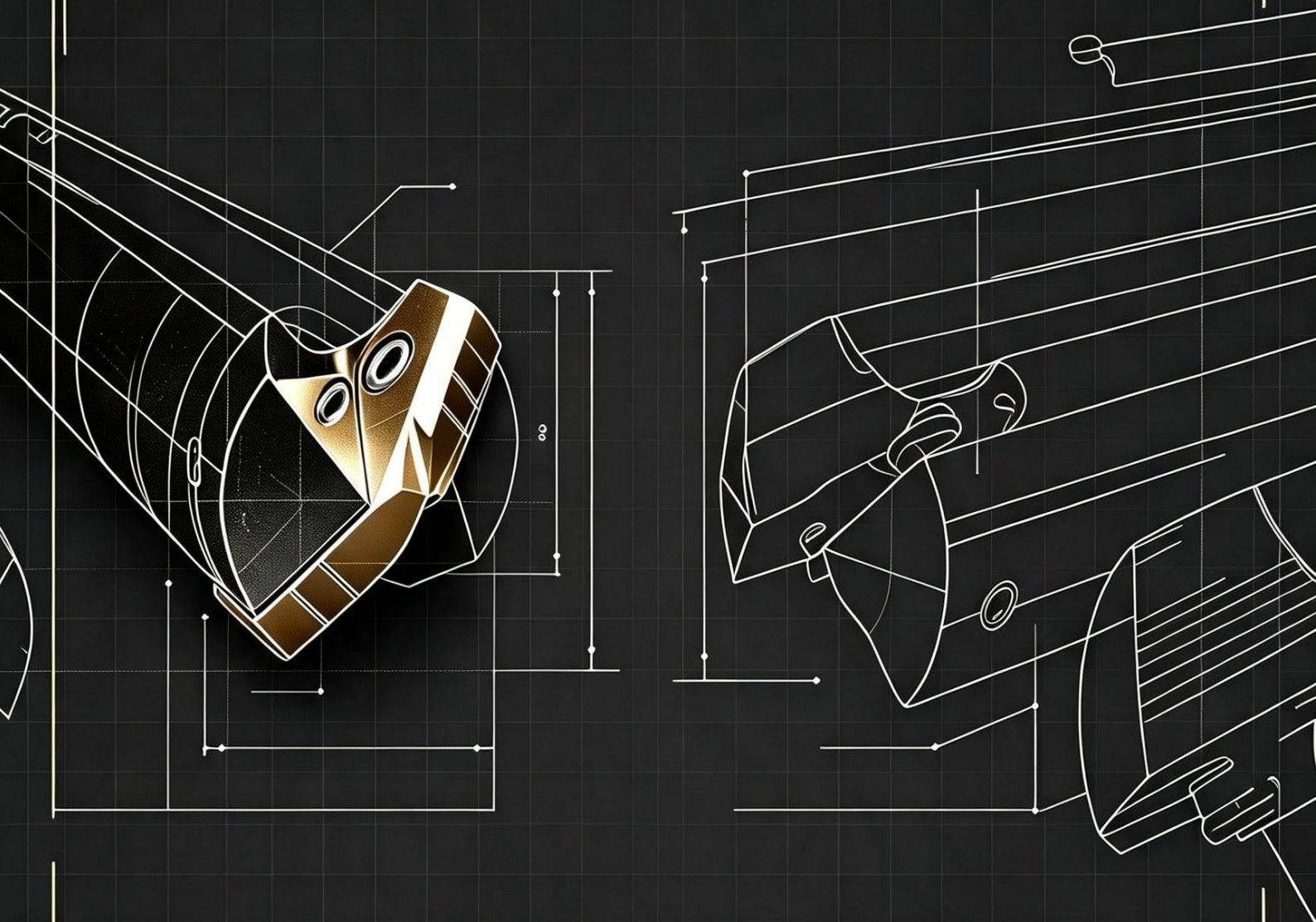




Manual Técnico de Ingeniería y Operación
Blade X Spade Drill





MANUAL TÉCNICO DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN INDUSTRIAL

Sistema de Taladrado de Alta Productividad: Cuerpos Porta- Brocas Espada HEIN Blade X

Este procedimiento norma de forma obligatoria las especificaciones técnicas, cálculos estructurales y de conformado de barrenos, tolerancias dimensionales y regímenes operativos para la puesta a punto en planta de la línea corporativa Blade X. Su cumplimiento rige de manera estricta para el personal de ingeniería y operarios de piso de producción.

Introducción Técnica y Alcance Operativo

El desarrollo de la manufactura pesada contemporánea y la optimización de los tiempos de ciclo en piso de producción exigen herramental con una estabilidad dimensional inmune a los esfuerzos críticos combinados. El presente volumen constituye la guía oficial de ingeniería y operación para la línea avanzada de cuerpos porta-brocas espada HEIN Blade X, un ecosistema de sujeción rígida desarrollado para responder con la máxima eficiencia elástica en operaciones de taladrado de gran formato, barrenado profundo y conformado de cavidades cilíndricas en seco.

A diferencia de los sistemas helicoidales convencionales, la geometría modular de flauta recta Blade X distribuye las sollicitaciones mecánicas de compresión axial y torsión periférica de manera homogénea a lo largo de su núcleo rectificado. Esta arquitectura permite absorber las ondas de choque armónicas y las vibraciones críticas inherentes al choque térmico interfacial. La integración de los canales de evacuación Mirror-Glide con un sustrato de acero bonificado de Grado Ultra-Selecto garantiza un desalojo fluido de la viruta compactada, erradicando el sobrecalentamiento y la deformación plástica permanente en el alojamiento frontal.

El alcance de este documento abarca desde los fundamentos analíticos de selección metrológica e intercambiabilidad de insertos consumibles bajo clasificaciones ISO, hasta pautas estrictas de puesta a punto en piso. El estricto apego a las tolerancias, torques controlados y algoritmos cinemáticos aquí descritos es mandatorio para el personal de programación CNC, supervisores de control de calidad y operadores de planta, asegurando la conformidad de los procesos bajo los estándares internacionales ISO 9001 e ISO 13399.



INDICE

MANUAL TÉCNICO DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN INDUSTRIAL	2
Introducción Técnica y Alcance Operativo.....	2
1. Filosofía de Operación y Homologación Normativa.....	4
1.1. Interfaz de Acoplamiento a la Maquina (Sistemas de Zanco Dual)	4
1.2. Alojamiento Frontal e Intercambiabilidad	4
2. Especificaciones de Materiales y Procesos de Manufactura	4
2.1. Metalurgia del Acero de Alta Ingeniería HEIN®	4
3. Guía de Ensamble y Ajuste Mecánico de Precisión	5
3.1. Preparación de la Ranura Concéntrica Frontal	5
3.2. Fijación Transversal de Doble Seguridad y Torque Controlado (ISO 4026).....	5
4. Matriz de Especificaciones Dimensionales (Normas ISO 296 / ISO 9766)	6
5. Guía Analítica de Selección e Intercambiabilidad de Insertos Comerciales	7
5.1. Modelado Matemático de la Fuerza de Corte Estática (Fc) sobre el Inserto.....	8
5.2. Ecuación de Validación del Esfuerzo Cortante Actuante (tins)	8
5.3. Espesor Nominal de Encastre y Tolerancias de Ajuste ISO	9
5.4. Selección de la Geometría del Filo y Metalurgia ante el Choque Térmico	9
6. Apéndice Tribológico: Análisis de Modos de Falla del Inserto en Piso	10
7. Modelado Matemático y Solicitaciones de Carga Combinada.....	11
7.1. Propiedades Mecánicas Estructurales del Cuerpo (Alineación a 45 HRC Nominal)	11
8. Cinemática Operativa y Algoritmos de Cálculo de Taller	13
8.1. Algoritmo de Calculo Paso a Paso para la Puesta a Punto	13
8.2. Tablas Básicas de Parámetros de Corte para Insertos de HSS-Co / Carburo... 14	
9. Diagnóstico y Solución de Problemas (Troubleshooting)	15
9.1. Desviación Coaxial del Eje de Taladrado.....	15
9.2. Atascamiento de Viruta y Confinamiento Térmico del Cuerpo	15
10. Metrología de Fatiga del Alojamiento Frontal y Limites de Descarte	16
11. Contenido del Kit (Empaque Profesional Industrial)	16
12. Protocolo Técnico de Puesta a Punto en Maquinaria Convencional Multipropósito	17
12.1. Verificación Metrológica de Rigidez Estática y Casualidad Manual.....	17
12.2. Protocolo de Penetración Inicial, Marcado de Centro y Autocentrado	18
13. Protocolo de Programación y Control de Procesos en Maquinaria CNC	18
13.2. Parametrización Matemática de las Variables del Ciclo G83	19
14. Check-list Metrológico de Turno para el Operador (Pasa / No Pasa)	20
15. Exclusión de Responsabilidad y Términos Legales de Operación	21
Aviso Legal y Corporativo de HEIN Herramientas Industriales	21



