capturado esta altitud y el modo CLB vuelve a armado. Este modo se reactivará cuando el avión sobrevuele el wp [waypoint -punto que hay que sobrevolar] con la restricción de altitud. Esto viene señalado en el ND por una flecha de comienzo de subida æ. Cuando esto ocurre, el sistema revierte de nuevo a THR CLB [Thrust Climb] y CLB y la siguiente restricción de altitud, si existe, se convierte en objetivo, apareciendo ALT en el FMA y la nueva restricción -en magenta sobre la escala de altitud del PFD-. Si no hay restricciones de altitud y la próxima nivelación es la altitud de la FCU, ALT y la altura sobre la escala del altímetro aparecen en azul.»¹³

3.2.4.2 Situaciones en las que el piloto manipula el Autopilot y el Autothrottle / Autothrust

Los mandos de estos automatismos están situados debajo del parabrisa (como en el DC-10). Su manipulación, por el piloto, desconecta el FMS. ¿Cuándo sucede esto? Muy raramente un vuelo puede ser realizado por el FMS en su totalidad: una vez que se despegue, siempre se tiene que aportar modificaciones al Plan de vuelo pre-grabado, sea por requerimientos del Control aéreo, sea por las condiciones meteorológicas que se van encontrando (fuertes

¹³ Fuente: http://www.pilotosdeiberia.com/areatec/santiago_martinez/vaut.htm

vientos contrarios que implican modificar la ruta preestablecida). Entre las modificaciones que aporta el piloto hay que citar la velocidad, y cambios momentáneos como el siguiente. El FMS puede prever un inicio del descenso (TOD - Top Of Descent) en un cierto punto del recorrido. Pero este punto debe ser aceptado por el Control aéreo (el piloto debe solicitar la autorización de comenzar el descenso antes de llegar al TOD, y sólo si es acordada dejará al FMS hacer descender el avión al llegar al TOD). Si el control la rechaza (porque el espacio aéreo inferior está ocupado en ese momento), el piloto activará la función Altitude Hold del Autopilot, lo que desconectará el FMS. Una vez que el control autorizará el descenso, el piloto hará bajar al avión con una pendiente más pronunciada (mediante la función Vertical Speed, por ejemplo), y cuando el avión haya interceptado la pendiente de descenso calculada por el FMS, se lo podrá conectar de nuevo.

También existe la posibilidad, si el Plan de vuelo ha sido modificado considerablemente por exigencias del control aéreo, de que el piloto 're programe' un nuevo plan a través de la MCDU y lo active para que vaya dando órdenes al Piloto Automático. Sin embargo, esta opción, según testimonios oídos y leídos, puede resultar engorrosa y presentar sorpresas al ser ejecutada, por la cantidad de opciones, páginas y requisitos en los que hay que pensar.

No se ha podido conocer con la precisión suficiente las diferencias funcionales que existen entre el Autopilot y el Autothrottle del B-757 y el Autopilot y el Autothrust del A-320, pero por los testimonios que se citarán en el capítulo 4, parece que el diseño efectuado por Airbus ofrece menos libertad de acción al piloto que el diseño efectuado por Boeing.

3.2.4.3 Situaciones en las que el piloto lleva al glass-cockpit manualmente

El pilotaje manual del glass-cockpit es siempre posible: pulsando un botón específico situado en la palanca, y un botón específico situado en la palanca de gases, se desconectan el Autopilot y el Autothrust. Se recordará sin embargo que no está permitido llevar en manual a un avión de transporte de pasajeros por encima de 10.000 pies. Asimismo, los pilotos entrevistados apuntan a que no resultaría tan fácil, o tan evidente pilotar manualmente un glass-cockpit: el diseño funcional global de estos aviones parece convertir el vuelo manual 'no tan normal' (como lo era en los aviones de generación precedente): por ejemplo, los glass-cockpit no disponen de navegación VOR normal (aunque sí existe un sistema VOR de emergencia). Aquí también parece haber diferencias entre los diseños del B-757 y del A-320, este último resultando aparentemente mucho menos preparado para el vuelo totalmente manual que el B-757 (ver capítulo 4).