

ROLLS-ROYCE TRENT 500

El Rolls-Royce Trent 500 es un turbofán de alto bypass producido por Rolls-Royce para propulsar las variantes más grandes del A340-500/600. Su diseño se inicia en 1997, se prueba en vuelo por primera vez en 1999 y obtiene la certificación en el 2000. Entró en servicio en 2002 y se entregaron 524 motores hasta que finalizó la producción del A340 en 2012.



Es el sucesor del motor Rolls-Royce RB211 capaz de generar un empuje de 37.400 a 60.600 lbf., originalmente desarrollado para el Lockheed L-1011 (TriStar), entró en servicio en 1972. Posteriormente fue producido en versiones derivativas para variantes de los aviones Boeing 747, 757 y 767, así como para el avión comercial ruso Tupolev Tu-204. El RB211 fue sustituido en los años 1990 por la familia de motores Rolls-Royce Trent.

El Rolls-Royce Trent 500 mantiene la arquitectura de tres ejes de la familia Trent, tiene un fan de 2,47 m (97,5 pulgadas) del Trent 700 y un núcleo Trent 800 a escala reducida. Produce hasta 62.000 lbf de empuje en el despegue y tiene una relación de bypass de hasta 8,5:1 en crucero.

DESARROLLO

En 1995 Airbus comenzó a considerar un motor para dos nuevos derivados de largo alcance de su modelo A340 que monta cuatro motores, el A340-500 y 600. El A340-200/300 existente estaba propulsado por motores CFM International CFM56 pero ya estaba al límite de su capacidad de desarrollo y no podría propulsar al nuevo A340-500/600. En abril de 1996 Airbus firmó un acuerdo con GE Aviation para desarrollar un motor adecuado pero decidió no seguir adelante cuando GE exigió un acuerdo de exclusividad para el A340.



La certificación se solicitó el 9 de febrero de 1998 y se puso en funcionamiento por primera vez en mayo de 1999. En julio de este año Rolls-Royce ya había asegurado pedidos del Trent 500 por valor de 5.000 millones de dólares. Las pruebas de vuelo comenzaron a finales de junio de 2000 en un banco de pruebas modificado del A340. En julio de 2000, el programa de pruebas



había acumulado 1.750 h y 2.000 ciclos y tenía como objetivo 15.000 h y 4.000-5.000 ciclos antes de su introducción. Logró la certificación el 15 de diciembre de 2000.

El Trent 500 entró en servicio en el A340-600 con Virgin Atlantic en julio de 2002, y en el A340-500 de ultra largo alcance con Emirates en diciembre de 2003. Se esperaba que Air Canadá fuera el cliente de lanzamiento del A340-500 en mayo de 2003 pero justo antes de esto, el 1 de abril de 2003, la aerolínea solicitó protección por quiebra, lo que resultó en el retraso de la entrega de sus dos A340-500. Esto permitió a Emirates ser la primera aerolínea en operar el tipo. Después de que la producción del Airbus A340 terminara en 2011, se han entregado un total de 131 A340-500/600 con 524 motores Trent 500 en total; Lufthansa es el mayor operador 24 A340-600 entregados.

DISEÑO

El Trent 500 es un turbofán de alto bypass con tres ejes: el fan está impulsado por una turbina de baja presión de 5 etapas (velocidad nominal: 3.900 RPM), el eje de presión intermedia tiene un compresor axial de 8 etapas (9.100 RPM) y el eje de alta presión tiene un compresor axial de 6 etapas (13.300 RPM), ambos ejes impulsados por una sola etapa de turbina. Tiene una cámara de combustión anular y está equipado con un sistema de control electrónico de motor (FADEC).

Tiene una potencia nominal plana en ISA + 15 °C para un empuje neto de 55.800 – 61.900 lbf en el despegue, y tiene una relación de derivación de 8,5:1 en crucero.

El Trent 500 es esencialmente un Trent 800 a escala, con un fan de 247 cm (97 pulgadas) con 26 alabes, como el Trent 700. Los compresores IP (presión intermedia) y HP (alta presión) se redujeron en un 20 % con respecto al Trent 892, mientras que las turbinas se redujeron en un 90 % y están hechas de aleación mono cristalina CMSX-4, con revestimientos de barrera térmica. El consumo de combustible es un 1 % menor debido a la aerodinámica 3D. Se probó hasta 68.000 lbf para establecer límites.



