



EN VENTILACIÓN,  
A SU LADO,  
INNOVAMOS  
SIEMPRE

## MANUAL DEL PRODUCTO

### Modelos de ventilador de disco y anillo para Torres de refrigeración húmeda

Manual técnico de ventiladores industriales aplicados en sistemas de refrigeración.

Descripción del equipo, características técnicas, instalación y mantenimiento.

Versión A03

Última Actualización: 07 de diciembre de 2023

## CONTENIDO

1.	INSTALACIÓN DE DISCO Y ANILLO .....	4
2.	MANUAL OPERATIVO .....	5
2.1.	Introducción.....	5
2.2.	Almacenamiento.....	5
2.2.1.	Proteccion .....	5
2.2.2.	Impactos.....	5
2.2.3.	Descarga.....	5
2.3.	Manejo.....	7
2.3.1.	Levantar manualmente.....	7
2.3.2.	Elevación por eslingas (cintas de elevación).....	8
3.	MONTAJE .....	9
3.1.	Herramientas necesarias .....	9
3.2.	Montaje inicial .....	9
3.2.1.	Conjunto de brida de acoplamiento .....	9
3.2.2.	Montaje de cubo: diseño de disco y anillo .....	9
3.2.3.	Montaje de aspas.....	11
3.2.4.	Ajuste del ángulo de inclinación .....	12
3.2.5.	Ajuste de los pernos.....	12
4.	PUESTA EN MARCHA DEL VENTILADOR .....	16
5.	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO .....	17
5.1.	Aspas y cubos.....	17
5.2.	Pernos .....	17
6.	SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	18
7.	NOTA SOBRE VIBRACIONES Y MEDICIÓN DE VIBRACIONES.....	19
7.1.	Posibles fuentes de vibración .....	20
8.	VALORES DE TORQUE .....	21
9.	PERÍODO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA CONTROL DE VERIFICACIÓN DE TORQUE ....	23

Fan Technology Resources, también conocido como FanTR, agradece la confianza que ha depositado en nosotros para brindarle los productos y soluciones para su proyecto.

Los ventiladores avanzados FanTR se fabrican con especificaciones y controles rígidos para cumplir con las características requeridas por el proyecto y para operar sin problemas con la máxima eficiencia en condiciones ambientales agresivas.

Las instrucciones para el manejo, montaje y mantenimiento se presentan en este manual y deben seguirse cuidadosamente para obtener el desempeño sobresaliente y la alta durabilidad que este equipo requiere.

Puede obtener cualquier información o asistencia adicional con respecto a estos procedimientos, o cualquier otro aspecto técnico de este equipo, comunicándose con el Departamento Técnico de FanTR:

Teléfono: +55 11 4025-1670

E-mail: [fantr@fantr.com](mailto:fantr@fantr.com)

**I.** FanTR garantiza este producto. Para mayor información sobre garantía, cobertura, aceptación y términos, consulte el documento de Términos de Garantía.

**II.** No seguir las instrucciones presentadas en este documento podría causar la exposición a situaciones peligrosas y podría ocasionar la pérdida de la garantía del equipo.

**III.** Existen otros documentos cruciales para la completa comprensión de las instrucciones de este manual. FanTR proporciona la Fan Datasheet (ficha técnica del ventilador) y los dibujos FDV. Estos documentos cuentan con citas técnicas como componentes, materiales, condiciones de operación, y otros que puedan ser de interés o valiosas.

