

PRESIÓN

PSICOFISIOLOGÍA

ILUMINACIÓN

VIBROACÚSTICA

MICROCLIMA

ERGONOMÍA

# Bienestar

## EN EL AIRE

La compañía Embraer se alía con universidades para mejorar el confort en el interior de los aviones

**Neldson Marcolin**

PUBLICADO EN ABRIL DE 2012

**L**os aviones con espacios muy reducidos, ruido y vibraciones excesivas, temperatura e iluminación desagradables, precaria calidad del aire y escasas opciones de entretenimiento, transforman cualquier viaje en una experiencia estresante, aun cuando no ocurran turbulencias y en vuelos de corta duración. En jornadas más extensas, el confort o la carencia de éste marcan toda la diferencia para quien precisa arribar a destino preparado para trabajar, hacer turismo o proseguir viaje. Las compañías de aviación saben que para hacer más ameno el período de encierro se necesita mejorar las condiciones del ambiente y elaborar diagnósticos y estudios minuciosos de cada uno de los problemas. El resultado más evidente, en Brasil, de ese esfuerzo en pro de perfeccionar las nuevas generaciones de aviones fue la inauguración, en el mes de abril, del Centro de Ingeniería del Confort (CEC), como resultado de un proyecto de Embraer, en asociación con las universidades de São Paulo (USP), Federal de Santa Catarina (UFSC) y Federal de São Carlos (UFSCar), con apoyo de la FAPESP y de la Financiadora de Estudios y Proyectos (Finep).

El laboratorio del confort, tal como se lo conoce, cuenta con alrededor de 300 metros cuadrados y reproduce una sala de embarque con *finger* (la pasarela por la que se accede al avión) montado en la Escuela Politécnica de la USP, en São Paulo, en el Laboratorio de Ingeniería Térmica y Ambiental (Lete). La parte principal de la estructura representa la cabina de un *jet* modelo 170 ó 190, con 30 plazas, instalada en el interior de una cámara presurizada que reproduce las condiciones de vuelo. Es único en Brasil, y uno de los pocos en el mundo, similar al del Institute for Building Physics, que forma parte del Fraunhofer Institutes, cerca de Múnich, en



1

Alemania. “Realizaremos ensayos integrados en su interior, para verificar cómo influyen en la percepción de confort del pasajero los parámetros de la presión de aire a bordo, de ruido, vibración, ergonomía, temperatura e iluminación”, explica Jurandir Itizo Yanagihara, coordinador del Lete y del proyecto “Confort en vuelo”. “El objetivo consiste en perfeccionar el interior de las aeronaves y proporcionar niveles superiores de bienestar a los pasajeros”, dice Jorge Ramos, director de Desarrollo Tecnológico de Embraer.

La comodidad a bordo se transformó en una de las prioridades de las compañías aéreas hace ya algunos años. En los comienzos de la aviación comercial, lo importante era que el avión no se cayera, y las aeronaves no se destacaban por el confort. Posteriormente, el interés recayó en la economía. En los últimos 10 años se han tornado relevantes otros atributos. El confort se reconoce como una diferencia en el mercado de la aviación civil y, actualmente, agrega competitividad al sector. Embraer, tercer fabricante de jets comerciales a nivel mundial, con ingresos netos por 5.800 millones de dólares en 2011, no podía dejar de invertir en este aspecto. Airbus (con ingresos netos por 140.500 millones de dólares) y Boeing (68 mil millones de dólares) encabezan la lista. “Todas las grandes compañías del sector están enfocadas en el mismo aspecto, dentro de las particularidades de cada segmento”, recuerda Jorge Ramos. “En Brasil, la encuesta con pasajeros de vuelo de diversas aeronaves, realizada en 2009 por la UFSCar, en conjunto con la Agencia Nacional de Aviación Civil, indicó que los principales reclamos relativos a la cabina de pasajeros se refirieron al espacio personal, apoyos para pies y brazos, inclinación de la butaca, ruido, vibraciones y espacio para equipaje”, dice André Gasparotti, gerente responsable del proyecto en la empresa. Aunque recién ahora el nuevo laboratorio se encuentra completamente

1. Investigadores operando simuladores de vuelo, una parte del proyecto

2. Visión externa de la cámara presurizada que integra el laboratorio de confort

3 Turbina de un jet 170 de Embraer: la mayor fuente de ruido de los aviones



2

## La comodidad a bordo se ha vuelto prioritaria para las compañías aéreas durante los últimos 10 años

listo, los investigadores de las tres universidades ya venían colaborando con Embraer desde hace varios años sobre esos puntos señalados en la investigación de la UFSCar y también en otros, acaso, más importantes. Jurandir Yanagihara, de la USP, por ejemplo, trabajó como colaborador de la empresa en 2003 y 2004, en el desarrollo de un modelo computarizado del sistema respiratorio para estudiar el efecto de la descompresión, a grandes alturas, sobre el cuerpo humano. “El éxito de ese *software*, sumado a otro proyecto referido a la previsión del estrés térmico utilizando un modelo de sistema térmico humano, ayudó a profundizar la cooperación con Embraer, culminando en el actual proyecto”, informa el coordinador. Miembros de aquel equipo, como Mauricio Silva Ferreira, docente de la Poli/ USP, también participan del “Confort en vuelo”.