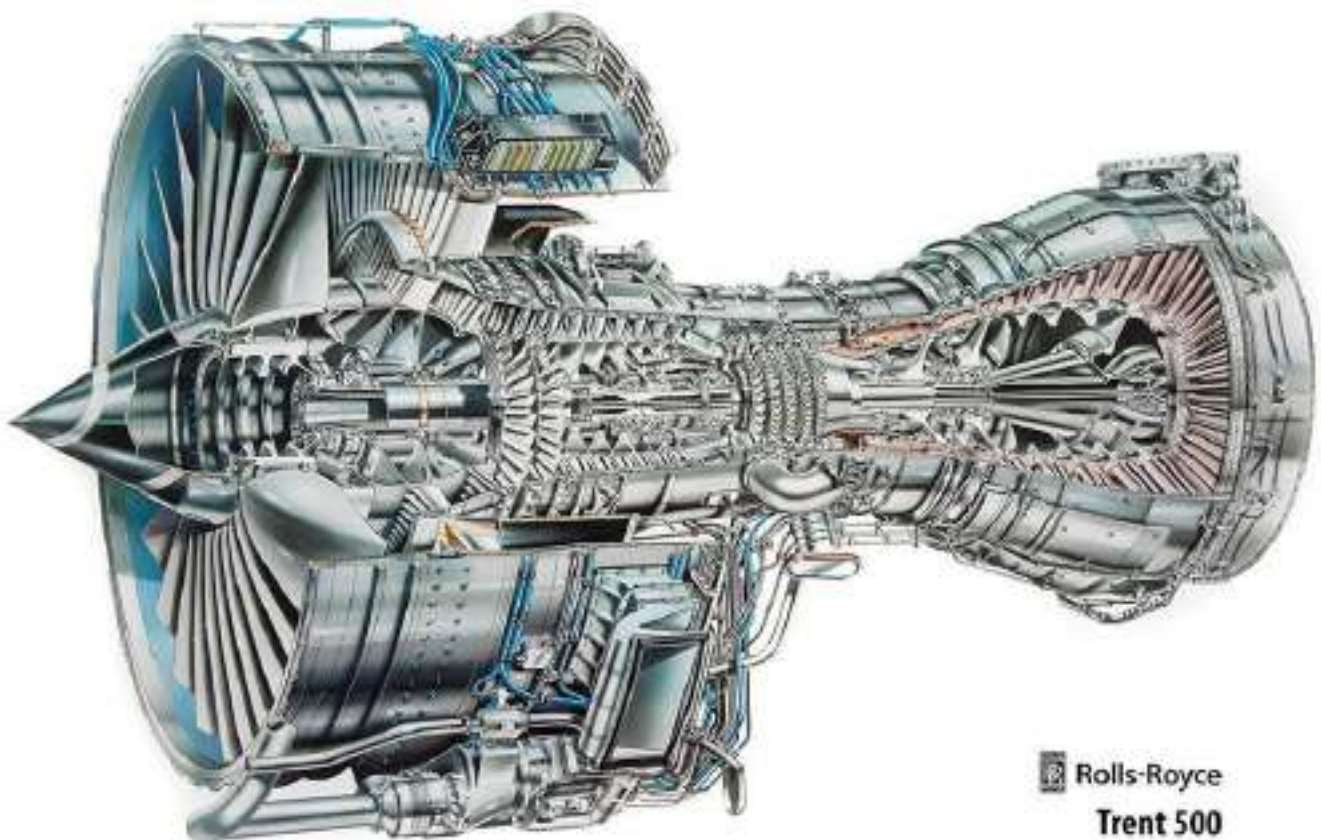
El Trent 500 propulsa al A340-500/600. Fue certificado con un empuje de 60.000 lbf, pero se redujo a 53.000 lbf como Trent 553 para propulsar al A340-500, y a 56.000 lbf como Trent 556 para el A340-600 y el A340-500HGW (High Gross Weight), una versión de mayor rendimiento del A340-500. También se lanzó una versión de 60.000 lbf para ser instalada en el A340-600HGW. El Trent 500 tiene el mismo fan que el Trent 700, junto con un núcleo a escala del Trent 800.

ARQUITECTURA

El Trent comparte la misma arquitectura básica que el RB211, aunque cada modelo principal tiene diferentes diámetros de fan y de rotor y estator del motor central. A la arquitectura de tres ejes se le atribuye haber dado a las familias RB211 y Trent una mayor capacidad de crecimiento de empuje que los diseños de dos ejes de la competencia.

La configuración de tres ejes del Trent proporciona seis módulos principales de etapas rotativas y estáticas: el fan; compresor de presión intermedia (IPC); compresor de alta presión (HPC); turbina de alta presión (HPT); turbina de presión intermedia (IPT); y turbina de baja presión (LPT).

Todos los fabricantes de turbofán han intentado aumentar los diámetros de los fan de sus motores para lograr relaciones de derivación más altas, es decir, la relación entre el volumen de aire que desvía alrededor del motor central y el volumen de aire que pasa a través del motor central. Por lo tanto, se logra una mayor relación de derivación con un fan de admisión más ancho, lo que también aumenta el volumen y la masa de aire. Con un tamaño de núcleo de motor sin cambios, un diámetro de ventilador más amplio aumentará el volumen y la masa de aire que circula alrededor del núcleo.