## 1. INSTALACIÓN DE DISCO Y ANILLO

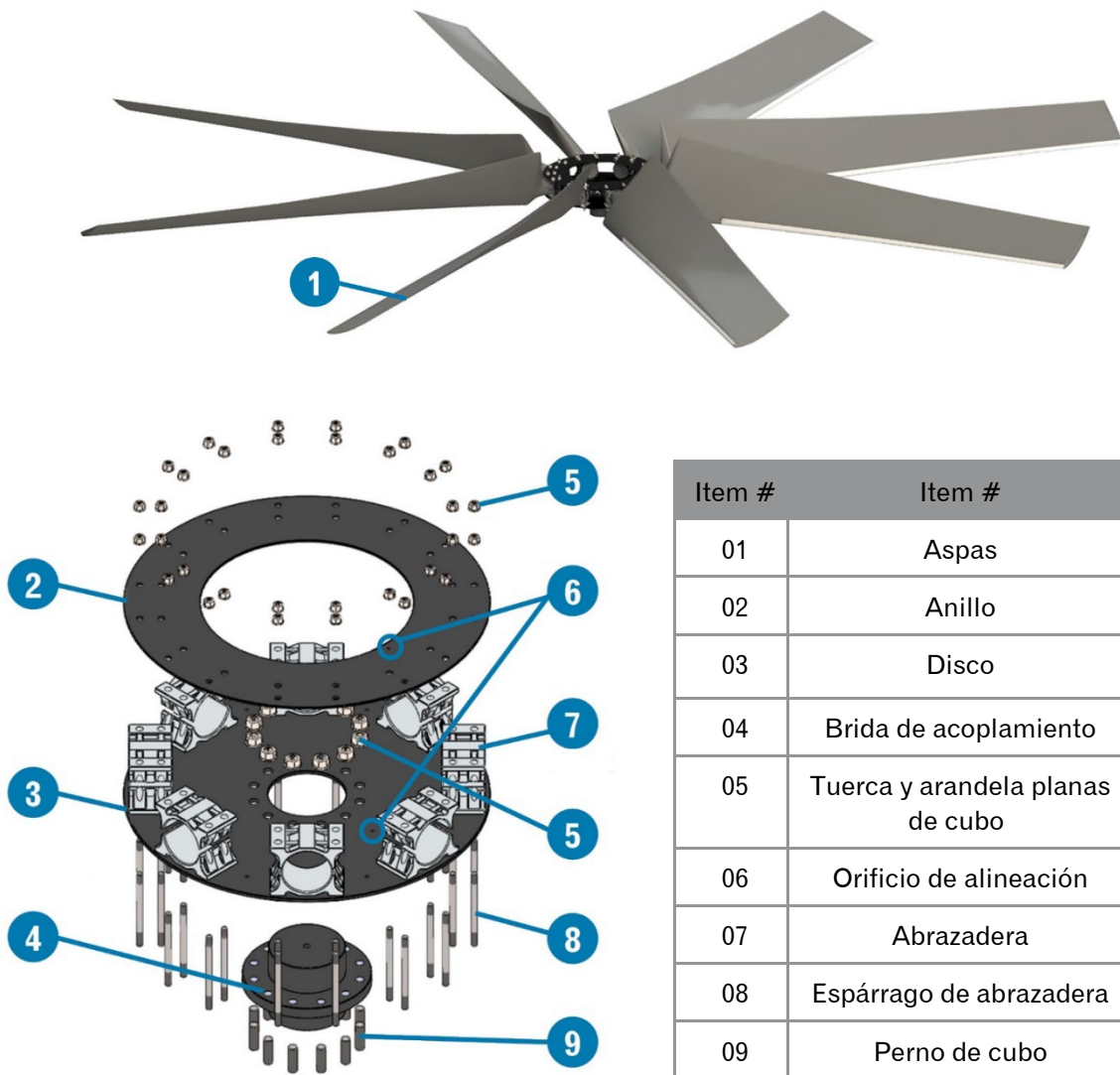


Figura 1 - Montaje del ventilador

Item #	Item #
01	Aspas
02	Anillo
03	Disco
04	Brida de acoplamiento
05	Tuerca y arandela planas de cubo
06	Orificio de alineación
07	Abrazadera
08	Espárrago de abrazadera
09	Perno de cubo

Tabla 1 - Lista de artículos

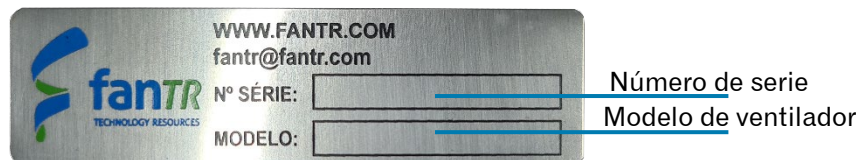


Figura 2 - Placa de identificación

## 2. MANUAL OPERATIVO

### 2.1. Introducción

Este manual presenta las instrucciones para el funcionamiento de los Ventiladores Avanzados FanTR, especialmente desarrollados para procesos y aplicaciones industriales. Los detalles del ventilador para el montaje se pueden ver en el documento FDV.

El diseño de estos Ventiladores considera el funcionamiento en ambientes químicamente agresivos, en régimen continuo y con mínimo mantenimiento.

Todas las piezas de un mismo proyecto son igualmente equilibradas e intercambiables, incluidas aspas, discos y bridas de acoplamiento.

### 2.2. Almacenamiento

Aunque están fabricados para operar en ambientes agresivos, a continuación se enumera una lista de precauciones para evitar cualquier cambio en las características de los productos durante el almacenamiento.

Las aspas permanecen en su embalaje de envío originales hasta que se requiera la instalación. Si están fuera de los marcos, deben almacenarse preferiblemente en un depósito cubierto.

Sin embargo, se pueden almacenar en el lugar de operaciones bajo una lona transpirable, con el borde de ataque hacia abajo sobre soportes acolchados de acuerdo con el **Figura 3** - Soporte de las aspas.



**Figura 3** - Soporte de las aspas

#### 2.2.1. Protección

Durante el período de almacenamiento, las aspas deberán protegerse contra temperaturas superiores a 55°C (130°F) y contra el contacto continuo con humedad, solventes y otros productos químicos.

#### 2.2.2. Impactos

Deben evitarse cargas mecánicas innecesarias sobre las aspas, así como impactos con cualquier otra pieza. No apoye ningún material sobre las aspas y no se suba ni se pare sobre ellas antes o después de la instalación.

#### 2.2.3. Descarga

Las piezas del ventilador se pueden enviar en dos tipos de paquetes. En ambos tipos puede haber cuñas de madera (calces) fijadas en el piso, como se muestra en **Figura 4**, para evitar desplazamientos durante el transporte. Retire las cuñas de madera antes de comenzar el proceso de descarga.



**Figura 4 - Cuña de madera**

**- Embalaje de envío de madera (aspas, cubos y accesorios de montaje)**

Según las imágenes:



**Figura 5 - Embalaje de envío de madera/puntos de tracción**

- i - Abra el contenedor con cuidado porque las cajas se hayan movido durante el transporte.
- ii - Utilice el montacargas (carretilla elevadora) y sostenga la caja de madera desde su parte inferior.

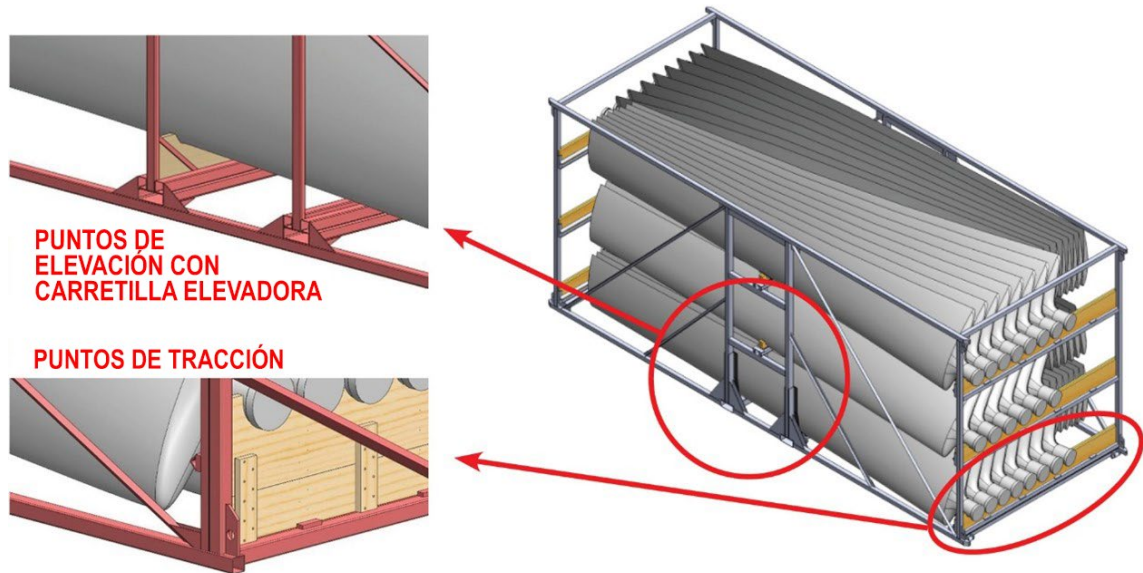
Para ayudar a sacar la caja de madera desde el interior del contenedor, FanTR instaló puntos de tracción en la parte inferior del frente de las cajas de madera de acuerdo con el **Figura 5**.

De esta manera, utilizando una barra de metal para conectar los puntos de tracción a la carretilla elevadora, tire de la caja hasta el extremo frontal del contenedor.