Cuando la compañía decidió diagramar un gran proyecto sobre el confort, se consultó a los equipos de la USP, UFSCar y UFSC, quienes aceptaron participar en el trabajo conjunto multidisciplinario y se repartieron entre sí las tareas de investigación –en líneas generales, presión

de cabina, ergonomía, vibroacústica y ambiente térmico— según las especialidades de cada grupo. Embraer y la USP, por intermedio de Yanagihara, solicitaron entonces financiación a la FAPESP, en el marco del Programa de Apoyo a la Investigación Asociada para la Innovación Tecnológica (Pite, en portugués), concedido en 2008. Posteriormente, hicieron lo propio ante la Finep (vea los valores en la ficha de la página 61).

#### ESTUDIOS AISLADOS

En la primera fase del proyecto, los diversos factores que componen el confort del avión fueron estudiados en forma aislada. En la segunda fase, que comienza en mayo, el nuevo laboratorio con la cabina dentro de la cámara presurizada —denominada *mock-up*— será utilizado para la realización de ensayos que integrarán todos los subproyectos a los efectos de obtener mejores parámetros que los actuales. Un buen ejemplo de ello es el modelo para evaluar el confort de presión. Actualmente, se sabe que, para la seguridad de los pasajeros, las aeronaves civiles en operación mantienen una altura de vuelo de hasta 8 mil pies (2.400 metros) sobre el nivel del mar. Como los aviones pueden alcanzar fácilmente más de 40 mil pies (12.100 metros), el aire dentro

---

30  
es el total de  
butacas  
dentro de la  
cabina que  
simula el  
interior del  
avión

de la cabina se encuentra presurizado. El modelo construido por el equipo de Yanagihara tiene en cuenta el intercambio de gases que ocurre en el oído medio (la parte interior, que se conecta con el laberinto) y permite prever a qué índices de variación de altura (presión) dentro de la cabina el pasajero percibe o no malestar. “Hay un trabajo experimental que estamos haciendo en ese sentido, para cambiar algunos de esos parámetros”, dice el investigador de la Poli. Los modelos utilizados hoy en día por la industria aeronáutica datan de 1937, 1958 y 1967, y son conservadores. “En nuestros estudios, aún en curso, alcanzamos umbrales muy diferentes de los que se encuentran en la bibliografía científica”.

Los trabajos sobre vibración y ruido dentro de la aeronave, normalmente realizados en forma separada, se llevaron a cabo de manera asociada. El investigador responsable del subproyecto de vibroacústica es Samir Gerges, un ingeniero aeronáutico egipcio naturalizado brasileño, docente de la UFSC. Gerges es uno de los más antiguos colaboradores de Embraer. Incluso antes de la privatización de la empresa ya impartía cursos y consultoría para el personal de la empresa. La participación en el proyecto “Confort en vuelo” con la USP y la UFSCar resulta una continuación de sus investigaciones, que tienen por objeto atenuar el ruido hasta un nivel aceptable para el pasajero. “La reducción excesiva del ruido y las vibraciones no es algo recomendable, incluso desde el punto de vista de la seguridad”, expresa. “La gente debe percibir que se encuentra en un ámbito distinto al de la cama de su casa”.

El equipo liderado por Gerges trabaja para medir la cantidad real de ruido y vibraciones en la cabina y elabora un modelo computacional de predicción. Con esa herramienta será posible lograr resultados más rápidos y baratos para evitar ruidos y vibraciones molestas. El modelo puede usarse para realizar modificaciones en el proyecto de futuras cabinas y señalar nuevos materiales y dispositivos que mitiguen el problema. Las mayores fuentes de ruido se encuentran en las turbinas, en el flujo de aire por el fuselaje y en los sistemas de aire acondicionado, hidráulico y neumático.

El subproyecto relacionado con la ergonomía partió, tal como los otros, de un modelo conceptual. Para comprender cuáles eran los principales problemas, el equipo de Nilton Menegon, del departamento de ingeniería de producción del Centro de Ciencias Exactas y Tecnología de la UFSCar, realizó entrevistas en 36 aeropuertos brasileños. Se elaboró un cuestionario para analizar lo que los investigadores denominan prevuelo, con preguntas referentes al grado de confort dentro del avión, respondido por 377 pasajeros. “Si ellos tienen problemas antes de embarcar, tales como *overbooking* o largas colas,



eso acaba por influir en la percepción del confort que se sentirá en la aeronave”, explica Menegon. En una segunda etapa se realizaron otras 291 entrevistas durante el vuelo para conocer, entre otras cosas, cuál es el grado de dificultad para la realización de actividades en vuelo, tales como leer, escribir, interactuar con los comisarios, alimentarse, descansar e ir al retrete.