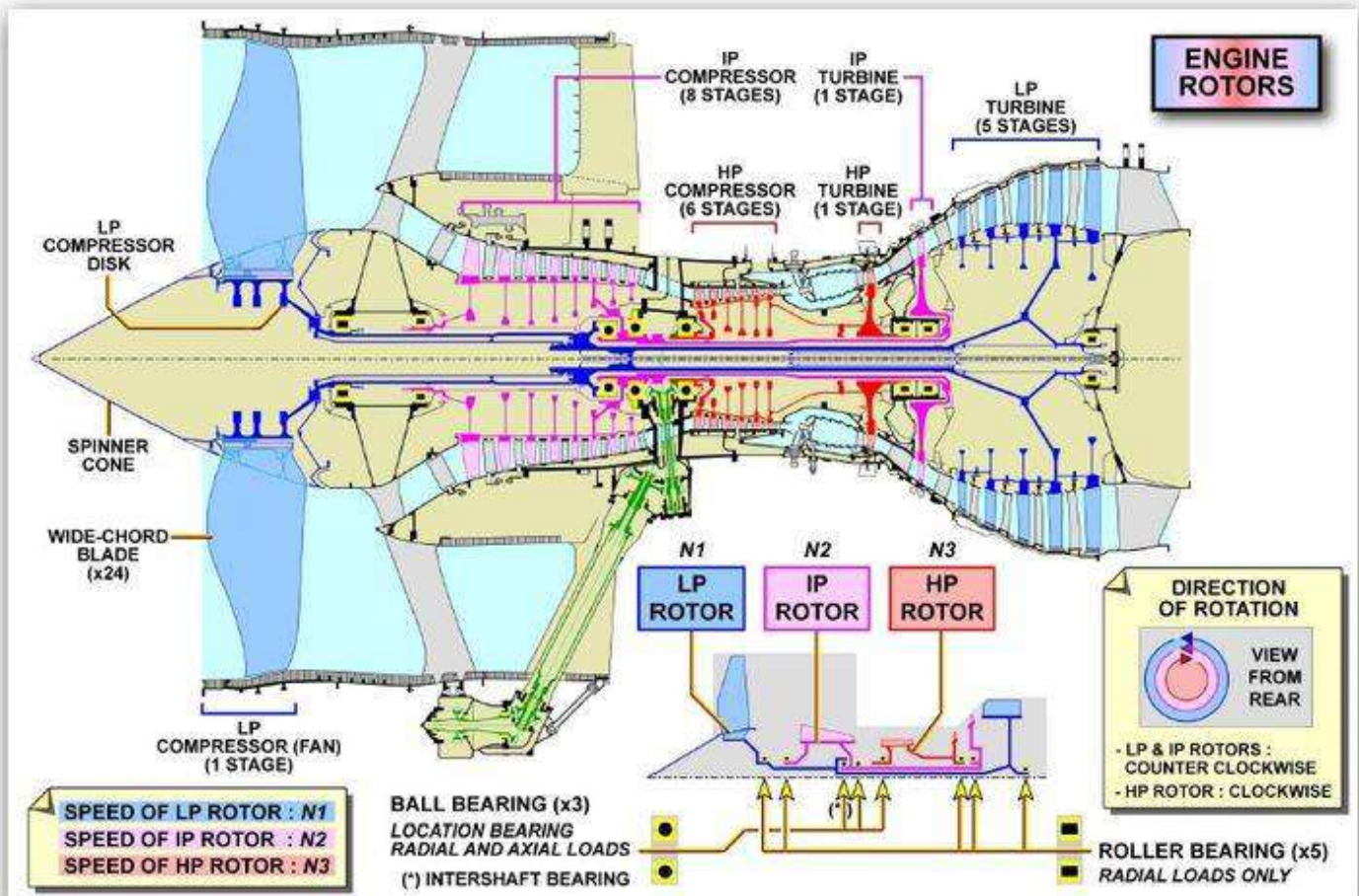
Un mayor volumen y masa de aire derivado tiene múltiples beneficios. El principal es que se puede reducir la velocidad de salida del aire, lo que mejora la eficiencia de propulsión, y el



consumo específico de combustible (SFC). Un mayor volumen de aire derivado y una velocidad de salida más lenta también reducen la temperatura de escape y las emisiones de ruido.

Sin embargo, existen limitaciones para aumentar el diámetro del fan. **La primera limitación es la necesidad de limitar la velocidad de la punta de alabes del fan.** La velocidad de la punta de los alabes del fan tienen que estar a un nivel que optimice el motor en términos de equilibrio entre el consumo de combustible, el peso y otros parámetros de diseño. A medida que aumenta el diámetro del fan la velocidad de la punta de los alabes aumenta para el mismo número de revoluciones por minuto (RPM), debido a los alabes del fan más alargados.

El rendimiento del motor se optimiza generalmente reduciendo las RPM a medida que aumenta el diámetro del fan. Por lo tanto, los fan de mayor diámetro tienen que girar a menos RPM que los fan de diámetro más pequeño. Sin embargo, las RPM más lentas dan como resultado una menor compresión del aire, lo que se traduce en una menor eficiencia.



La segunda limitación de los fan de mayor diámetro es que pesan más y, por lo tanto, requieren más potencia para hacerlos girar. Esto requiere una turbina más grande, con más etapas y perfiles aerodinámicos. Otro problema es que debido a que también se deben reducir las RPM, se requieren más etapas de turbina para extraer suficiente energía de los gases de escape para hacer girar el fan.

Para un motor básico determinado, el diámetro del fan no se puede aumentar más allá de un cierto punto sin incurrir en penalizaciones de rendimiento y costos. En primer lugar, esto se



debe a que el mayor peso de un fan más grande y etapas de turbina adicionales supera los beneficios de una relación de derivación más alta. En segundo lugar, no sólo el peso adicional cancelará parte del ahorro en el consumo de combustible, sino que la cantidad adicional de perfiles aerodinámicos y discos de la turbina también aumentará los costos de mantenimiento del motor.

Diseño de tres ejes

Este diseño tiene varias **ventajas inherentes**, que son clave para la filosofía de diseño de RR en el RB211 y el Trent.

La primera es que el Trent puede utilizar menos etapas IPC y HPC que un motor de dos ejes para lograr la misma compresión. Las etapas del compresor pueden funcionar más cerca de las velocidades óptimas que en un motor de dos ejes, mejorando así la eficiencia y aumentando la relación de presión.

El Trent 700, por ejemplo, que impulsa a la familia A330, tiene 14 etapas: ocho IPC y seis HPC. Esto se compara con las cuatro etapas LPC y 14 HPC del CF6-80E1 de dos ejes; 18 en total. Esto tiene otra ventaja de hacer que el motor de tres ejes sea más corto.

La segunda es que en algunos casos los módulos compresores en un motor de tres ejes pueden ser de un diámetro menor en comparación con los módulos compresores en un motor de dos ejes para hacer girar un fan de igual diámetro. Los módulos compresores de un diámetro menor permiten que el motor de tres ejes logre una derivación más alta.

Una tercera es que el motor de tres ejes tiene más potencial para ser desarrollado a un rango más amplio de índices de empuje; lo que la familia Trent ha logrado.