En esta posición, la caja de cubos y accesorios de montaje se puede sacar fácilmente del contenedor con la carretilla elevadora. Aunque, en el caso de las cajas de las aspas, es necesario tirar un poco más para tener acceso a su lado lateral, ya que es allí donde se encuentran los puntos de elevación de las cajas de las aspas (posición del montacargas).

**- Embalaje de envío metálico (solo aspas)**

Para sacar los marcos del contenedor, amarre a la estructura metálica un cable de acero o una cuerda capaz de tirar de 6 toneladas. Sáquelo del contenedor hasta que pueda acceder a los puntos de elevación, como se indica en **Figura 6**, y levántelo con la carretilla elevadora.



**Figura 6 - Embalaje Metálico**

### 2.3. Manejo

Las aspas se manipularán con cuidado, evitando golpes en su superficie, que podrían dañar la superficie del laminado y reducir su resistencia al ataque de agentes corrosivos.

Los impactos fuertes también pueden dañar la resistencia estructural de las aspas o su forma aerodinámica, comprometiendo el correcto funcionamiento del ventilador.



**PRECAUCIÓN:**

NO UTILICE CUCHILLOS NI OTROS OBJETOS AFILADOS PARA QUITAR LA PROTECCIÓN DE PLÁSTICO DE LAS ASPAS YA QUE PODRÍAN DAÑAR SU SUPERFICIE.

#### 2.3.1. Levantar manualmente

Se quiere un mínimo de dos operarios para transportar las aspas manualmente. Se recomienda apoyar siempre las aspas sobre una superficie limpia y protegida, preferiblemente sobre soportes acolchados.

### 2.3.2. Elevación por eslingas (cintas de elevación)

Se DEBE utilizar un mínimo de dos eslingas de elevación por hoja. Las eslingas deben tener un ancho mínimo de 4" y una capacidad de 230 kg (500 lb) cada una. Utilizar preferentemente enganche de "chocker" o "basket".

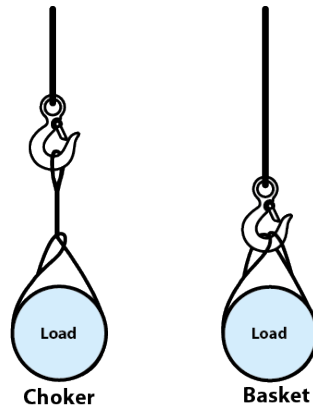


Figura 7 - Modelos de elevación "chocker" y "basket"

Coloque una eslinga en el cuello de la hoja y otra en una posición que represente el 75% de la longitud de la hoja como lo indica la Figura 8.

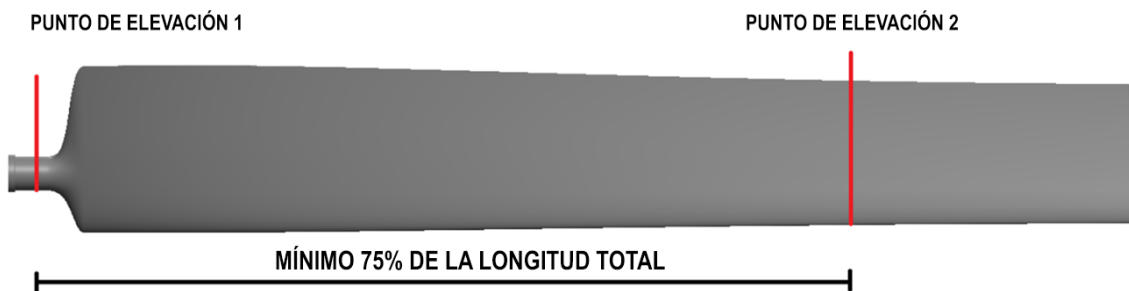


Figura 8 - Puntos de elevación de las aspas



### 3. MONTAJE

#### 3.1. Herramientas necesarias

A continuación hay una lista de herramientas y equipos recomendados para el montaje de ventiladores.

Item #	Descripción herramientas y materiales.
01	Fan (Ventilador)
02	Hardware (Accesorios de montaje) como FDV
03	Llave dinamométrica manual* (utilizada para aplicar valores de par inferiores a 100 kgf.m (723 lbf.ft)). Si el par especificado es superior a 100 kgf.m (723 lbf.ft), se utilizará un multiplicador adecuado para reducir el esfuerzo humano. El multiplicador deberá contar con un certificado de calibración vigente. <b>No utilice llaves dinamométricas hidráulicas, neumáticas o eléctricas.</b> *± 4% de precisión.
04	Trinquete
05	Carretilla elevadora (montacargas)
06	Arneses
07	Yo-yo's: mecanismo autorretráctil utilizado cuando es necesario trabajar a 6 pies del suelo
08	Guantes de seguridad
09	Gafas (lentes) de seguridad
10	Encajes para usar con llave dinamométrica o carraca.
11	Llave combinada
12	Regla (cualquier instrumento completamente recto)
13	Inclinómetro (± 0,05° de precisión)

#### 3.2. Montaje inicial

##### 3.2.1. Conjunto de brida de acoplamiento

La brida de acoplamiento está diseñada por FanTR de acuerdo con las especificaciones recibidas del fabricante de la caja de cambios y debe ser instalada por el fabricante de la caja de cambios siguiendo su procedimiento.

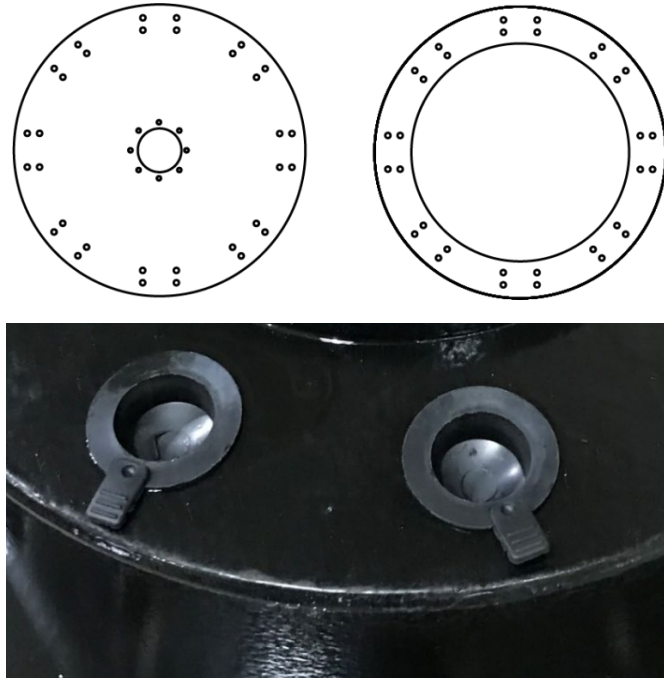
##### 3.2.2. Montaje de cubo: diseño de disco y anillo

Antes de iniciar el procedimiento de montaje del cubo, compruebe si hay tapones de protección en el interior de los orificios (ver **Figura 8**). Retire dichos tapones antes de comenzar el montaje.