1. Filosofía de Operación y Homologación Normativa

En el régimen de la manufactura en serie y operaciones de producción pesada, el conformado de barrenos cilíndricos de alta tasa de remoción de material exige cuerpos porta-herramientas de una rigidez estructural extrema. El sistema HEIN Blade X constituye una unidad base de sujeción rígida y alineación concéntrica diseñada específicamente para garantizar la estabilidad cinemática en operaciones complejas que carecen de sistemas de refrigeración interna por el husillo principal.

Para permitir un inmediato acoplamiento en máquinas herramientas globales del mercado americano, europeo y asiático, la línea de producción se tipifica bajo un esquema de equivalencia multi-estandar:

1.1. Interfaz de Acoplamiento a la Maquina (Sistemas de Zanco Dual)

- **Zancos Cónicos Morse:** Conformes a la norma internacional ISO 296 y la norma europea DIN 228 (escalonamiento de modelos MT2, MT3, MT4 y MT5). Garantizan un montaje directo por interferencia cónica autorretenible en contrapuntos de tornos paralelos y husillos de taladros radiales o fresadoras convencionales.
- **Zancos Rectos Cilíndricos con Plano Weldon:** Conformes a las normas ISO 9766 y DIN 1835 Parte 1 (Forma B). Cuentan con una tolerancia estricta de rectificado exterior h6, optimizada para su fijación rígida mediante opresores mecánicos en portaherramientas de centros de maquinado CNC, anulando cualquier riesgo de rotación por torque acumulado.

1.2. Alojamiento Frontal e Intercambiabilidad

El ranurado frontal calibrado responde milimétricamente al sistema modular internacional de brocas espada indexables (desde la Serie Y hasta la Serie #7-8), asegurando una compatibilidad absoluta con los estándares de insertos regulados por las normativas internacionales ISO 1832 y ANSI B212.4. Asimismo, el etiquetado técnico industrial y marcado de origen cumple estrictamente con los requisitos comerciales vigentes de la región, bajo conformidad con la norma oficial mexicana **NOM-050-SE-2020** (especificaciones generales de información comercial).

2. Especificaciones de Materiales y Procesos de Manufactura

2.1. Metalurgia del Acero de Alta Ingeniería HEIN®

Cada cuerpo porta-brocas espada se mecaniza en su totalidad a partir de una barra maciza de una aleación propietaria de Acero de alta ingeniería bonificado de medio carbono aleado con cromo-molibdeno de Grado Ultra-Selecto, bajo las directrices de la norma internacional ISO 4957. Esta microestructura molecular avanzada ha sido balanceada elementalmente para manifestar una respuesta elástica superior bajo condiciones extremas de corte.



Sometido a un ciclo termo-metalúrgico controlado de temple en aceite y revenido térmico de precisión (Bonificado) bajo una atmosfera inerte protegida, el núcleo de la herramienta alcanza una dureza homogénea estricta en el rango de 43,0 HRC a 48,0 HRC. Este tratamiento térmico eleva exponencialmente el límite elástico del sustrato, dotando al cuerpo de una tenacidad al impacto excepcional que absorbe las ondas de choque armónicas del taladrado intermitente, disipando la fatiga cíclica y suprimiendo la formación de microfisuras en las paredes del alojamiento frontal.

3. Guía de Ensamble y Ajuste Mecánico de Precisión

La correcta preparación de las superficies de acoplamiento es un requisito crítico para garantizar la rigidez estructural del conjunto y mitigar los vectores de vibración armónica. El montaje asimétrico o un torque deficiente reducen exponencialmente la vida útil tanto del cuerpo como de las aristas de corte del consumible.

3.1. Preparación de la Ranura Concéntrica Frontal

Antes de introducir el inserto en el alojamiento, el operario debe limpiar la cavidad interna empleando aire comprimido seco y un paño libre de residuos. Es mandatorio verificar la ausencia total de microvirutas adheridas en las caras planas laterales y en el fondo rectificado del asiento, ya que cualquier partícula intermedia inducirá un error de excentricidad geométrica radial.

3.2. Fijación Transversal de Doble Seguridad y Torque Controlado (ISO 4026)

Los barrenos transversales de retención utilizan tornillos de sujeción Torx de rosca unificada industrial conforme a la norma internacional **ISO 14583** (o especificación geométrica de encastre **ISO 10664**), fabricados en Clase de alta resistencia 12.9. Deslice el inserto espada en la ranura frontal hasta que asiente por completo de forma simétrica en el fondo del alojamiento. El apriete de los opresores mecánicos debe ejecutarse de forma alternada y progresiva empleando un destornillador dinamométrico calibrado bajo la norma **ISO 6789**, aplicando el par nominal estricto según la serie del componente para mitigar el aflojamiento por vibraciones mecánicas. *(Nota técnica: Los torques límites presentados a continuación han sido validados analíticamente para asegurar la fuerza de pre-carga necesaria ante las solicitudes dinámicas de la herramienta):*

-
- **Series Y, Z y 0:** Ajustar ambos lados de forma simétrica a un torque exacto de 3,5 N·m ($\pm 5\%$).
 - **Series 1, 2 y 3:** Ajustar ambos lados de forma simétrica en un rango hermético de 6,5 N·m a 7,0 N·m ($\pm 5\%$).
 - **Series 4 en adelante:** Ajustar ambos lados de forma simétrica a un torque exacto de 12,0 N·m ($\pm 5\%$).



4. Matriz de Especificaciones Dimensionales (Normas ISO 296 / ISO 9766)

La siguiente matriz técnica detalla las dimensiones estructurales y los rangos de operación lineal para la línea estándar de producción de HEIN Herramientas Industriales. Cada código responde estrictamente a las tolerancias de rigidez estructural exigidas en planta.