Sin embargo, la configuración de tres ejes tiene como **desventaja** que el fan, el IPC y el HPC que giran sobre tres ejes requieren cada uno una turbina; lo que da como resultado tres módulos de turbina: el LPT para el fan; el IPT para el IPC; y el HPT para el HPC. Esto aumenta el peso del motor y la complejidad de su construcción. Esta complejidad de la construcción tiene particular relevancia para el mantenimiento, ya que el HPC/HPT generalmente tiene intervalos de mantenimiento más cortos que el fan/LPT y el IPC/IPT. Sin embargo, el motor requerirá un desmontaje completo para permitir que el HPC/HPT, el eje de alta presión, se pueda quitar y desmontar. A pesar de esto la configuración de tres ejes del Trent generalmente significa que requiere menos etapas de turbina que los motores de dos ejes con diámetros de fan y valores de empuje similares. Cinco de los seis modelos Trent tienen HPT e IPT de una sola etapa; que hacen girar el HPC y el LPC.

Muchos motores de dos ejes de la competencia tienen HPT de dos etapas; aunque, por supuesto, no requieren un IPT. Los modelos Trent generalmente tienen LPT con menos etapas que los motores de dos ejes de la competencia.

El Trent ha sido desarrollado para utilizar tecnologías adicionales para mejorar la eficiencia de los sucesivos miembros de la familia.

Un objetivo principal de la familia Trent ha sido aumentar la relación de presión general. Esto aumenta la eficiencia térmica y el SFC (specific fuel consumption). Una relación de presión más



alta solo se puede lograr mediante mejoras en la aerodinámica 3D, la eficiencia de los componentes y las capacidades de los materiales.

Las variantes posteriores del Trent, comenzando con el 900 y el 500, utilizaron álabes de fan de cuerda más ancha. Esto le dio al fan una mayor eficiencia aerodinámica a través de una reducción de la resistencia y un mayor flujo másico.

Una mayor eficiencia térmica también tiene la ventaja adicional de menores emisiones de CO₂. Sin embargo, también aumenta las emisiones de NO_x. Este aumento debe compensarse con un diseño mejorado de la cámara de combustión.

La familia Trent ha estado en desarrollo desde finales de los años 1980, y los modelos más recientes entrarán en servicio con la familia A350XWB en 2013-2017. A diferencia de los modelos RB211-524 que impulsaron variantes del 747 y tuvieron un éxito de ventas limitado, la familia Trent ha obtenido una mayor proporción de pedidos en firme para los aviones que impulsa.

El primer modelo Trent en desarrollo fue el Trent 600, originalmente pensado para el MD-11. Esta variante fue descartada tras la cancelación de pedidos de sus únicos dos clientes.

Trent 500

El Trent 500 fue desarrollado al mismo tiempo que el Trent 900. El Trent 500 tiene una distribución interior con la misma configuración que el Trent 800 y el 900, pero a menor escala. El Trent 500 utiliza el mismo fan de 26 álabes y 247 cm de diámetro que el Trent 700, por lo tanto, logra una relación de derivación de 7,6:1 a 7,7:1 para sus dos variantes de empuje nominal.

Las dos variantes son la 553 con una potencia nominal de 53.000 libras para el A340-500, y la 556 con una potencia nominal de 56.000 libras para el A340-600 (véase la tabla). La relación de presión general es de 36,3:1.

Engine Model	Trent 970	Trent 972	Trent 977	Trent 553	Trent 556
Thrust rating-lbs	70,000	72,000	76,500	53,000	56,000
Fan diameter (inches)	116	116	116	97.4	97.4
Fan blades	24	24	24	26	26
Bypass ratio	8.7	8.6	8.5	7.7	7.6
Overall pressure ratio	37-39:1	37-39:1	37-39:1	36.3:1	36.3:1
SFC: lb/lbf/hr	0.518	0.518	0.518	0.54	0.54
Flat rate temp.	30	30	30	30	30
Application	A380-800	A380-800	A380F	A340-500	A340-600
<u>Engine configuration</u>					
Fan stages	1	1	1	1	1
IPC stages	8	8	8	8	8
HPC stages	6	6	6	6	6
HPT stages	1	1	1	1	1
IPT stages	1	1	1	1	1
LPT stages	5	5	5	5	5



El Trent 500 utiliza muchos de los mismos desarrollos tecnológicos utilizados en el Trent 900. El diseño del Trent 500 ha dado como resultado un consumo de combustible en crucero más bajo que otras variantes de la familia, de 0,54 libras de combustible por libra de empuje.

También tiene un margen de cumplimiento de emisiones de NOx CAEP VI de 16,4 g/kN y un margen de cumplimiento de ruido de Etapa 4 de 13,3 EPNdB

DATOS TÉCNICOS (TRENT 556):

Tipo: Turbofán de tres ejes de alto bypass.

Compresor: Axial con 1 fan, compresor de presión intermedia de 8 etapas y compresor de alta presión de 6 etapas.

Combustión: anular con 20 inyectores de combustible

Turbina: Axial de alta presión de una etapa, turbina de presión intermedia de una etapa, turbina de baja presión de cinco etapas.

Diámetro del fan: 247 cm (97 in)

Empuje máximo: 25.400 Kgf (56.000 lb).

Peso: 4.990 kg (11.000 lb).

Relación de compresión: 35/1.

Relación de bypass: 7.6/1

Relación empuje/peso: 5,63 Kgf/Kg.

Consumo carburante: 30.240 lb/hr. En crucero

MONTADO EN:

AIRBUS A340-600:

las series 500 y 600 fueron creadas como versiones alargadas del A340-200. El más



largo, el A340-600, con sus 75,3 m de largo se convirtió en el avión comercial más largo del mundo hasta la aparición del Boeing 747-8 en 2011. La última unidad en ser entregada a una aerolínea fue un A340-642X de la española Iberia, puesto en servicio en julio de 2010 con registro EC-LFS "Ciudad de México". Con la mejora de la fiabilidad de los motores, las aerolíneas están sustituyendo progresivamente el modelo en favor de bimotores de largo alcance más eficientes.