El disco del cubo (parte #03) y el anillo (parte #02), como se indica en **Tabla 1**, deben colocarse en la brida de acoplamiento (parte #04) después de una limpieza completa de todas las superficies de contacto.

Coloque el disco del cubo contra la brida de acoplamiento para que encaje en la posición y alinee los orificios (parte n.º 06) para los pernos del cubo.

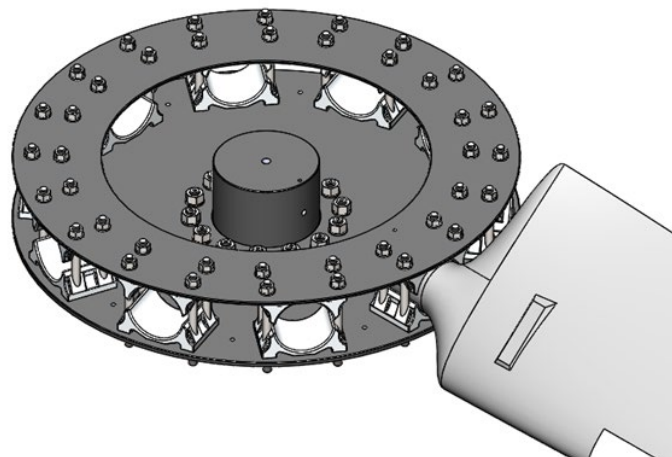
La **Figura 1** proporciona una perspectiva del montaje exponiendo una vista esquemática.



**Figura 9** - Tapones de protección

Una vez que el disco esté instalado en la brida de acoplamiento, monte un aspa de acuerdo con el ítem **3.2.3 Montaje de aspas**.

Después de eso, coloque el anillo y apriete los pernos del aspa instalada para evitar el movimiento del anillo como se muestra **Figura 10**. **No aplique el torque final todavía.**



**Figura 10** - Montaje de disco y anillo

Finalmente, instale todas las hojas de acuerdo con el ítem **3.2.3 Montaje de aspas** y apriete de todos los pernos.

### 3.2.3. Montaje de aspas



**PRECAUCIÓN:**

ANTES DE INICIAR EL PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DE LAS ASPAS, COMPRUEBE SI HAY TAPAS DE PROTECCIÓN EN LOS AGUJEROS DE DRENAJE. RETIRE DICHS TAPONES ANTES DE COMENZAR EL MONTAJE.



Figura 11 - Tapones protectores

Inserte la raíz [base] cilíndrica (cuello) del aspa en el cubo, manteniéndola en posición horizontal y apriete los pernos lo suficientemente fuerte para mantener las aspas unidas al cubo mientras permite que las aspas giren en su eje longitudinal para el ajuste del ángulo de inclinación (ver ítem 3.2.4).

Asegúrese de que todas las aspas tengan la misma altura del extremo y que el soporte de tope del cuello esté orientado hacia las abrazaderas (ver Figura 12). Para ello, un operario ajusta la punta del aspa hasta el correcto alojamiento del soporte tope y la altura del aspa.

A continuación se muestra una vista en corte de todo el conjunto:

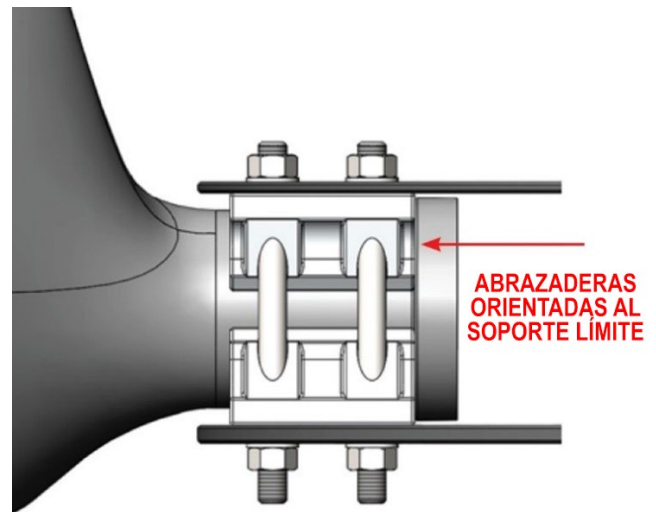


Figura 12 - Tope del mango en contacto con el rodamiento

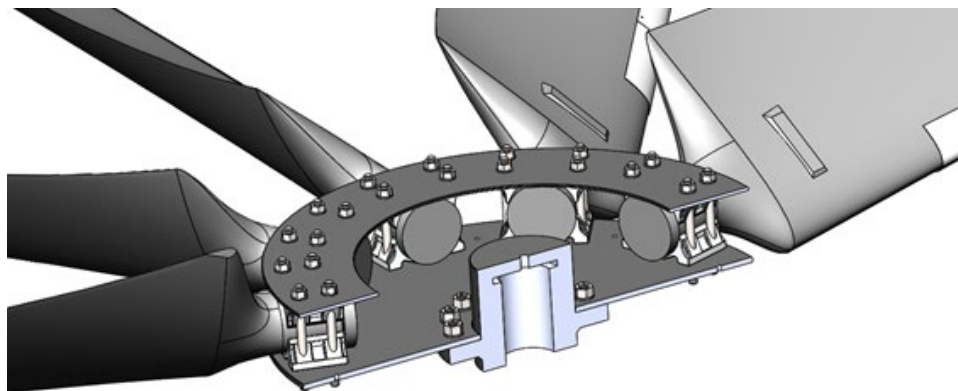


Figura 13 - Vista en corte del ensamblaje



**PRECAUCIÓN:**

NUNCA SUSTITUYA UN ASPA FANTR EN UN VENTILADOR CON UN ASPA DE UN MODELO DIFERENTE O DE UN PEDIDO DE DIFERENTE ORIGEN, YA QUE EL VALOR DE MASA Y LA DISTRIBUCIÓN DIFERENTES PUEDEN CAUSAR VIBRACIONES FUERTES DEBIDO AL DESEQUILIBRIO. ESTO PUEDE CAUSAR DAÑOS GRAVES A TODO EL EQUIPO.

### 3.2.4. Ajuste del ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación se calcula para la condición operativa deseada en cada aplicación a través del software de simulación FanTR Advanced Fans.

La ficha técnica del ventilador y el FDV indican el ángulo de inclinación operativo según la condición para la aplicación actual.