Catalogo Técnico de la Línea Blade X (Modelos de Producción)

- **Código: H-BXS-MT2-HY** (Serie Y)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT2)
Longitud Total: 160,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 3/8" a 27/64" (9,52 a 10,71 mm)
- **Código: H-BXS-SR075-HY** (Serie Y)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 0,750 in)
Longitud Total: 112,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 3/8" a 27/64" (9,52 a 10,71 mm)
- **Código: H-BXS-MT2-HZ** (Serie Z)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT2)
Longitud Total: 160,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 7/16" a 1/2" (11,11 a 12,70 mm)
- **Código: H-BXS-SR075-HZ** (Serie Z)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 0,750 in)
Longitud Total: 112,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 7/16" a 1/2" (11,11 a 12,70 mm)
- **Código: H-BXS-MT2-H0** (Serie 0)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT2)
Longitud Total: 165,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 33/64" a 11/16" (13,09 a 17,46 mm)
- **Código: H-BXS-SR075-H0** (Serie 0)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 0,750 in)
Longitud Total: 116,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 33/64" a 11/16" (13,09 a 17,46 mm)
- **Código: H-BXS-MT3-H1** (Serie 1)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT3)
Longitud Total: 233,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 45/64" a 15/16" (17,85 a 23,81 mm)
- **Código: H-BXS-SR075-H1** (Serie 1)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 0,750 in)
Longitud Total: 175,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 45/64" a 15/16" (17,85 a 23,81 mm)
- **Código: H-BXS-MT3-H2** (Serie 2)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT3)
Longitud Total: 250,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 31/32" a 1-3/8" (24,60 a 34,92 mm)
- **Código: H-BXS-SR100-H2** (Serie 2)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 1,000 in)
Longitud Total: 204,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 31/32" a 1-3/8" (24,60 a 34,92 mm)



- **Código: H-BXS-MT3-H3** (Serie 3)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT3)
Longitud Total: 270,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 1-13/32" a 1-7/8" (35,71 a 47,62 mm)
- **Código: H-BXS-SR125-H3** (Serie 3)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 1,250 in)
Longitud Total: 254,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 1-13/32" a 1-7/8" (35,71 a 47,62 mm)
- **Código: H-BXS-MT4-H4** (Serie 4)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT4)
Longitud Total: 332,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 1-29/32" a 2-9/16" (48,41 a 65,08 mm)
- **Código: H-BXS-SR150-H4** (Serie 4)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 1,500 in)
Longitud Total: 267,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 1-29/32" a 2-9/16" (48,41 a 65,08 mm)
- **Código: H-BXS-MT5-H56** (Serie #5-6)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT5)
Longitud Total: 430,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 2-1/2" a 3-1/2" (63,50 a 88,90 mm)
- **Código: H-BXS-SR200-H56** (Serie #5-6)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 2,000 in)
Longitud Total: 318,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 2-1/2" a 3-1/2" (63,50 a 88,90 mm)
- **Código: H-BXS-MT5-H78** (Serie #7-8)
Acoplamiento: Cónico ISO 296 / DIN 228 (Medida Zanco: MT5)
Longitud Total: 440,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 3-17/32" a 4-1/2" (89,69 a 114,30 mm)
- **Código: H-BXS-SR200-H78** (Serie #7-8)
Acoplamiento: Recto ISO 9766 / DIN 1835 (Medida Zanco: 2,000 in)
Longitud Total: 353,0 mm | Diámetro de Corte (Dc): 3-17/32" a 4-1/2" (89,69 a 114,30 mm)

5. Guía Analítica de Selección e Intercambiabilidad de Insertos Comerciales

Para preservar las paredes calibradas del alojamiento frontal de los cuerpos HEIN Blade X y evitar fallas prematuras por fatiga térmica o concentraciones de esfuerzo destructivo, la selección del inserto espada comercial debe fundamentarse estrictamente en el cálculo de las solicitaciones mecánicas reales a las que estará sometida la arista. La resistencia de los consumibles de acero para herramientas de alta aleación supracobaltado se rige por su capacidad para soportar el esfuerzo cortante límite sin manifestar deformación plástica.



5.1. Modelado Matemático de la Fuerza de Corte Estática (F_c) sobre el Inserto

La fuerza tangencial de corte generada durante la penetración de la broca espada responde a la resistencia específica del material base modificada por el espesor de la viruta. El usuario debe calcular la fuerza de corte estimada empleando la siguiente relación constitutiva conforme a lo estipulado en la norma ISO 13399:

$$F_c = (D_c / 4) \cdot f_n \cdot k_{c1}$$

Donde:

F_c es la fuerza tangencial de corte proyectada sobre la arista principal expresada en Newtons (N).

D_c es el diámetro nominal de corte de la herramienta expresado en milímetros (mm).

f_n es el avance por revolución parametrizado en la maquina expresado en milímetros por revolución (mm/rev).

k_{c1} es la fuerza específica de corte del material a mecanizar para un espesor de viruta de 1 mm, expresada en Megapascals (MPa o N/mm²).

5.2. Ecuación de Validación del Esfuerzo Cortante Actante (τ_{ins})

Una vez determinada la fuerza, el esfuerzo cortante real en la zona de encastramiento y sujeción transversal del inserto se calcula formalmente mediante la fracción lineal:

$$\tau_{ins} = F_c / A_{ciz}$$

Donde A_{ciz} representa el área de la sección transversal de empotramiento del inserto espada comercial (mm²). Para garantizar una zona de operación segura libre de microfisuración o pandeo de la cuchilla, el valor calculado debe cumplir estrictamente con la inecuación estructural de frontera:

$$\tau_{ins} \leq \tau_{adm} \quad [\text{Donde: } \tau_{adm} = \tau_y / S_f]$$

Para las herramientas de corte de la línea fabricadas en la aleación de diseño máximo ($\tau_y = 840$ MPa), fijando un Factor de Seguridad estructural dinámico global de $S_f = 2,5$, el esfuerzo cortante máximo permitido en piso es de $\tau_{adm} = 336$ MPa. Si el valor de τ_{ins} supera esta frontera, es mandatorio reducir el avance por revolución o sustituir el sustrato del consumible.



5.3. Espesor Nominal de Encastre y Tolerancias de Ajuste ISO

El espesor de la sección de empotre del inserto comercial debe responder milimétricamente a la tolerancia dimensional de la ranura frontal del cuerpo porta-brocas espada HEIN Blade X. Se normaliza de forma obligatoria un sistema de **Ajuste de Transición Suave / Localización Rígida bajo la norma ISO 286-2, parametrizado en la combinación H7/js6** (Alojamiento frontal con tolerancia de perforación H7 y base del inserto con tolerancia de eje js6).

Se prohíbe el montaje forzado de cuchillas cuyas dimensiones excedan el ancho nominal del alojamiento. Intentar bloquear por opresión un inserto con sobremedida generará un esfuerzo de tensión interna permanente en la base de la ranura, provocando microfisuras por fatiga mecánica antes de iniciar el corte. Inversamente, un inserto con holgura excesiva (fuera del campo de tolerancia H7/js6) generará un pivotaje dinámico destructivo durante el taladrado, cizallando los tornillos Torx de doble seguridad.

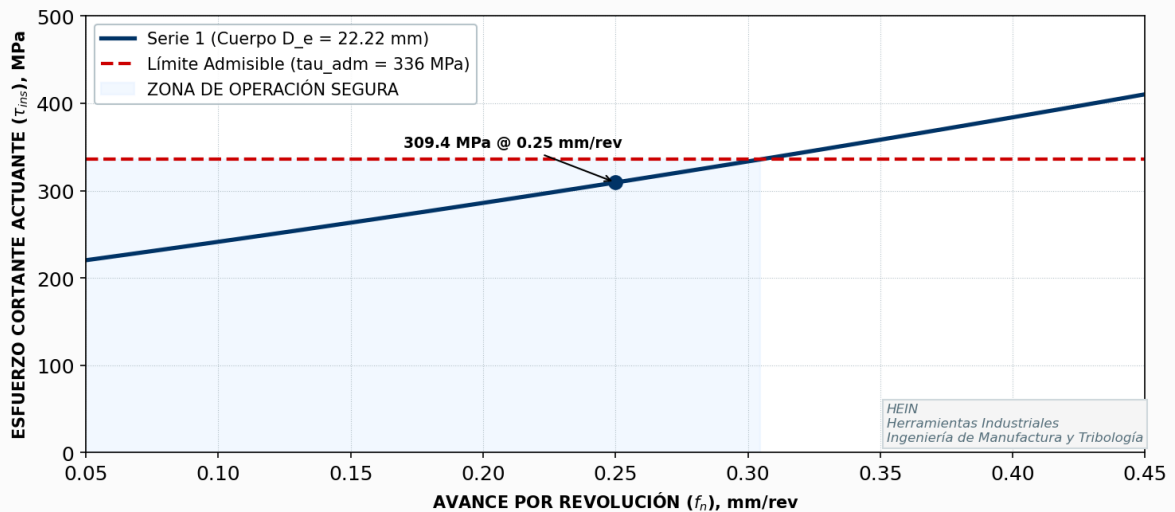
5.4. Selección de la Geometría del Filo y Metalurgia ante el Choque Térmico