El A340-600 se diseñó para sustituir a la primera generación del Boeing 747. Puede llevar 380 pasajeros en la configuración típica de 3 clases a 14.600 km. Aunque puede llevar un número similar de pasajeros que los primeros Boeing 747, puede llevar el doble de carga con menor costo. El primer vuelo del avión se realizó el 23 de abril de 2001. Virgin Atlantic comenzó los vuelos comerciales en agosto de 2002.

Las aeronaves de la serie 600 están impulsadas por 4 motores turbofán Trent 556 de Rolls-Royce y además poseen cuatro ruedas adicionales en el eje central del fuselaje en comparación al A340-300 para soportar el incremento de peso.



En su momento fue considerado uno de los aviones comerciales más moderno en servicio. Contaba con tecnología de vanguardia en los aparatos que permitía su aeronavegabilidad y en los servicios de entretenimiento a bordo.

Entre las novedades que incluía este modelo de avión se encontraba la posibilidad de ver en las pantallas lo que está grabando, en tiempo real, una cámara exterior situada en el timón de cola.

IBERIA contó con 18 aviones A340-600 a partir de 2003 y hasta 2011. Se les pusieron nombres de hombres ilustres como el mío, Santiago Ramón y Cajal, pero también como el de Salvador Dalí, Jacinto Benavente, Andrés Segovia, Gaudí, Isaac Albéniz o Julio Romero de Torres. Hizo su último vuelo 1 agosto 2020.

El A340 fue víctima de las circunstancias mundiales, concretamente de la crisis de las aerolíneas a causa de los atentados terroristas del 11 de septiembre de 2001 y, sobre todo, por la pandemia de 2020. Además, el cambio de las normas ETOPS de la OACI, permitiendo operar vuelos más largos con aviones bimotores, y la mayor eficiencia de los actuales motores de aviación, fue un cóctel que condenó a cuatrimotores como el A340 a un temprano declive, que también ha acabado afectando a gigantes como el Boeing 747 y el Airbus A380.

ROLLS-ROYCE TRENT 500

The Rolls-Royce Trent 500 is a high-bypass turbofan engine produced by Rolls-Royce to power the larger variants of the A340-500/600. Its design was initiated in 1997, it was first flight-tested in 1999 and certified in 2000. It entered service in 2002 and 524 engines were delivered until A340 production ended in 2012.



It is the successor to the Rolls-Royce RB211 engine capable of generating 37,400 to 60,600 lbf thrust, originally developed for the Lockheed L-1011 (TriStar), which entered service in 1972.

It was subsequently produced in derivative versions for variants of the Boeing 747, 757 and 767 airliners, as well as for the Russian Tupolev Tu-204 commercial airliner. The RB211 was replaced in the 1990s by the Rolls-Royce Trent family of engines.

The Rolls-Royce Trent 500 retains the three-shaft architecture of the Trent family, has a 2.47 m (97.5 in) fan from the Trent 700 and a scaled-down Trent 800 core. It produces up to 62,000 lbf of thrust at takeoff and has a bypass ratio of up to 8.5:1 in cruise.

DEVELOPMENT

In 1995 Airbus began considering an engine for two new long-range derivatives of its four-engine A340, the A340-500 and 600. The existing A340-200/300 was powered by CFM International CFM56 engines but was already at the limits of its development capabilities and would not be able to power the new A340-500/600. In April 1996 Airbus signed an agreement with GE Aviation to develop a suitable engine but decided not to proceed when GE demanded an exclusivity agreement for the A340.

Certification was applied for on 9 February 1998 and the A340 was first operational in May 1999. By July of this year Rolls-Royce had secured orders for the Trent 500 worth \$5 billion. Flight testing began in late June 2000 on a modified A340 testbed. By July 2000 the test programme had accumulated 1,750 h and 2,000 cycles and was targeting 15,000 h and 4,000-5,000 cycles before introduction. It achieved certification on 15 December 2000.





The Trent 500 entered service on the A340-600 with Virgin Atlantic in July 2002, and on the ultra-long-range A340-500 with Emirates in December 2003. Air Canada was expected to be the launch customer for the A340-500 in May 2003 but just prior to this, on 1 April 2003, the airline filed for bankruptcy protection, resulting in the delay of delivery of its two A340-500s. This allowed Emirates to be the first airline to operate the type. After production of the Airbus A340 ended in 2011, a total of 131 A340-500/600s have been delivered with 524 Trent 500 engines in total; Lufthansa is the largest operator with 24 A340-600s delivered.

DESIGN

The Trent 500 is a high-bypass turbofan with three shafts: the fan is driven by a 5-stage low-pressure turbine (nominal speed: 3,900 RPM), the intermediate-pressure shaft has an 8-stage axial compressor (9,100 RPM) and the high-pressure shaft has a 6-stage axial compressor (13,300 RPM), both shafts driven by a single turbine stage. It has an annular combustion chamber and is equipped with an electronic engine control system (FADEC).

It is rated flat at ISA +15 °C for a net thrust of 55,800 – 61,900 lbf at takeoff, and has a bypass ratio of 8.5:1 at cruise.

The Trent 500 is essentially a scaled-down Trent 800, with a 247 cm (97 in) fan with 26 blades, like the Trent 700. The IP (intermediate pressure) and HP (high pressure) compressors have been reduced by 20% compared to the Trent 892, while the turbines have been reduced by 90% and are made of CMSX-4 monocrystalline alloy, with thermal barrier coatings. Fuel consumption is 1% lower due to 3D aerodynamics. It has been tested up to 68,000 lbf to establish limits.