**Esos documentos se pueden obtener de nuestro equipo de gestión al proporcionar el número de serie del aspa.**

El ángulo de inclinación se mide con una regla (o cualquier instrumento completamente recto) y un inclinómetro colocado a 50 mm de la punta del aspa (ver **Figura 14**). El ángulo de inclinación se mide con el ventilador en posición horizontal.

El ángulo de inclinación del aspa debe ajustarse según la indicación que se muestra en el documento de dibujo FDV, con una tolerancia máxima de  $\Delta=\pm 0.3$  grados.

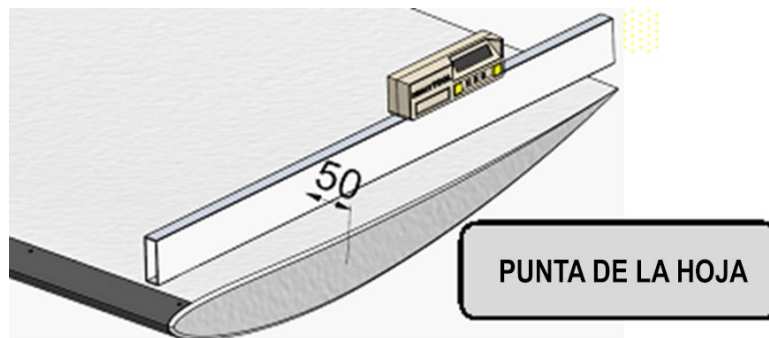


Figura 14 - Medición del ángulo de inclinación

### 3.2.5. Ajuste de los pernos



**PRECAUCIÓN:**

ES IMPORTANTE SEGUIR Y UTILIZAR EL ÍTEM **VALORES DE TORQUE**. NO SEGUIR LOS VALORES DE TORQUE CORRECTOS PUEDE OCASIONAR ACCIDENTES, DAÑOS/FALLAS DEL EQUIPO Y PÉRDIDA DE LA GARANTÍA.

#### 3.2.5.1. Pernos de las aspas

Antes de apretar los pernos, asegúrese de limpiar todas las superficies (perno y tuerca) para que estén libres de contaminantes (aceite, agua, polvo, etc.).

**Aplique lubricante con un coeficiente de fricción ( $\mu$ ) acero-acero entre 0,11 y 0,15 (factor tuerca K acero-acero entre 0,15 y 0,19).**

**Recomendaciones:**

- A) Loctite® LB N-5000
- B) Antigripante de aluminio Permatex®
- C) Antigripante de cobre Permatex®

El lubricante siempre debe aplicarse en la rosca del perno o espárrago. Para los tornillos de culata o cabeza (cap bolts), el lubricante debe aplicarse en la longitud de la rosca. Para los espárragos, el lubricante debe aplicarse en ambas roscas, como se muestra en la **Figura 15**.



**Figura 15** - Roscas de pernos y espárragos

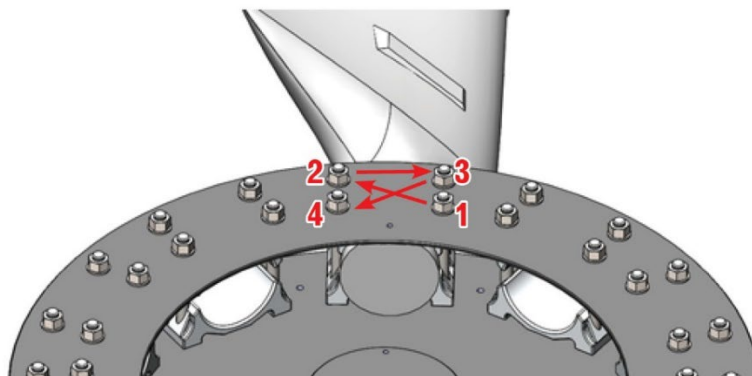


**PRECAUCIÓN:**

TODOS LOS VALORES DE TORQUE DEBERÁN SER APLICADOS CON **PERNOS LUBRICADOS**.

Con el ángulo de inclinación ajustado y manteniendo el aspa en posición horizontal, apriete los pernos en una secuencia cruzada, (ver **Figura 16**), con un torque (par) inicial de **TORQUE A**. Luego, aumente gradualmente el torque, manteniendo la secuencia cruzada, hasta llegar al torque final de **TORQUE B**.

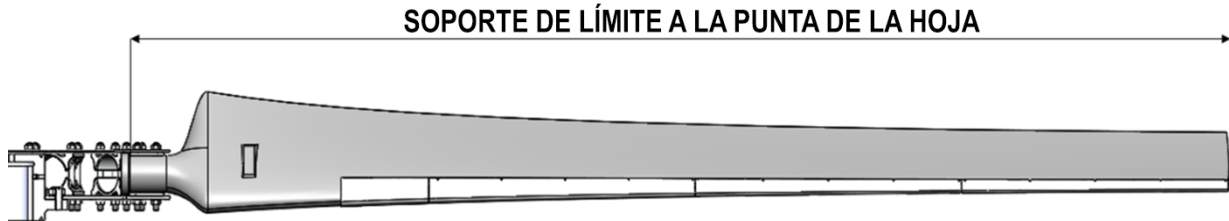
Tenga en cuenta que se debe tener especial cuidado para evitar un torque excesivo, que podría dañar la raíz del aspa (cuello). Este torque no puede exceder el valor de **TORQUE B** (lubricado). Se recomienda aplicar el torque total en dos pasos. Primero se aplica el **TORQUE A**, luego se aplica el **TORQUE B**.



**Figura 16** - Secuencia cruzada de apriete

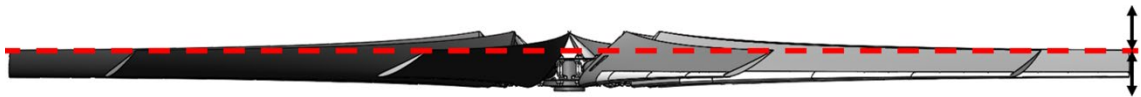
Es posible que se requiera más de una repetición del torque hasta alcanzar el valor final en todos los pernos del aspa debido a la acomodación del material laminado (cuando aplica el torque al último perno del ensamblaje, el valor de torque del primero disminuye). Por lo tanto, para cada aspa, aplique el valor final de torque **TORQUE B** varias veces en todos los pernos hasta que la llave de torque haga un chasquido sin rotación.