El conformado de cavidades ciegas profundas en regímenes de taladrado sin refrigeración interna a través del husillo introduce severos gradientes térmicos en la interfaz de corte. Por tal motivo, la selección metalúrgica comercial debe alinearse rígidamente con las clasificaciones de la norma ISO 513:

- **Para Aceros Inoxidables y Superalesaciones (Clasificaciones ISO M / ISO S):** Queda estrictamente restringido el uso de herramientas de acero rápido debido a la severa difusión térmica y endurecimiento por deformación característico de estos materiales. Es mandatorio emplear insertos de Carburo de Tungsteno microgramo (Grados ISO M20-M30 / S20-S30) con recubrimiento estructurado de Nitruro de Titanio y Aluminio (AlTiN). Esta barrera cerámica soporta temperaturas interfaciales de hasta 900 °C, combinada con geometrías de rompevirutas de gran salida angular para fragmentar mecánicamente la viruta antes de ingresar a los canales pulidos Mirror-Glide.
- **Para Aceros de Fácil Maquinado, Medianamente Aleados y Fundición (Clasificaciones ISO P / ISO K):** En operaciones de baja velocidad lineal en maquinaria convencional o donde la rigidez estática del sistema sea deficiente, se prioriza el uso de insertos de Acero de Alta Aleación Supracobaltado (HSS-E / HSS-Co al 8 %), aprovechando su extrema tenacidad para absorber choques mecánicos. Estos consumibles deben contar con recubrimiento de Nitruro de Titanio (TiN), el cual disminuye drásticamente el coeficiente de fricción estática, facilitando la evacuación expedita de la viruta caliente de gran formato mediante el empuje cinemático del proceso.



**FIGURA 5.1: DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE (τ_{ins}) VS AVANCE (f_n)
BAJO NORMA ISO 13399**



6. Apéndice Tribológico: Análisis de Modos de Falla del Inserto en Piso

Si el usuario opera fuera del régimen elástico seguro o comete errores en la puesta a punto de la máquina-herramienta, el inserto espada comercial manifestara daños específicos en sus aristas de corte. Esta matriz identifica las causas raíz mecánicas para corregir el proceso antes de que los picos de vibración por fricción armónica dañen la aleación especial del cuerpo portabrocas espada HEIN Blade X.

Tabla 6.1. Diagnostico Tribológico de Desviaciones en el Consumible

Fenómeno o Daño en el Filo	Identificación Visual en Piso	Causa Raíz Mecánica	Acción Correctiva de Ingeniería	Régimen
Astillamiento de aristas (Chipping)	Micro-fracturas o desprendimiento intermitente de fragmentos en el filo de corte.	Efecto Rebote o Inestabilidad: Falta de rigidez en la sujeción, o un avance (f_n) demasiado bajo que genera fricción en vez de corte.	Verificar el torque de los tornillos según la Sección 3. Incrementar el avance (f_n) un 15,0% para estabilizar la carga axial.	Alerta
Fractura Catastrófica (Aplastamiento)	Rotura total de la sección central o desprendimiento de una esquina del inserto.	Sobrecarga Térmica o Mecánica: Velocidad de corte (vc) excesiva en seco, o acumulación destructiva de viruta compactada en el fondo.	Reducir las RPM ajustando la velocidad de corte (vc) según la Sección 8. Implementar de forma obligatoria los ciclos de retracción (Sección 13).	Peligro



Desgaste por Abrasión	Pérdida de filo homogénea con huella de rozamiento brillante en las esquinas de la broca espada.	Velocidad de Fricción Crítica: El inserto comercial seleccionado posee una dureza en caliente insuficiente para la aleación trabajada.	Sustituir por una cuchilla con recubrimiento avanzado de AlTiN. Verificar que el runout radial sea menor a 0,03 mm.	Estable
Filo de Aportación (Built-up Edge)	Adhesión del material de la pieza soldada mecánicamente sobre la cara del inserto.	Soldadura por Presión: Interfaz de corte operando en seco en materiales altamente dúctiles (Clasificaciones ISO M / ISO S).	Incrementar la concentración del fluido portador o aplicar ciclos intermitentes para disipar la temperatura del núcleo estructural.	Alerta

7. Modelado Matemático y Solicitaciones de Carga Combinada

El comportamiento estructural del cuerpo de acero avanzado HEIN Blade X se encuentra sujeto a esfuerzos mecánicos simultáneos de compresión (derivados de la fuerza de avance axial) y torsión cortante pura (debidos al par torsor reactivo industrial transmitido por los insertos indexables durante el proceso de corte). Para garantizar la estabilidad absoluta del sistema, las magnitudes y unidades se acotan de forma estricta según la norma internacional ISO 80000-4 (Mecánica).

7.1. Propiedades Mecánicas Estructurales del Cuerpo (Alineación a 45 HRC Nominal)

- Modulo de Elasticidad Axial (E): 205 GPa.
- Modulo de Elasticidad Torsional o de Corte (G): 80,0 GPa.
- Limite de Fluencia Estructural Verificado (Sy): 950 MPa.
- Esfuerzo Cortante de Fluencia Admisible (τ_y): 548,1 MPa. *Nota: Calculado bajo la relación de energía de distorsión analítica de la mecánica de medios continuos: $\tau_y = 0,577 \cdot S_y$.*



7.2. Ecuaciones Constitutivas del Cuerpo Cilíndrico

El componente experimenta un esfuerzo normal de compresión debido a la fuerza axial de avance mecánico y un esfuerzo cortante torsional máximo periférico debido al par torsor reactivo industrial transmitido por los insertos indexables. Las relaciones físicas se determinan mediante:

Esfuerzo de Compresión: $\sigma_x = F_{axial} / A_{net}$

Esfuerzo Torsional Máximo: $\tau_{max} = (T \times c) / J$

Donde:

- **A_{net}** representa la sección transversal neta disipadora (mm²), restando el área geométrica de los canales rectos pulidos Mirror-Glide.
- **c** es el radio exterior real del cuerpo de la herramienta, definido matemáticamente como $D_c / 2$ bajo la norma ISO 13399.
- **J** es el momento de inercia polar de la sección circular (mm⁴).