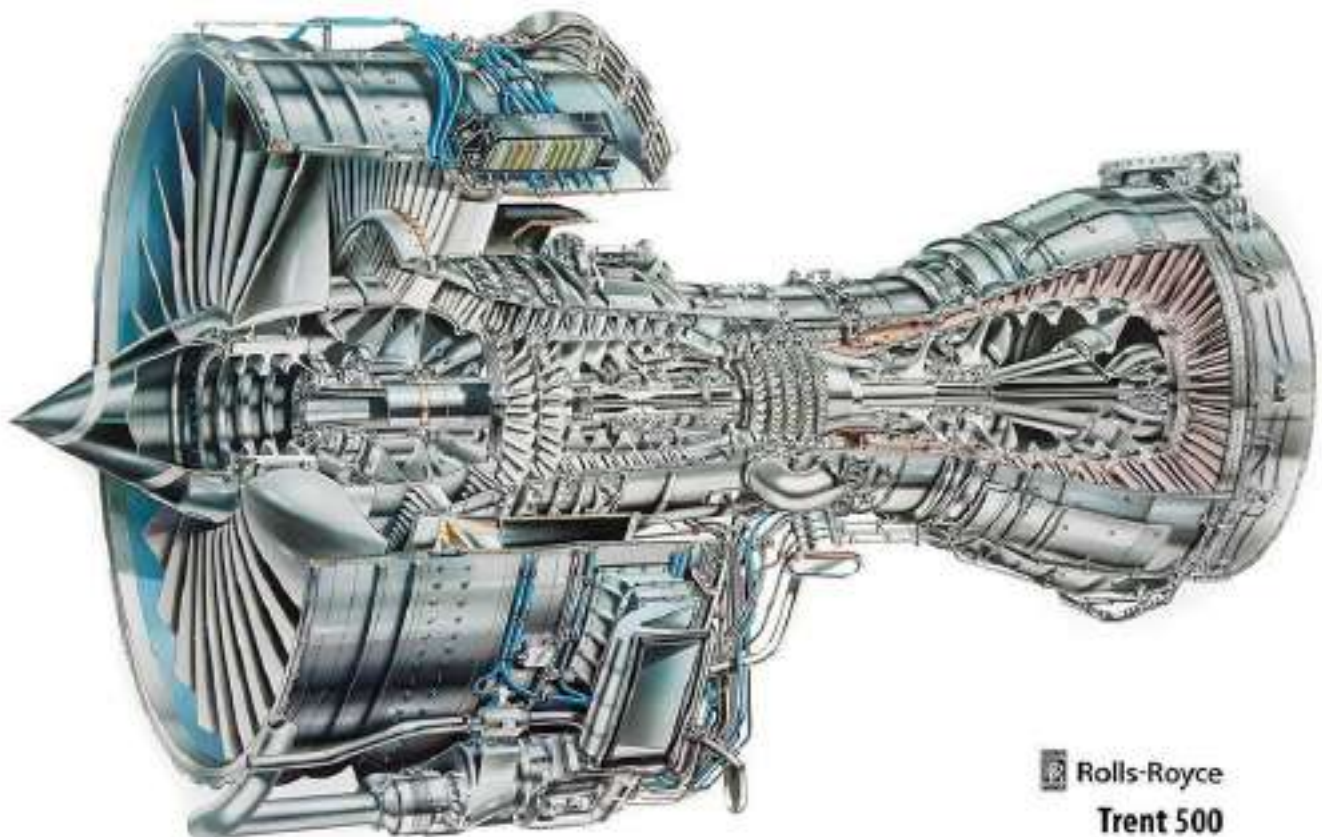
The Trent 500 powers the A340-500/600. It was certified with 60,000 lbf thrust but was derated to 53,000 lbf as the Trent 553 to power the A340-500, and to 56,000 lbf as the Trent 556 for the A340-600 and the A340-500HGW (High Gross Weight), a higher performance version of the A340-500. A 60,000 lbf version was also launched for installation on the A340-600HGW. The Trent 500 has the same fan as the Trent 700, along with a scaled core from the Trent 800.

ARCHITECTURE

The Trent shares the same basic architecture as the RB211, although each main model has different fan and mid-engine rotor and stator diameters. The three-shaft architecture is credited with giving the RB211 and Trent families greater thrust growth capability than competing two-shaft designs.

The Trent's three-shaft configuration provides six main rotary and static stage modules: the fan; intermediate pressure compressor (IPC); high pressure compressor (HPC); high pressure turbine (HPT); intermediate pressure turbine (IPT); and low pressure turbine (LPT).