Para obtener un equilibrio perfecto del rotor, es crucial asegurarse de que el tope de la raíz del aspa esté en contacto firme con la superficie metálica de agarre y, por lo tanto, no haya una gran variación de la posición radial (soporte límite al extremo del aspa), con un máximo de 1/4 de pulgada  $\pm 1/8$  de pulgada (6,5 mm  $\pm 3,2$  mm) como se muestra en la **Figura 17**.



**Figura 17** - Desde el soporte límite hasta la punta del aspa

La fijación del aspa también se debe hacer observando una variación máxima en la posición vertical (punta del aspa con respecto al plano de rotación) de  $\pm 2 \frac{1}{4}''$  ( $\pm 57,2$  mm) como se ve en **Figura 18**. El plano de rotación se establece utilizando un plano que incluye todos los vértices del borde de salida. Una forma de verificar esta tolerancia es girar el ventilador y marcar la altura de cada vértice del borde posterior en la pila del ventilador en la misma posición, luego medir la distancia entre ambos extremos. Esta distancia no deberá exceder  $4 \frac{1}{2}''$ .



**Figura 18** - Variación vertical



**PRECAUCIÓN:**

RECOMENDAMOS ENCARECIDAMENTE VERIFICAR LA CALIBRACIÓN DE TORQUE (O INCLUSO SI LA FECHA DE VENCIMIENTO DE LA CALIBRACIÓN ES VÁLIDA) ANTES DE COMENZAR EL PROCEDIMIENTO DE APRIETE DE LOS PERNOS.



**PRECAUCIÓN:**

EL TORQUE TAMBIÉN DEBE SER COMPROBADO NUEVAMENTE DESPUÉS DE 24 HORAS DE INTALACIÓN PARA COMPENSAR POSIBLES ALOJAMIENTOS MATERIALES QUE PODRÍAN REDUCIR LA PRESIÓN APLICADA POR LAS ABRAZADERAS METÁLICAS EN LA RAÍZ DEL ASPA. ESTE PROCEDIMIENTO SE ESPECIFICA EN EL ÍTEM PUESTA EN MARCHA DEL VENTILADOR.

### 3.2.5.2. Pernos de cubo

Antes de apretar los pernos, asegúrese de limpiar todas las superficies (perno y tuerca) para que estén libres de contaminantes (aceite, agua, polvo, etc.).

**Aplique lubricante con un coeficiente de fricción ( $\mu$ ) acero-acero entre 0,11 y 0,15 (factor tuerca K acero-acero entre 0,15 y 0,19).**

**Recomendaciones:**

- A) Loctite® LB N-5000
- B) Antigripante de aluminio Permatex®
- C) Antigripante de cobre Permatex®

Después de instalar los pernos o espárragos según los dibujos de FanTR (FDV), aplique varias veces un **TORQUE DE CUBO** en todos los pernos lubricados de esta conexión hasta que la llave dinamométrica haga un clic, sin rotación.



**PRECAUCIÓN:**

**EL TORQUE (PAR DE APRIETE) TAMBIÉN DEBE VERIFICARSE NUEVAMENTE DESPUÉS DE 24 HORAS DE INTALACIÓN PARA COMPENSAR POSIBLES ALOJAMIENTOS MATERIALES. ESTE PROCEDIMIENTO SE ESPECIFICA EN EL ÍTEM PUESTA EN MARCHA DEL VENTILADOR.**

---

## 4. PUESTA EN MARCHA DEL VENTILADOR

Antes de poner en marcha el ventilador, siga estos pasos:

- Verifique que los orificios de drenaje en los extremos (puntas) de las aspa estén despejados;
- Verifique el ángulo de inclinación de las aspas de acuerdo con el Documento FDV;
- Compruebe si todas las aspas tienen la misma altura de punta dentro de la tolerancia de **Figura 18** - Variación vertical;
- Gire el ventilador a mano para asegurarse de que gire libremente y de que haya suficiente espacio libre en la punta;
- Controle el par de apriete de los pernos de las conexiones de las aspas (**TORQUE B**) y de las uniones de las bridas de acoplamiento (**TORQUE DE CUBO**);
- Comprobación del torque después de 24 horas de instalación.



### PRECAUCIÓN:

ENCIENDA EL VENTILADOR Y ESPERE UN MÍNIMO DE 24 HORAS DE INSTALACIÓN, LUEGO PARE EL VENTILADOR Y COMPRUEBE EL PAR DE APRIETE DE LOS PERNOS EN LAS UNIONES DE LAS ASPAS (**TORQUE B**) Y EN LAS CONEXIONES DE LA BRIDA DE ACOPLAMIENTO (**TORQUE DEL CUBO**).

---



## 5. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

### 5.1. Aspas y cubos

Se recomiendan inspecciones visuales periódicas para verificar las condiciones generales del aspa (mensualmente durante los primeros tres meses de funcionamiento y luego cada 6 meses). La limpieza y eliminación de cualquier depósito de polvo e incrustaciones en la superficie de las aspas es una buena práctica durante las inspecciones.

Después de un largo tiempo de operación, el color de la superficie puede cambiar y pueden aparecer grietas pequeñas y superficiales. Esto no significa que se haya producido ninguna reducción de la integridad estructural. Sin embargo, la existencia de grietas más grandes o profundas puede ser una indicación de que se requiere un reemplazo del aspa. En este caso se debe consultar a nuestro Departamento de Asistencia Técnica, no pudiendo realizarse ninguna reparación antes de este contacto.

Se recomienda prestar especial atención para preservar la capa superficial de las aspas cuando trabajan en entornos químicamente agresivos. Esto asegurará una buena protección de la estructura laminada y por lo tanto una larga vida útil del equipo.

### 5.2. Pernos

Recomendamos inspecciones de verificación de torque para los pernos cada 6 meses después de que los ventiladores se pongan en operación continua o semicontinua (desde el inicio de la operación comercial de la planta) en el primer año de operación. Después de eso, sugerimos inspeccionar los valores de torque de los pernos cada 12 meses. En estos mantenimientos se deben revisar todos los pernos (conexiones de la brida de acoplamiento y las aspas).



**PRECAUCIÓN:**

DOCUMENTE ESTAS VERIFICACIONES PARA MANTENER LA GARANTÍA ESPECIFICADA EN LA CARTA DE TÉRMINOS DE GARANTÍA. UTILICE LA LISTA (CHECKLIST) DE VERIFICACIÓN DE PERÍODO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA CONTROL DE VERIFICACIÓN DE TORQUE.