Los investigadores también observaron cómo actuaban los pasajeros, primero realizando anotaciones digitales y luego filmando. “El objetivo fue establecer un itinerario de las actividades realizadas durante las fases de embarque, vuelo, y desembarque, e identificar la distribución de esas actividades en el curso del vuelo, además de cuantificar esas tareas”, explica Marina Gregghi, del equipo de Menegon, una psicóloga especializada en ergonomía que se doctoró este año con una tesis sobre el confort de los pasajeros en los aviones. “Las observaciones sistemáticas también apuntaron a identificar los comportamientos visibles de los pasajeros, tales como gestos, posturas, acciones sobre los dispositivos y comunicaciones, por ejemplo”.

El material filmado se archivó en un sitio *web* para que lo vieran los pasajeros que aceptaron participar en el proceso de reconstitución de los datos, que consistió en una entrevista telefónica o vía internet para profundizar los análisis contrastando el enfoque del investigador con el del pasajero. Con todo ese material fue posible crear un banco de imágenes y estadísticas, y desarrollar un *software* para analizar las actividades de la gente en un ámbito restringido a partir del registro y el análisis postural basado en un protocolo de observación. Con ese *software*, se pueden reconstruir, de manera digital, las acciones del pasajero y, con esa información, generar aquello que los investigadores denominan sobres de posturas, que ayudan a determinar la superficie y el volumen ocupado por el individuo al realizar sus actividades. “Los sobres pueden utilizarse en el marco del proyecto para analizar el espacio en la cabina y la actividad de sus ocupantes, de manera tal que pueda detectarse si es posible o no realizar determinada actividad en ese sitio”, dice Marina. Bautizado con el nombre de Ilios Pose, el *software* en cuestión obtuvo una patente. Nilton Menegon comenta que el próximo paso tendrá lugar en el *mock-up* del laboratorio del confort, donde se repetirán los procedimientos realizados, ahora en un ámbito controlado e integrado con los otros subproyectos.

#### LA CEREZA DEL PASTEL

Lo mismo ocurrirá con todos los subproyectos. Los estudios relacionados con la psicofisiología permitirán esclarecer la relación entre la percepción de bienestar mental y fisiológico del pasajero y el malestar en vuelo, explica Renato Ramos,

## Para hacer un viaje placentero

### ILUMINACIÓN



Las luces cromáticas, ¿tienen efectivamente el poder de reducir la tensión o aportar sosiego? Los investigadores pretenden verificar si las convenciones que constan en la literatura científica son reales y, en caso de comprobárselas, sugerir colores que puedan utilizarse en el avión

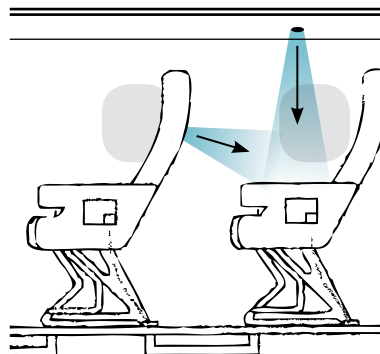
**COLORES CÁLIDOS** son los más próximos al rojo. Psicológicamente dinámicos y estimulantes, sugieren vitalidad y movimiento. Pueden emplearse, por ejemplo, en el momento de comer

**COLORES FRÍOS** son los más próximos al azul. Considerados tranquilizantes y suaves, aparentemente serían ideales para el momento de reposos luego de la comida y en los momentos de despegue y aterrizaje



### MICROCLIMA

El objetivo es lograr que cada pasajero perciba una sensación térmica cercana a la ideal, sin afectar al pasajero vecino. Para eso será necesario que cada lugar ocupado cuente con varias opciones para el pasajero. En el laboratorio de confort se probarán butacas calefaccionadas o refrigeradas, diferentes opciones de suministro de aire y una nueva distribución de difusores



Jet de Embraer: la cabina del laboratorio es similar a la de los modelos 170 y 190



## ERGONOMÍA

La sensación de confort en vuelo se encuentra directamente relacionada con las actividades que pueden realizarse en él. Se estudiarán opciones tales como el acceso a la butaca, reclinación del asiento, lectura, soportes para el uso de *notebook* y para comer, y acceso al retrete.