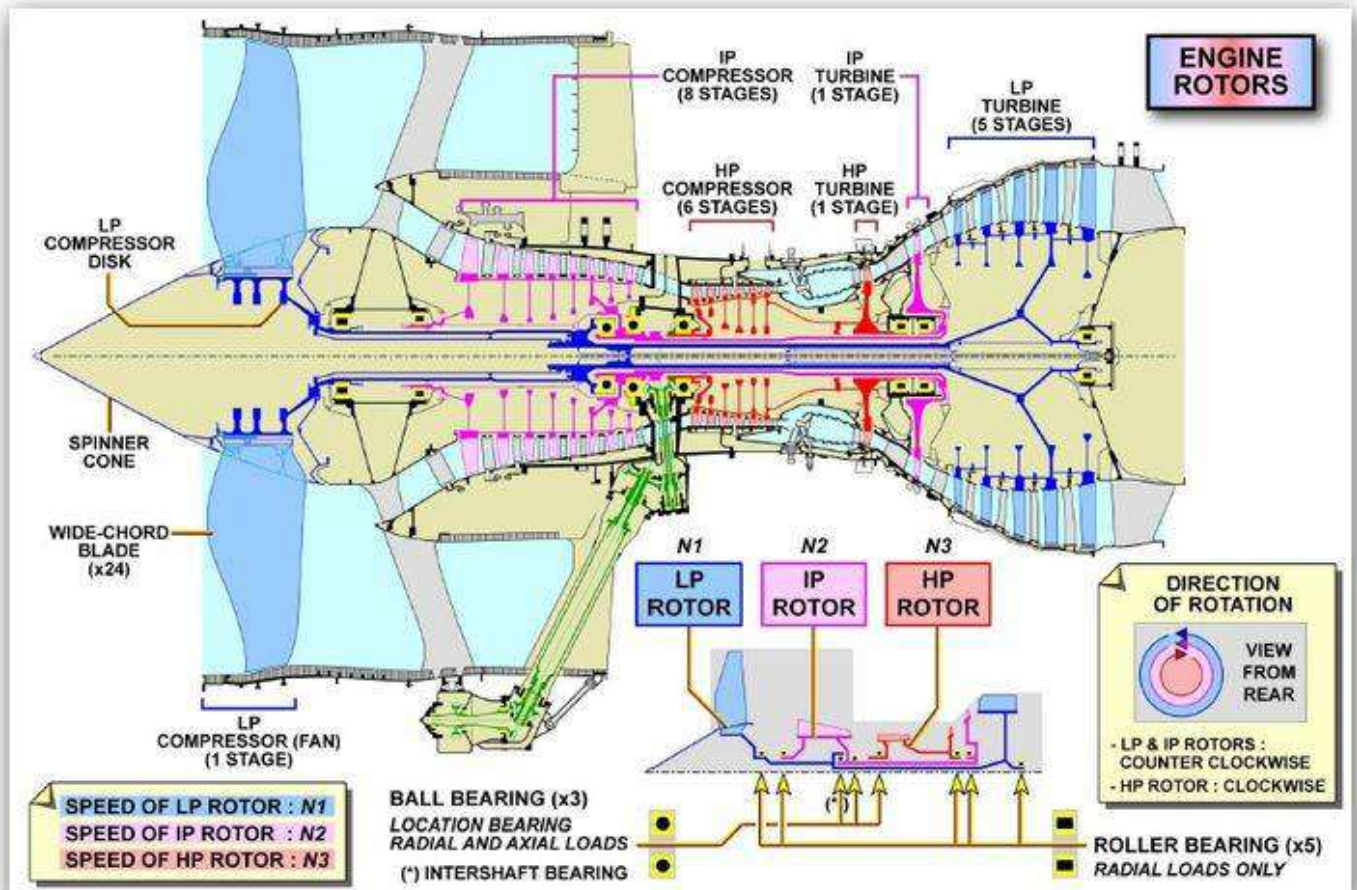
All turbofan manufacturers have attempted to increase the fan diameters of their engines to achieve higher bypass ratios, i.e. the ratio of the volume of air bypassed around the mid-engine to the volume of air passing through the mid-engine. A higher bypass ratio is therefore achieved with a wider intake fan, which also increases air volume and mass. With an unchanged engine core size, a larger fan diameter will increase the volume and mass of air circulating around the core.



A larger bypass air volume and mass has multiple benefits. The main one is that the air exit velocity can be reduced, which improves propulsion efficiency, and specific fuel consumption (SFC). A larger bypass air volume and slower exit velocity also reduce exhaust temperature and noise emissions.

However, there are limitations to increasing the fan diameter. **The first limitation is the need to limit the fan blade tip speed.** The fan blade tip speed has to be at a level that optimizes the engine in terms of balance between fuel consumption, weight and other design parameters. As the fan diameter increases the blade tip speed increases for the same number of revolutions per minute (RPM), due to the longer fan blades.

Engine performance is generally optimized by reducing RPM as the fan diameter increases. Therefore, larger diameter fans have to spin at lower RPM than smaller diameter fans. However, slower RPM results in less air compression, which translates to lower efficiency.



The second limitation of larger diameter fans is that they weigh more and therefore require more power to spin them. This requires a larger turbine, with more stages and airfoils. Another problem is that because RPM must also be reduced, more turbine stages are required to extract enough energy from the exhaust gases to spin the fan.

For a given basic engine, the fan diameter cannot be increased beyond a certain point without incurring performance and cost penalties. First, this is because the increased weight of a larger fan and additional turbine stages outweighs the benefits of a higher bypass ratio. Secondly, not only will the additional weight cancel out some of the fuel savings, but the additional number of airfoils and turbine discs will also increase engine maintenance costs.

Three-shaft design

This design has several **inherent advantages**, which are key to RR's design philosophy on the RB211 and the Trent.

The first is that the Trent can use fewer IPC and HPC stages than a two-shaft engine to achieve the same compression. The compressor stages can operate closer to optimum speeds than on a two-shaft engine, thereby improving efficiency and increasing the pressure ratio.

The Trent 700, for example, which powers the A330 family, has 14 stages – eight IPC and six HPC. This compares to the four LPC and 14 HPC stages of the two-shaft CF6-80E1 – 18 in total. This has a further advantage of making the three-shaft engine shorter.



The second is that in some cases the compressor modules on a three-shaft engine can be of a smaller diameter compared to the compressor modules on a two-shaft engine to spin a fan of equal diameter. Smaller diameter compressor modules allow the three-shaft engine to achieve higher bypass.

A third is that the three-shaft engine has more potential to be developed over a wider range of thrust ratings; this has been achieved by the Trent family.

However, the three-shaft configuration has the **disadvantage** that the fan, IPC and HPC rotating on three shafts each require a turbine; resulting in three turbine modules: the LPT for the fan; the IPT for the IPC; and the HPT for the HPC. This increases the weight of the engine and the complexity of its construction. This complexity of construction has particular relevance to maintenance, as the HPC/HPT generally has shorter maintenance intervals than the fan/LPT and IPC/IPT. However, the engine will require complete disassembly to allow the HPC/HPT, the high-pressure shaft, to be removed and disassembled. Despite this the three-shaft configuration of the Trent generally means that it requires fewer turbine stages than two-shaft engines with similar fan diameters and thrust values. Five of the six Trent models have single-stage HPTs and IPTs; which spin the HPC and LPC.