El Esfuerzo Equivalente de Von Mises Real (σ_v) que combina de manera simultánea ambos castigos dinámicos se rige bajo la siguiente fórmula unificada:

$$\sigma_v = \text{Raíz} [(\sigma_x)^2 + 3 \times (\tau_{max})^2]$$

El Factor de Seguridad Estructural Final (S_f) mecánico en el piso de producción se acota estrictamente por la inecuación estructural de frontera:

$$S_f = S_y / \sigma_v$$

7.3. Análisis de Capacidad Extrema de Carga (Evaluación Analítica de la Serie 1)

Bajo condiciones límite de maquinado pesado (con una fuerza axial media asignada de $F_{axial} = 14,000$ N y un Par Torsor reactivo medio industrial de $T = 180$ N·m), la respuesta estructural del cuerpo porta-brocas espada de longitud estándar demuestra los siguientes valores para los modelos de la Serie 1 (Cuerpo con diámetro exterior de 22.22 mm):

- Esfuerzo por Compresión Directa (σ_x): **42.6 MPa**
- Esfuerzo Torsional Periférico Máximo (τ_{max}): **83.8 MPa**
- Esfuerzo Equivalente de Von Mises Resultante (σ_v): **151.3 MPa**

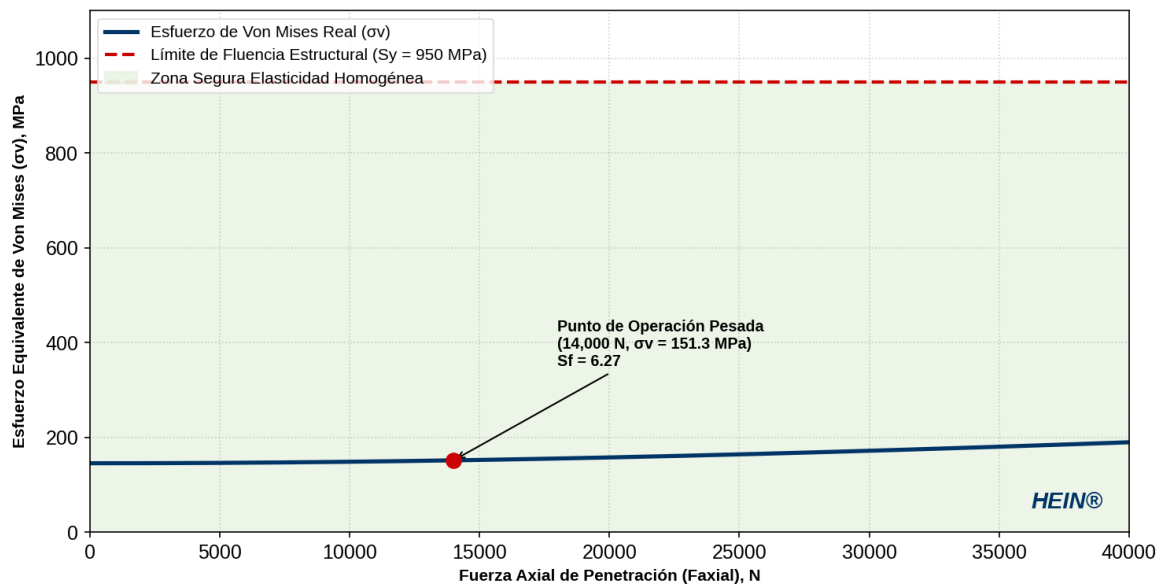
El Factor de Seguridad Estructural Final Calculado es:

$$S_f = 950 \text{ MPa} / 151.3 \text{ MPa} = 6.27$$

Al operar a apenas un 15.9% de su límite elástico de fluencia (950 MPa), la macroestructura molecular de la herramienta se valida como mecánicamente robusta ante el impacto intermitente del taladrado masivo, asegurando una total inmunidad frente a la deformación plástica o fatiga torsional en el taller.



FIGURA 7.1: ANÁLISIS DE ESFUERZO COMBINADO DE VON MISES (σ_v) VS FUERZA AXIAL



8. Cinemática Operativa y Algoritmos de Cálculo de Taller

Para asegurar un rendimiento volumétrico óptimo de remoción de material y garantizar la correcta evacuación de la viruta a través de los canales pulidos Mirror-Glide, el ingeniero de procesos o el operador de taller debe ejecutar de forma obligatoria el siguiente algoritmo de cálculo secuencial antes de iniciar el ciclo de taladrado, tanto en plataformas CNC como en máquinas convencionales.

8.1. Algoritmo de Calculo Paso a Paso para la Puesta a Punto

1. Paso 1: Determinación de la Frecuencia de Rotación (n):

A partir de la velocidad de corte lineal (vc) recomendada para el grupo de material ISO, calcule la frecuencia de rotación necesaria empleando el diámetro nominal de corte de la herramienta (D_c) conforme a lo estipulado en la norma ISO 13399:

$$n = (vc \cdot 1\,000) / (\pi \cdot D_c)$$

Donde n se expresa en frecuencias de rotación por minuto (min^{-1}) y vc en metros por minuto (m/min).

2. Paso 2: Determinación del Avance Lineal de la Mesa o Caña (vf): Multiplique la frecuencia de rotación obtenida en el Paso 1 por el avance por revolución (fn) seleccionado de las tablas técnicas normalizadas:

$$vf = n \cdot fn$$

Donde vf se expresa en milímetros por minuto (mm/min) y fn en milímetros por revolución (mm/rev).



Paso 3: Validación de la Tasa de Remoción de Material (Q): Para verificar que el volumen de viruta caliente no sature el área neta disipadora de las flautas rectas del cuerpo porta-brocas espada, valide la tasa volumétrica mediante la relación de taladrado corregida dimensionalmente:

$$Q = [\pi \times (Dc)^2 \times vf] / 4,000$$

Donde:

- **Q** representa la tasa volumétrica de remoción de material o caudal sólido desalojado expresado en centímetros cúbicos por minuto (cm³/min).
- **Dc** es el diámetro nominal de corte de la herramienta expresado en milímetros (mm).
- **vf** es el avance lineal de la mesa o caña obtenido en el Paso 2 expresado en milímetros por minuto (mm/min).
- **La constante 4,000** integra de forma directa la conversión de mm³ a cm³ (dividir entre 1,000) junto con la resolución del divisor armónico algebraico del diámetro operacional (multiplicar por 4).

8.2. Tablas Básicas de Parámetros de Corte para Insertos de HSS-Co / Carburo

Las siguientes tablas estandarizan los rangos operativos seguros para operaciones sin refrigeración interna, controlando estrictamente la sobreelevación térmica en la interfaz de conformado para anular la microfractura abrasiva por choque térmico.

Tabla 8.1. Parámetros Cinemáticos y Fuerza de Corte Específica según Grupos ISO

Clasificación de Material ISO	Resistencia / Dureza	Fuerza Específica (kc1)	Velocidad (vc)	Rango Avance (fn)
ISO P1 (Aceros de Bajo Carbono)	≤ 600 MPa / ≤ 180 HB	1 500 N/mm ²	35 a 45 m/min	0,18 a 0,35 mm/rev
ISO P2 (Aceros Aleados)	> 850 MPa / ≥ 250 HB	2 200 N/mm ²	20 a 30 m/min	0,12 a 0,25 mm/rev
ISO M (Inoxidables Austeníticos)	≤ 750 MPa / ≤ 230 HB	2 400 N/mm ²	15 a 22 m/min	0,10 a 0,20 mm/rev
ISO K (Fundición de Hierro Gris)	≤ 250 HB	1 200 N/mm ²	30 a 40 m/min	0,20 a 0,45 mm/rev



ISO S (Superalesaciones / Titanio)	$\leq 1\,200\text{ MPa} / \leq 350\text{ HB}$	$3\,100\text{ N/mm}^2$	8 a 12 m/min	0,06 a 0,12 mm/rev
------------------------------------	---	------------------------	--------------	--------------------

Tabla 8.2. Escalonamiento Controlado del Avance (fn) según la Serie Estructural HEIN

Si el diámetro nominal de corte (Dc) se sitúa en los límites superiores de la capacidad del porta-brocas espada, aplique de forma restrictiva los siguientes valores límites en el código G o palancas de avance mecánico para evitar el cizallamiento transversal de los tornillos:

- **Series Y, Z y 0 (Ø 9,52 mm a 17,46 mm):** Limitar el avance de penetración a: $f_n \leq 0,22\text{ mm/rev}$.
- **Series 1 y 2 (Ø 17,85 mm a 34,92 mm):** Limitar el avance de penetración a: $f_n \leq 0,32\text{ mm/rev}$.
- **Series 3 y 4 (Ø 35,71 mm a 65,08 mm):** Limitar el avance de penetración a: $f_n \leq 0,42\text{ mm/rev}$.