## PSICOFISIOLOGÍA

En este punto el objetivo consiste en obtener mediciones subjetivas y objetivas de la evaluación del confort. Se busca definir qué tipo de percepción visual y ambiental deviene en una sensación de bienestar, y cómo alterar el diseño del interior de la cabina del avión en relación con esos parámetros

## VIBROACÚSTICA

La finalidad del estudio es la caracterización y propagación de ruido y vibraciones en sistemas y materiales de aeronaves. También está prevista la construcción de modelos de predicción del confort para ruido y vibraciones

## PRESIÓN

Los datos utilizados hasta ahora referidos a los efectos de la variación de la presión sobre el oído en la altura son antiguos. El equipo del proyecto recabó datos experimentales y creó un nuevo modelo para evaluar dichos efectos.

## EL PROYECTO

Confort en vuelo: desarrollo y análisis integrado de criterios de confort – N° 2006/ 52570-1

### MODALIDAD

Asociación para la Innovación Tecnológica (Pite)

### COORDINADOR

Jurandir Itizo Yanagihara  
Poli/ USP

### INVERSIÓN

R\$ 3,2 millones (FAPESP) y  
R\$ 4,5 millones (Embraer)  
R\$ 4,3 millones (Finep) y R\$  
2,9 millones (Embraer)

psiquiatra del Instituto de Psiquiatría del Hospital de Clínicas de la Facultad de Medicina de la USP y docente del programa de posgrado en psicología de la salud de la Universidad Metodista de São Paulo. Entretenerse con una actividad mental puede disminuir la sensación de malestar e incluso afectar la percepción del paso del tiempo durante el viaje, y la medición objetiva de este efecto es una de las finalidades del proyecto. “Resulta como si el pasajero se hallara tan entretenido con un libro que al arribar a destino dijera: ‘No me percaté del tiempo’”, dice el investigador. Una parte del proyecto se realizó con voluntarios utilizando realidad virtual para evaluar el grado de implicación del individuo con determinada tarea. En los test realizados, se lo monitoreó, por ejemplo, en relación con la frecuencia cardíaca y la forma en que explora visualmente el entorno. En la segunda fase, los experimentos también se realizarán en el *mock-up* para ver qué puede aprovecharse para mejorar el confort.

En cuanto al subproyecto microclima, el pasajero contará con opciones para buscar la mejor sensación térmica dentro de la cabina. Los dispositivos individuales de provisión de aire, que actualmente se ubican sobre la butaca, deberán multiplicarse y se perfeccionará su control, aunque sin afectar al pasajero contiguo. Además, las butacas podrán contar con sistemas de refrigeración o calefacción interna. En la primera parte de los estudios, realizados por el equipo de Arlindo Tribess, docente de la Poli/ USP, se utilizaron maniqués con sensores de temperatura y flujo del calor. Un modelo de sistema térmico humano integrado al *software* de mecánica de los fluidos computacionales permitirá trazar previsiones de la reacción del cuerpo humano ante cambios en el ambiente térmico sin necesidad de probarlo con personas reales. Según Mauricio Silva Ferreira, de la Poli/ USP, quien desarrolló la herramienta, la iniciativa es inédita en el mundo.

El control de la iluminación en la cabina será investigado a los efectos de conocer la real influencia del color en lo relativo al confort. “Existen relatos en la literatura científica que indican que la luz cálida, cercana al rojo, sería la adecuada para actividades tales como alimentarse, mientras que la luz fría aportaría un efecto relajante, bueno para descansar”, dice Yanagihara. Sólo será posible saber si las luces tonalizadas realmente funcionan luego de los ensayos en el *mock-up*. “De comprobarse esa hipótesis, incluso podremos sugerir nuevos colores dependiendo de las actividades en el interior de la cabina”.

La cereza del pastel del proyecto está en la repetición de los estudios detallados anteriormente que se realizarán en el laboratorio de confort. En este caso, los test se realizarán de manera integrada con alrededor de mil voluntarios en los ensayos que comenzarán en mayo. Los requisitos consisten en estar sano, haber viajado en avión al menos una vez y residir en São Paulo o alrededores. Para inscribirse, basta acceder a la página [www.lete.poli.usp.br/confortodecabine](http://www.lete.poli.usp.br/confortodecabine). Un piloto, representado por un investigador, brindará la bienvenida e instrucciones, tal como ocurre en la realidad, y se contratará a un comensario de a bordo para trabajar en la cabina. En tres ocasiones durante el simulacro de vuelo, los voluntarios-pasajeros realizarán evaluaciones sobre el confort local.

La construcción del laboratorio fue necesaria debido a que no es posible realizar los experimentos utilizando los aviones de Embraer. “Una aeronave real presentaría las restricciones de su propio proyecto, el costo sería muy alto y la disponibilidad limitada”, dice André Gasparotti. Es probable que la nueva generación de *jets* ya exhiba alteraciones en su cabina de pasajeros que tornen más agradable la experiencia de volar. ■