Many competing two-shaft engines have two-stage HPTs; although of course they do not require an IPT. Trent models generally have LPTs with fewer stages than competing two-shaft engines.

The Trent has been developed to use additional technologies to improve the efficiency of successive members of the family.

A primary goal of the Trent family has been to increase the overall pressure ratio. This increases thermal efficiency and SFC (specific fuel consumption). A higher pressure ratio can only be achieved through improvements in 3D aerodynamics, component efficiency and materials capabilities.

Later variants of the Trent, starting with the 900 and 500, used wider chord fan blades. This gave the fan greater aerodynamic efficiency through reduced drag and increased mass flow.

Greater thermal efficiency also has the added benefit of lower CO₂ emissions. However, it also increases NO_x emissions. This increase must be offset by improved combustion chamber design.

The Trent family has been in development since the late 1980s, with the most recent models entering service with the A350XWB family in 2013-2017. Unlike the RB211-524 models which powered variants of the 747 and had limited sales success, the Trent family has won a higher proportion of firm orders for the aircraft it powers.

The first Trent model in development was the Trent 600, originally intended for the MD-11. This variant was scrapped following the cancellation of orders from its only two customers.



Trent 500

The Trent 500 was developed at the same time as the Trent 900. The Trent 500 has an internal layout with the same configuration as the Trent 800 and 900, but on a smaller scale. The Trent 500 uses the same 26-blade, 247 cm diameter fan as the Trent 700, thus achieving a bypass ratio of 7.6:1 to 7.7:1 for its two rated thrust variants.

The two variants are the 553 rated at 53,000 lb for the A340-500, and the 556 rated at 56,000 lb for the A340-600 (see table). The overall pressure ratio is 36.3:1.

Engine Model	Trent 970	Trent 972	Trent 977	Trent 553	Trent 556
Thrust rating-lbs	70,000	72,000	76,500	53,000	56,000
Fan diameter (inches)	116	116	116	97.4	97.4
Fan blades	24	24	24	26	26
Bypass ratio	8.7	8.6	8.5	7.7	7.6
Overall pressure ratio	37-39:1	37-39:1	37-39:1	36.3:1	36.3:1
SFC: lb/lbf/hr	0.518	0.518	0.518	0.54	0.54
Flat rate temp.	30	30	30	30	30
Application	A380-800	A380-800	A380F	A340-500	A340-600
<u>Engine configuration</u>					
Fan stages	1	1	1	1	1
IPC stages	8	8	8	8	8
HPC stages	6	6	6	6	6
HPT stages	1	1	1	1	1
IPT stages	1	1	1	1	1
LPT stages	5	5	5	5	5

The Trent 500 uses many of the same technological developments used in the Trent 900.

The design of the Trent 500 has resulted in lower cruise fuel consumption than other variants in the family, at 0.54 lbs of fuel per pound of thrust.

It also has a CAEP VI NOx emissions compliance margin of 16.4 g/kN and a Stage 4 noise compliance margin of 13.3 EPNdB.



TECHNICAL DATA (TRENT 556):

Type: Three-shaft high-bypass turbofan.

Compressor: Axial with 1 fan, 8-stage intermediate pressure compressor and 6-stage high pressure compressor.

Combustion: Annular with 20 fuel injectors

Turbine: Single-stage high pressure axial, single-stage intermediate pressure turbine, five-stage low pressure turbine.

Fan diameter: 247 cm (97 in)

Maximum thrust: 25,400 Kgf (56,000 lb).

Weight: 4,990 kg (11,000 lb).

Compression ratio: 35/1.

Bypass ratio: 7.6/1

Thrust/weight ratio: 5.63 Kgf/Kg.

Fuel consumption: 30,240 lb/hr. In cruise

MOUNTED ON:

AIRBUS A340-600:

The 500 and 600 series were created as stretched versions of the A340-200. The longest, the A340-



600, at 75.3 m long became the longest commercial aircraft in the world until the appearance of the Boeing 747-8 in 2011. The last unit to be delivered to an airline was an A340-642X of the Spanish company Iberia, put into service in July 2010 with registration EC-LFS "Mexico City". With the improvement of the reliability of the engines, airlines are progressively replacing the model in favour of more efficient long-range twin-engines.

The A340-600 was designed to replace the first generation of the Boeing 747. It can carry 380 passengers in the typical 3-class configuration for 14,600 km. Although it can carry a similar number of passengers as the first Boeing 747s, it can carry twice as much cargo at a lower cost. The aircraft's first flight took place on April 23, 2001. Virgin Atlantic began commercial flights in August 2002.

The 600 series aircraft are powered by four Rolls-Royce Trent 556 turbofan engines and also have four additional wheels on the central axis of the fuselage compared to the A340-300 to support the increased weight.

At the time, it was considered one of the most modern commercial aircraft in service. It had cutting-edge technology in the devices that allowed its airworthiness and in the on-board entertainment services.

Among the new features included in this model of aircraft was the possibility of seeing on the screens what is being recorded, in real time, by an external camera located on the tail fin. IBERIA had 18 A340-600 aircraft from 2003 to 2011. They were named after illustrious men



such as myself, Santiago Ramón y Cajal, but also after Salvador Dalí, Jacinto Benavente, Andrés Segovia, Gaudí, Isaac Albéniz and Julio Romero de Torres. It made its last flight on 1 August 2020.

The A340 was a victim of global circumstances, specifically the airline crisis caused by the terrorist attacks of 11 September 2001 and, above all, by the pandemic of 2020. In addition, the change in the ICAO ETOPS regulations, allowing longer flights with twin-engine aircraft, and the greater efficiency of aviation engine power, was a cocktail that condemned four-engine aircraft such as the A340 to an early decline, which has also ended up affecting giants such as the Boeing 747 and the Airbus A380.