9. Diagnóstico y Solución de Problemas (Troubleshooting)

Para contrarrestar las desviaciones cinemáticas y térmicas en el piso de producción antes de alcanzar el colapso estructural definitivo del herramental, el operador de procesos debe aplicar las siguientes directrices de ingeniería frente a anomalías operativas comunes:

9.1. Desviación Coaxial del Eje de Taladrado

- **Causa Raíz:** Runout estático excedido en el husillo o desalineación axial entre la caña y la torreta portaherramientas. Esto induce una fuerza excéntrica no balanceada sobre una de las aristas del inserto comercial, desviando la trayectoria geométrica.
- **Acción Correctiva:** Desmontar la unidad y repetir el protocolo metrológico estipulado en la Sección 12. Calibrar la concentricidad mediante el indicador de caratula hasta que la oscilación radial sea menor o igual a 0,04 mm.

9.2. Atascamiento de Viruta y Confinamiento Térmico del Cuerpo

- **Causa Raíz:** Ausencia de hélice ascendente natural y falta de refrigeración interna a través del husillo en perforaciones verticales cuya profundidad sea mayor a 2,5 veces el diámetro nominal de corte de la broca espada ($2,5 \cdot D_c$). La viruta compactada bloquea la transferencia de calor del núcleo.
- **Acción Correctiva:** Limpiar periódicamente las flautas rectas con un cepillo de cerdas suaves. Es mandatorio programar un ciclo de pasadas intermitentes (Peck Drilling / Ciclo fijo G83 en la Sección 13), retirando la broca espada por completo del barreno previo cada $1 \cdot D_c$ de penetración lineal para desalojar mecánicamente la viruta acumulada en los canales Mirror-Glide y disipar la temperatura del núcleo estructural.



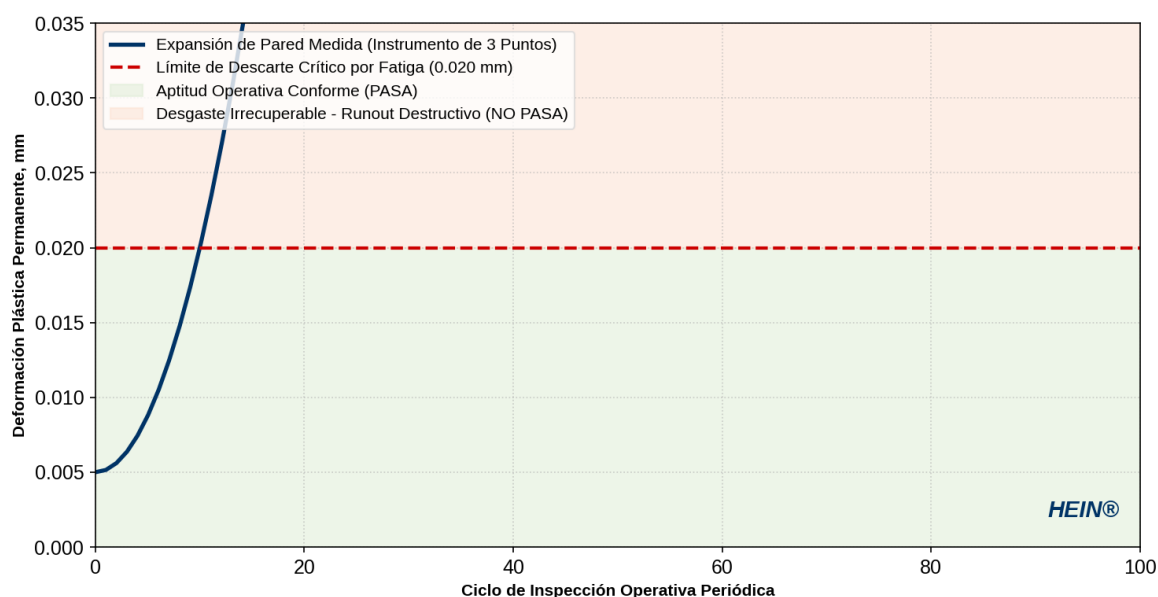
10. Metrología de Fatiga del Alojamiento Frontal y Límites de Descarte

Para garantizar la seguridad estructural y la estabilidad operativa bajo la norma de calidad ISO 9001, la ranura frontal calibrada de acoplamiento debe ser sometida a inspecciones dimensionales periódicas programadas mediante calibres de aproximación micrométrica.

Límite Crítico de Apertura del Alojamiento: Debido a los esfuerzos torsionales cíclicos y los picos de presión en vacío, se establece un límite máximo admisible de deformación plástica permanente por expansión de pared de 0,020 mm respecto a la cota original de fabricación de fábrica.

Si la apertura mecánica de la ranura supera la frontera de los 0,020 mm, el cuerpo porta-brocas espada HEIN Blade X pierde por completo su capacidad de acoplamiento rígido simétrico. Esto induce un error latente de excentricidad (runout) destructivo que fracturara instantáneamente cualquier inserto comercial que se monte. El porta-brocas espada debe ser retirado de inmediato de servicio y clasificado como desecho irrecuperable por fatiga metalúrgica.

FIGURA 10.1: METROLOGÍA DE COMPROBACIÓN DE LA APERTURA DE PARED EN EL ALOJAMIENTO FRONTAL



11. Contenido del Kit (Empaque Profesional Industrial)

Cada unidad de despacho estándar de nuestra organización se suministra bajo el siguiente esquema de empaque de alta ingeniería, diseñado para preservar la integridad dimensional de las interfaces mecánicas durante el almacenamiento y traslado:

- **1 Cuerpo Principal Mecanizado Porta-Inserto de Flauta Recta:** Variante correspondiente de la serie HEIN Blade X Spade Drill, protegido íntegramente por su aleación de alta ingeniería HEIN® niquelada.
- **2 Tornillos Torx de Alta Resistencia Clase 12,9:** Componentes de sujeción transversal instalados de fábrica en el alojamiento frontal bajo especificaciones ISO 4026.



Nota de Suministro Oficial: Este empaque técnico de producción industrial no incluye la llave Torx de ajuste ni las cuchillas o insertos intercambiables de broca espada, los cuales se adquieren de forma independiente en función de la metalurgia del material a taladrar.

Protección VCI Estructural: El dispositivo se introduce herméticamente en una bolsa plástica sellada con inhibidor de corrosión, resguardado en una caja de cartón plastificado de alta densidad con la identidad visual corporativa de la marca HEIN®, garantizando una protección activa contra la humedad ambiental y la degradación corrosiva inter-caras hasta por 36 meses de almacenamiento estático.

12. Protocolo Técnico de Puesta a Punto en Maquinaria Convencional Multipropósito

Este procedimiento norma de forma obligatoria las operaciones de taladrado pesado con insertos espada indexables en el parque de maquinaria convencional de la planta, abarcando taladros radiales, taladros-fresadores, fresadoras verticales, fresadoras universales, tornos paralelos, tornos revólver, así como tornos verticales y petroleros de gran formato.