---

## 6. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	¿Qué hacer?
<p><b>Fan presentando alta vibración</b></p>	<p>Comprobar el montaje, verificando el par de apriete (torque) de los pernos y el ángulo de las aspas.</p>
	<p>Hacer análisis de vibraciones y verificar su espectro, confirmando o no que la vibración esté en la misma frecuencia de rotación del ventilador.</p>
	<p>Compruebe si hay grandes incrustaciones en las aspas.</p>
	<p>Verifique los puntos <b>7</b> y <b>7.1</b>.</p>
<p><b>Aspas presentando grietas que aparecen durante el montaje</b></p>	<p>Comuníquese con el Departamento Técnico de FanTR para confirmar que se puede aplicar un procedimiento de reparación.</p>
<p><b>Pernos sueltos durante la comprobación del torque</b></p>	<p>Compruebe la calibración de la llave dinamométrica.</p>
	<p>Aplicación de torque incorrecta o no uso de lubricante.</p>
<p><b>Discos y brida de acoplamiento no están encajados</b></p>	<p>Confirme que el procedimiento descrito en el manual.</p>
<p><b>No se puede instalar los pernos debido a problemas en las roscas.</b></p>	<p>Golpee los surcos de la rosca para eliminar posibles suciedades.</p>

## 7. NOTA SOBRE VIBRACIONES Y MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Compruebe la dirección de rotación. Consulte el dibujo y las instrucciones de otros componentes relacionados.

Inmediatamente después de la primera puesta en marcha, verifique que el ensamblaje del ventilador funcione sin problemas. Compruebe si hay ruidos y vibraciones irregulares. Para conocer los niveles de vibración permitidos de la instalación completa, consulte al fabricante del sistema. Consulte las normas internacionales que pueden aplicarse a la aplicación específica, como ANSI/AMCA 204-05 e ISO 14694.

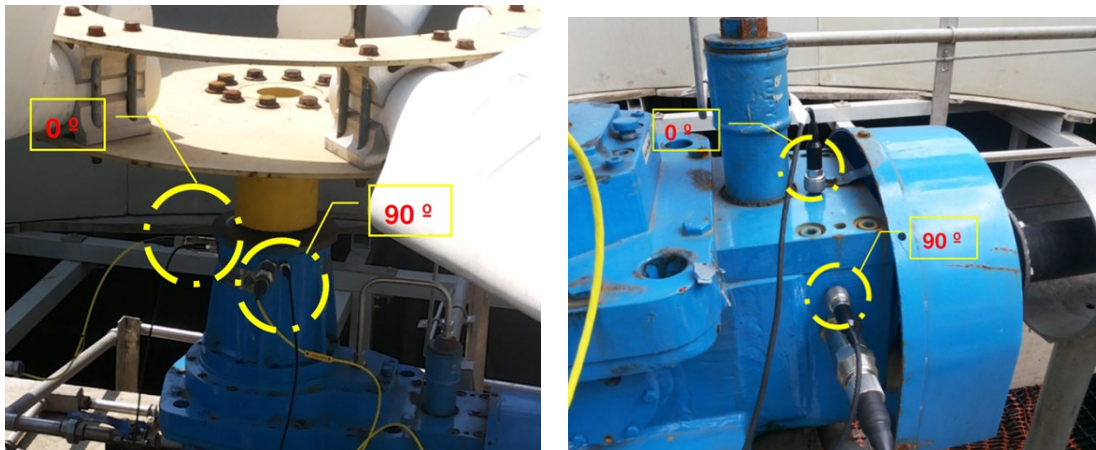
Si las amplitudes de vibración medidas durante el arranque en los cojinetes (rodamientos) del eje principal (**Figura 19**) superan los 6,3 mm/seg RMS (según las recomendaciones ANSI/AMCA 204-05 e ISO 14694 para impulsores de ventiladores de movimiento lento con montaje flexible, BV-3), proceda de la siguiente manera:

- Verifique los pernos de sujeción en el motor, la caja de cambios y el ventilador.
- Comprobar la alineación del accionamiento total
- Verifique el ángulo y la fijación de las aspas.
- compruebe si el orificio de drenaje en la punta del aspa está abierto. Observación: Los orificios de drenaje deben estar abiertos para evitar la dilatación de las aspas por acumulación de gas o agua en su interior.

### Evaluación para medidas (R.M.S)

- |                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| • 6,3 mm/s < vibración < 11,7 mm/seg | ALARMA  |
| • vibración >12.6 mm/seg             | APAGADO |

**Nota:** Se puede observar un pico, que temporalmente puede alcanzar valores por encima de START UP, en el arranque del ventilador o debido a un fuerte viento repentino.



**Figura 19** - Posición de acelerómetros para adquisición de datos de vibración

## 7.1. Posibles fuentes de vibración

Las causas reales de la vibración pueden variar considerablemente. Sin embargo, algunas de las más comunes son las siguientes:

**a)** Desequilibrio de una o más aspas: la vibración causada por el desequilibrio de las aspas ocurre en el plano de la trayectoria de la punta con una frecuencia igual a las RPM del rotor y con una amplitud que depende del grado de desequilibrio y el cuadrado de la velocidad de rotación.

**b)** Variación excesiva entre los ajustes de ángulo de paso de las aspas: esta condición provoca vibración fuera del plano de la trayectoria de la punta a una frecuencia igual a las RPM del rotor y con una amplitud que depende del cuadrado de la velocidad de rotación.

**c)** Aspas demasiado cerca del apoyo: (Turbulencia aerodinámica periódica) caracterizada por vibraciones fuera del plano de trayectoria de la punta a una frecuencia igual al producto del número de aspas del rotor y RPM. La amplitud depende de la extensión de la turbulencia aerodinámica.

**d)** Resonancia entre una de las posibles frecuencias forzadas del rotor y uno o más de los modos vibratorios de la estructura sobre la que está instalado. Las principales frecuencias de forzamiento generadas por el rotor corresponden normalmente a las siguientes frecuencias:

**a.** RPM del rotor.

**b.** El producto de las RPM del rotor y el número de soportes estructurales capaces de generar turbulencia aerodinámica (si están dispuestos de manera axial-geométrica).

**c.** Frecuencia de paso de aspas (BPF, por sus silgas en inglés): rotación x número de aspas.

**e)** La vibración transmitida por la estructura en la que está instalado el rotor: las frecuencias de esta vibración dependen tanto de las frecuencias de excitación externas como de las frecuencias resonantes de la estructura.

**f)** Resonancia de las aspas con una de las posibles frecuencias de forzamiento: en la mayoría de los casos, la vibración se produce fuera del plano de la trayectoria de la punta.

**g)** Desalineación del eje de transmisión: genera vibraciones con una frecuencia que es uno o dos veces las RPM.

**h)** Aflojamiento de los pernos de fijación de las aspas y/o del reductor de velocidad. El comportamiento del rotor en estas circunstancias es totalmente impredecible, ya que depende de la extensión y ubicación del aflojamiento.