12.1. Verificación Metrológica de Rigidez Estática y Casualidad Manual

Antes de montar el cuerpo porta-brocas espada HEIN Blade X, el operador de piso tiene la responsabilidad de asegurar mecánicamente que el husillo, la caña, el contrapunto o la torre portaherramientas carezcan de juego radial superior a 0,03 mm. Las holguras excesivas en los bujes de bronce o baleros cónicos de estas máquinas convencionales conducen a esfuerzos mecánicos asimétricos destructivos.

1. Inspección de la Cavidad Receptora: El operario debe limpiar minuciosamente el cono interno del husillo (en taladros y fresadoras) o el alojamiento del contrapunto o torreta (en tornos paralelos, verticales y petroleros) empleando un escariador de fieltro estándar. Debe constatar visualmente la ausencia total de rebabas, deformaciones plásticas o incrustaciones de microvirutas.

2. Montaje por Interferencia (Zancos Morse): Para acoplamientos cónicos en taladros radiales, tornos paralelos o revolver, inserte el zanco cónico Morse aplicando un golpe axial firme en dirección al eje de simetría con un mazo de cara blanda antirrebote, asegurando el bloqueo por interferencia cónica autorretenible bajo la norma ISO 296.

3. Montaje Rígido en Tornos Verticales y Petroleros: En herramental para maquinado de gran formato, el zanco cilíndrico Weldon debe bloquearse en la barra de mandrilar o torreta asegurando que los opresores mecánicos asienten perpendicularmente sobre el plano rectificado de la herramienta, eliminando cualquier vector de pivotaje.

4. Prueba Estática de Excentricidad Radial (Runout): Posicione la punta de contacto esférica de un indicador de caratula micrométrico sobre el diámetro exterior niquelado del cuerpo HEIN, inmediatamente debajo de la interfaz de sujeción. Gire manualmente el husillo o la pieza los 360 grados de arco completo. La variación máxima registrada por la aguja del indicador no debe exceder bajo ninguna circunstancia la frontera analítica: $Runout_{max} \leq 0,04 \text{ mm}$.



[ALERTA TÉCNICA DE PISO]: Si la lectura del indicador de caratula supera la frontera de 0,04 mm, queda estrictamente prohibido iniciar la operación de conformado. Un runout superior desalineara el centro geométrico axial, provocando el cizallamiento instantáneo de los tornillos Torx Clase 12,9 debido a la concentración asimétrica de la fuerza axial.

12.2. Protocolo de Penetración Inicial, Marcado de Centro y Autocentrado

Debido a la ausencia de refrigeración interna a través del husillo en máquinas convencionales, la interfaz de corte opera en seco o bajo lubricación por inundación externa intermitente. El operario debe mitigar el fenómeno tribológico de fricción destructiva inicial ejecutando las siguientes pautas de control en frio:

1. Generación Obligatoria del Barreno Guía de Centro: Queda estrictamente prohibido iniciar el taladrado directamente sobre superficies rugosas, oxidadas o con costra de fundición (común en tornos petroleros y verticales). Es mandatorio realizar un marcado de centro previo mediante una broca de centrar rígida de corto alcance a 90 o 118 grados. El diámetro nominal de este barreno guía (D_{centro}) debe dimensionarse matemáticamente respecto al espesor de la red central o núcleo de la broca espada seleccionada (w_{web}), cumpliendo rígidamente con la inecuación estructural de frontera: $D_{\text{centro}} = 1,1 \cdot w_{\text{web}}$.

2. Aproximación Manual y Estabilización: Con el husillo girando a la frecuencia de rotación calculada (n), aproxime el filo de la broca espada de forma manual y suave hacia el barreno de centro. Aplique una presión constante y progresiva en la palanca de la caña o volante del contrapunto durante los primeros 3,0 mm de penetración lineal. Esta acción mitiga el desvío dinámico en la superficie, forzando al cuerpo de acero avanzado a asentar en su propio eje geométrico axial.

3. Transición Segura a Avance Automático: Una vez de haber superado el umbral de penetración inicial de 3,0 mm y con las aristas principales plenamente acopladas en el acero de alta ingeniería, embrague el avance automático de la caña, carro o mesa (vf). El régimen operativo debe ceñirse rígidamente a los límites de seguridad estructural estipulados en las tablas cinemáticas del manual corporativo de HEIN®.

13. Protocolo de Programación y Control de Procesos en Maquinaria CNC

Para operaciones de taladrado profundo en centros de maquinado CNC, fresadoras verticales de control numérico y tornos con herramientas vivas donde la profundidad total del barreno (Z_{final}) sea igual o mayor a 3 veces el diámetro nominal de corte de la herramienta ($3 \cdot D_c$), es mandatorio y obligatorio emplear el ciclo fijo de taladrado intermitente con retracción completa hasta el plano de seguridad (Ciclo G83 / Peck Drilling). Este algoritmo estructural garantiza el desalojo mecánico de la viruta a través de las flautas Mirror-Glide y disipa de forma expedita el confinamiento térmico en seco.



Estructura Estándar del Bloque Numérico (ISO / EIA RS-274-D):

```
G83 X[coordenada] Y[coordenada] Z[profundidad] R[plano] Q[peck]  
F[avance]
```

Bloque de Código Oficial para la Puesta a Punto en Planta:

```
%  
O2026 (MANUAL OPERARIO - HEIN BLADE X) ;  
N10 G90 G17 G21 G40 G80 ; (Cancelacion de ciclos previos y  
coordenadas absolutas)  
N20 T05 M06 ; (Selección de Porta-Brocas Espada Serie 1 - Dc =  
22.22 mm)  
N30 G54 G00 X50.0 Y50.0 ; (Posicionamiento rápido sobre el centro  
del barreno)  
N40 S573 M03 ; (Frecuencia de rotación n = 573 rpm, encendido de  
husillo)  
N50 G43 H05 Z10.0 M08 ; (Compensación de longitud y plano de  
seguridad aérea)  
N60 G83 Z-65.0 R3.0 Q22.22 F115 ; (Activación de Ciclo G83 - Regla  
Q = 1.0 x Dc)  
N70 G80 G00 Z25.0 M09 ; (Cancelación del ciclo fijo y retracción de  
seguridad)  
N80 M05 ; (Paro definitivo del husillo principal)  
N90 G53 G00 Z0.0 ; (Retorno seguro del husillo al cero máquina)  
N100 M30 ; (Fin del programa técnico y reinicio de memoria)  
%
```

13.2. Parametrización Matemática de las Variables del Ciclo G83

El programador técnico y el operador del control numérico de la planta tienen la obligación de verificar y alimentar las variables del ciclo fijo bajo las siguientes condiciones físicas y restrictivas:

1. **Parámetro R (Plano de Retracción de Seguridad):** Determina la cota superficial en el eje axial Z donde la herramienta transiciona de avance rápido (G00) a avance de conformado regulado (G01). Debe calibrarse bajo la estricta inecuación estructural de frontera:
2. **$R \geq 3,0 \text{ mm}$.**
2. **Parámetro Q (Magnitud de la Pasada Intermitente o Peck):** Representa el factor de control crítico en piso para fragmentar la viruta sin asistencia de refrigeración interna. La distancia lineal de cada penetración sucesiva antes de que el control ordene la retracción automática no debe exceder en ningún escenario el diámetro nominal de la arista de corte:
 $Q_{\max} = 1,0 \cdot D_c$.



3. Parámetro F (Avance Lineal de la Mesa / Carro): Expresado formalmente en milímetros por minuto, se calcula multiplicando la velocidad angular obtenida por el avance por revolución profesional normalizado de nuestra aleación avanzada:

$$F = vf = n \cdot fn.$$

14. Check-list Metrológico de Turno para el Operador (Pasa / No Pasa)

Este protocolo de control preventivo en piso de producción debe ser ejecutado obligatoriamente por el operario de la máquina al inicio de cada turno de manufactura y cada 25 operaciones de taladrado consecutivas, garantizando la conformidad de calidad bajo la norma ISO 9001.