**i)** Cojinete del eje de salida desgastado: esta condición genera vibración en el plano de la trayectoria de la punta a una frecuencia igual a las RPM del rotor.

**NOTA:** La amplitud de la vibración del rotor está determinada por la rigidez de su soporte. La vibración que no sería crítica para un rotor soportado por una estructura lo suficientemente rígida es amplificada por un soporte demasiado flexible. Esta rigidez del soporte también puede provocar variaciones inesperadas en las frecuencias de resonancia de las aspas.

## 8. VALORES DE TORQUE

A continuación se muestran los valores de torsión (torque) que se aplicarán para ensamblar el ventilador de disposición de disco y anillo. Por favor, siga las notas contenidas en este documento para el correcto montaje y funcionamiento del equipo. Además, junto con este documento, también se debe observar la Ficha Técnica y el Dibujo FDV, incluida la comprensión y aplicación de este manual en su totalidad.

- 1 - Localice el modelo de hoja\*, el material del perno, el grado y el tamaño nominal. Esta información está disponible en el documento FDV.
- 2 - Identifique en la tabla de referencia de torque final de los pernos de Blade cuál es el torque final para su aplicación (**Torque B** → 2° paso).
- 3 - Luego, identifique qué pasos para la aplicación de torque se deben aplicar en la Tabla de referencia de pasos de apriete de pernos de Blade.
- 4 - No es necesario aplicar un valor intermedio de torque antes de llegar al torque final del perno del cubo.

\* Puede encontrar el modelo de las aspas en la leyenda de la primera hoja del documento FDV en el Artículo número 5, o en la tercera hoja del FDV en la Tabla de verificación de interferencias.



### PRECAUCIÓN:

TODOS LOS VALORES DE TORQUE CONSIDERAN EL **TORQUE LUBRICADO** SEGÚN LA SECCIÓN 3.2.5 DEL MANUAL DE O&M



### ATENCIÓN:

LOS VALORES DE TORQUE SON VÁLIDOS PARA VENTILADORES FABRICADOS A PARTIR DE 2018. MODELOS ANTES DE 2018 CONSULTAR FANTR.

### Referencia de torque final del perno de las aspas

Material del perno		Acero carbono				Acero inoxidable			
Grado de perno		10,9				80			
Tamaño nominal del perno		M16		M20		M16		M20	
Unidad		kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft
Modelo de aspa	CR09 / CR12 / CR14 / CR18	10	72	-	-	10	72	-	-
	CR30	15	108	-	-	15	108	-	-
	CR36 / CR42	-	-	15	108	-	-	15	108
	NCR30	20	145	-	-	-	-	30	217
	NCR42	-	-	41	297	-	-	30	217
	TEP30 / TEP36	-	-	41	297	-	-	30	217

**Referencia de los pasos para apretar los pernos del aspa**

Unidad	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft
Referencia de torque final	10	72	15	108	20	145	30	217	41	297
Torque A (1º paso)	5	36	8	58	10	72	15	108	20	145
Par B (2º paso)	10	72	15	108	20	145	30	217	41	297

**Referencia de torque final del perno del cubo**

- Consulte la sección del Manual 3.2.5 de O&M para conocer el procedimiento de apriete de los pernos.
- consulte la FDV para conocer el material, el grado, el tamaño nominal y el modelo de aspa del perno\*
- todos los valores de torque consideran el **torque lubricado** de acuerdo con la sección del Manual O&M 3.2.5

Material del perno	Acero carbono									
Grado de perno	10,9									
Tamaño nominal del perno	M12		M16		M20		M24		M30	
Unidad	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft
Referencia de torque (par) final	10	72	25	181	48	347	83	600	160	1157

Material del perno	Acero inoxidable									
Grado de perno	80									
Tamaño nominal del perno	M12		M16		M20		M24		M30	
Unidad	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft	kgf·m	lbf·ft
Referencia de torque (par) final	7	51	16	116	32	231	55	398	110	796



**PRECAUCIÓN:**

ESTE DOCUMENTO SERÁ OBSERVADO Y APLICADO. NO SEGUIR LOS VALORES DE TORQUE CORRECTOS PUEDE PROVOCAR UN ACCIDENTE, DAÑOS/FALLAS DEL EQUIPO Y PÉRDIDA DE LA GARANTÍA.

En la siguiente página, se presenta el documento base para el Control de Verificación de Torque FanTR advierte que mantener el historial de mantenimiento del equipo es necesario para proporcionar condiciones de garantía completas. Los equipos con historial de operación y mantenimiento sin trazabilidad, cuyos registros sean insuficientes, ininteligibles o inexistentes, pueden ver comprometidas las condiciones de garantía total.

## 9. PERÍODO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA CONTROL DE VERIFICACIÓN DE TORQUE

NOMBRE DEL PROYECTO:

IDENTIFICACIÓN DEL VENTILADOR - Nº DE SERIE DEL CUBO:

CERTIFICADO DE CALIBRADO DE LA DINAMOMÉTRICA MANUAL:

CALIBRACIÓN VÁLIDA HASTA:

### Información

- Lubricante: Consulte el sección “3.2.5.1 Pernos de las aspas” para obtener más información.
- Para identificar cada perno, use un marcador permanente para numerarlos.
- Se debe realizar una verificación de torque para los pernos de la hoja y de la brida de acoplamiento.
- **Los valores de torque a verificar/aplicar deben ser los mismos que los especificados en este Manual de O&M**

**NOTA:** Cuatro o seis pernos sujetan las aspas con un par de abrazaderas. Para verificar cualquier acción de las aspas, considere los cuatro (o seis) pernos que sostienen esa aspa. Ejemplo: Después de lubricar/controlar la lubricación de los cuatro (o seis) espárragos del aspa 1, verifique la acción 1 del aspa 1.

### Comportamiento

1. El Perno / Espárrago debe estar lubricado en todas las partes roscadas
2. Aplique torsión en todos los pernos hasta que la llave dinamométrica encaje sin rotación
3. Comprobación del par de apriete de todos los pernos antes de la puesta en marcha
4. Comprobación del torque después de 24 horas de instalación (carrera de puesta en marcha)

Acción	Aspas #															Fecha	Responsable	Torque [par] aplicado (kgf.m)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
Acción	Brida de acoplamiento Perno / Espárrago #															Fecha	Responsable	Torque [par] aplicado (kgf.m)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1																		
2																		
3																		
4																		

\*La acción 3 debe realizarse solo si la puesta en servicio (24 horas de instalación) no ocurre dentro de los 2 días posteriores a la acción 2.

Interpretado por: \_\_\_\_\_