HOJA DE INSPECCIÓN OPERATIVA DE LA BROCA ESPADA

[] PASO 1: LIMPIEZA DE SUPERFICIES INTERNAS

Retire el inserto espada comercial y limpie exhaustivamente el alojamiento frontal de la ranura empleando un cepillo de cerdas suaves. Verifique bajo luz directa que no existan microvirutas incrustadas, residuos de carbón o partículas adheridas por fricción entre caras.

[] **PASO 2: PRUEBA METROLÓGICA DEL ALOJAMIENTO (SISTEMA PASA / NO PASA GEOMÉTRICO GD&T):** Con el alojamiento completamente vacío (sin tornillos ajustados), efectúe la verificación dimensional utilizando un micrómetro de interiores de tres puntos calibrado o, en su defecto, un pin patrón cilíndrico *Go / No-Go* calibrado a la cota límite máxima de desgaste tolerado bajo la norma **ISO 1101**.

• CRITERIO PASA:

La lectura del instrumento o la prueba del pin patrón certifica que la ranura frontal no presenta una deformación geométrica o expansión de pared superior a 0,020 mm respecto a la cota original de fábrica. El porta-brocas espada mantiene intacta su rigidez estructural y se valida como apto para operar.

• CRITERIO NO PASA:

La ranura frontal registra una apertura por expansión de pared superior a los **0,020 mm** de deformación plástica permanente por fatiga metalúrgica cíclica. Al no cumplir con la tolerancia geométrica, el componente ha perdido su capacidad de acoplamiento rígido simétrico; debe ser retirado de inmediato de servicio, marcado físicamente con pintura roja y clasificado como desecho industrial irrecuperable para evitar la fractura instantánea por runout destructivo del inserto.



15. Exclusión de Responsabilidad y Términos Legales de Operación

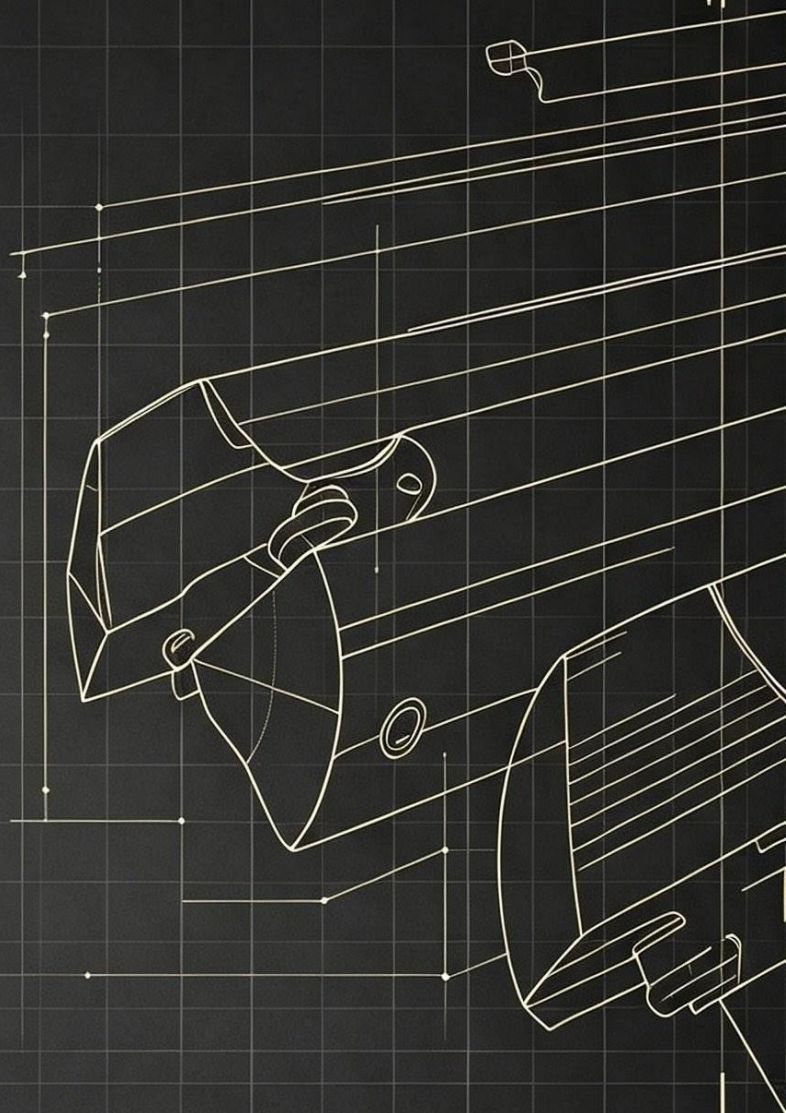
Aviso Legal y Corporativo de HEIN Herramientas Industriales

El presente Manual Técnico de Ingeniería y Operación Industrial ha sido desarrollado por el Departamento de Ingeniería de Manufactura y Tribología de HEIN Herramientas Industriales con fines estrictamente orientativos, ilustrativos e informativos. La información, algoritmos cinemáticos, ecuaciones de carga, matrices de rendimiento y rangos operativos contenidos en este documento representan estándares analíticos y de ingeniería general basados en ensayos bajo condiciones controladas de laboratorio y normativas internacionales (ISO / ANSI).

Debido a que el rendimiento real de un sistema de taladrado por broca espada y sus componentes de corte está sujeto a variables fuera del control de nuestra organización —tales como, pero no limitado a: el estado termomecánico y la rigidez estructural de la maquinaria del usuario, las variaciones en la composición química de los lotes de materia prima, la estabilidad, marca y elección de insertos de corte de terceros, el volumen de fluidos de corte, la pericia del operador y la configuración precisa de los dispositivos de sujeción de la pieza—, HEIN Herramientas Industriales no asume ninguna responsabilidad legal, explícita o implícita, por daños directos, indirectos, incidentales, punitivos o consecuentes resultantes de la aplicación de los parámetros descritos en este documento.

Este documento no constituye una garantía comercial de rendimiento ni un contrato de obligatoriedad técnica para aplicaciones específicas. Es responsabilidad absoluta del usuario final calificar, validar e implementar los protocolos de seguridad industrial vigentes, así como realizar pruebas preliminares en piso de remoción de material para determinar la viabilidad estructural y mecánica de su proceso productivo. HEIN Herramientas Industriales se reserva el derecho de modificar, actualizar o suprimir el contenido técnico de este manual en cualquier momento y sin previo aviso, en concordancia con los avances de nuestra investigación científica y el desarrollo de nuevas tecnologías de manufactura.

Propiedad Intelectual y Secreto Industrial: El contenido de ingeniería, formulas integradas de Von Mises, modelos de esfuerzo cortante axial, geometrías de flauta y tablas de rangos de nuestra aleación propietaria avanzada detallados en este cuerpo de conocimiento representan secreto industrial exclusivo de HEIN Herramientas Industriales bajo el marco de las leyes de propiedad intelectual vigentes. Queda estrictamente prohibida su copia, reproducción, distribución total o parcial, o transferencia a terceros sin el consentimiento expreso y por escrito de la dirección legal de la empresa.



CORPORATE & TECHNICAL OFFICE

HEIN® Herramientas Industriales

📍 **Ubicación:** Ciudad de México, México

(Operaciones Centrales)

- **Contacto Comercial y Enlace de Marcas:**

<mailto:corporate@heintools.com>

- **Ingeniería de Precisión y Cotizaciones:**

<mailto:solutions@heintools.com>

- **Acceso a Catálogos y Documentación:**

<http://www.heintools.com>

