

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“OPTIMIZACION DEL COSTO DE REPARACION DE UN  
MOTOR CATERPILLAR MODELO 3116”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**CARLOS ALBERTO VALVERDE DEL AGUILA**

**PROMOCION 1995-I**

**LIMA-PERU**

**2007**

# **OPTIMIZACIÓN DEL COSTO DE REPARACIÓN DE UN MOTOR CATERPILLAR**

## **MODELO 3116**

### **Tabla de contenido**

	<b>Pag.</b>
<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN.</b>	<b>2</b>
1.1 ANTECEDENTES.	2
1.1.1 Empresa Ferreyros S.A.	2
1.1.2 Empresa Petróleos del Perú S.A.	3
1.2 OBJETIVOS.	4
1.2.1 Objetivo general.	4
1.2.2 Objetivos específicos.	4
1.3 ALCANCES.	4
1.4 METODOLOGIA.	5
1.5 SOLICITUD DEL SERVICIO.	5
<b>CAPÍTULO II : CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CARGADOR FRONTAL</b>	<b>6</b>
<b>950F-SERIE II.</b>	
2.1 UBICACIÓN.	6
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.	6
2.3 DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA.	8
2.4 ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA MÁQUINA.	9
2.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR CATERPILLAR 3116.	10
2.5.1 Datos principales.	10
2.5.2 Especificaciones generales del motor.	10
2.5.3 Datos de prueba e información de mercadotecnia técnica del motor.	11
<b>CAPÍTULO III : METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DEL MOTOR.</b>	<b>13</b>
3.1 INSPECCIÓN VISUAL.	15

3.1.1	Determinación de fugas externas.	15
3.1.2	Prueba de arranque en vacío y calado.	15
3.1.3	Determinación del color de los gases de escape.	15
3.1.4	Conversación con el operador.	16
3.2	<b>INSPECCIÓN CON INSTRUMENTOS.</b>	16
3.2.1	Prueba de presión de lubricación.	16
3.2.2	Prueba de presión del carter.	18
3.2.3	Prueba de presión de sobrealimentación.	19
3.2.4	Prueba de presión de la línea de combustible.	20
3.2.5	Prueba de flujo de los gases del respiradero.	21
3.2.6	Prueba de temperaturas.	22
3.2.7	Prueba de revoluciones.	23
3.2.8	Comprobación de la calibración del motor.	24
3.3	<b>INSPECCIÓN DEL ACEITE (ANÁLISIS DE ACEITE).</b>	39
3.3.1	Detección de elementos de desgaste.	39
3.3.2	Análisis de la condición del aceite.	40
3.3.3	Pruebas físicas.	42
3.3.4	Conteo de partículas.	44
3.3.5	Viscosidad.	45
3.3.6	Indice PQ.	46
3.3.7	Reporte de análisis.	47
3.4	<b>INSPECCIÓN A MOTOR ABIERTO.</b>	47
<b>CAPÍTULO IV : METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LAS FALLAS.</b>		56
4.1	<b>MÉTODO DE LOS OCHO PASOS.</b>	57
4.2	<b>FALLAS DEL PRODUCTO</b>	63
4.2.1	Problemas de refinado en horno.	63

4.2.2	Problemas de fundición.	65
4.2.3	Problemas de laminado, forjador, extrusión	66
4.2.4	Problemas de tratamiento térmico	67
4.2.5	Problemas de maquinado	68
<b>CAPÍTULO V : APLICACIÓN DEL MÉTODO PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE</b>		<b>69</b>
<b>LAS FALLAS</b>		
5.1	DEFINIENDO EL PROBLEMA DE FORMA CLARA Y CONSISA.	70
5.2	ORGANIZANDO LA RECOLECCIÓN DE HECHOS.	71
5.3	OBSERVANDO Y REGISTRANDO LOS HECHOS.	72
5.3.1	Inspección visual.	72
5.3.2	Evaluación con instrumentos.	72
5.3.3	Análisis de aceite.	73
5.3.4	Comprobación de la calibración de motor.	76
5.3.5	Inspección a motor abierto.	78
5.4	ANALIZANDO DE MANERA LÓGICA CON LOS HECHOS.	84
5.5	IDENTIFICANDO LA CAUSA RAIZ MAS PROBABLE.	85
5.6	COMUNICANDOSE CON LA PARTE RESPONSABLE.	86
5.7	REALIZANDO REPARACIÓN COMO INDIQUE LA PARTE RESPONSABLE.	86
5.8	SEGUIMIENTO CON EL CLIENTE.	86
<b>CAPÍTULO VI : CALCULO DEL COSTO MÍNIMO DE REPARACIÓN</b>		<b>87</b>
6.1	HERRAMIENTAS REQUERIDAS.	87
6.2	INSPECCIÓN DE COMPONENTES (PROCEDIMIENTO CATERPILLAR).	88
6.3	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE REPARACIÓN.	97
<b>CONCLUSIONES.</b>		<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>		<b>101</b>
<b>ANEXOS.</b>		<b>103</b>

## **PROLOGO**

El propósito de este proyecto es el de desarrollar un procedimiento general para la reparación exitosa de un motor que falló progresivamente debido a un agente externo y para la explicación de este procedimiento se eligió el caso real de la reparación de un motor modelo 3116 correspondiente a la familia de motores de la serie 3100 marca Caterpillar instalado en el cargador frontal Caterpillar modelo 950F-II de quien es propietario la empresa estatal Petróleos del Perú.

El Capítulo I, resume los datos del propietario del equipo "Petroperú S.A." y de la empresa contratista a quien solicitó los servicios "Ferreyros S.A.A.".

En el Capítulo II, se muestran las especificaciones técnicas de la máquina y el motor que son motivo de este estudio.

En el Capítulo III, se explica detalladamente la metodología general que se aplica para evaluar y diagnosticar el estado de un motor.

En el Capítulo IV, se explica la metodología de los ocho pasos para determinar la causa raíz que originó la falla y además se explican algunos problemas de material y proceso durante la fabricación de un producto.

En el Capítulo V, se aplica la metodología de los ocho pasos para determinar en este caso real, la causa raíz que originó la falla del motor.

En el Capítulo VI, se calcula el costo mínimo de reparación empleando las especificaciones técnicas de diseño de cada pieza vital en el motor y los criterios de reusabilidad de partes.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

#### 1.1.1 Empresa Ferreyros S.A.A.

Enrique Ferreyros Ayulo y un pequeño grupo de socios fundaron en 1922 la empresa Enrique Ferreyros y Cía Sociedad en Comandita, la cual se dedicó en sus primeros años de operación a la comercialización de productos de consumo masivo, atendiendo al mercado de abarrotes. Veinte años más tarde la empresa experimenta un giro trascendental, cuando toma la decisión de asumir la representación de Caterpillar Tractor Co. en el Perú. A partir de este momento la compañía empieza a incursionar en nuevos negocios y a redefinir su cartera de clientes, marcando así el futuro desarrollo de toda la organización.

En 1981, se transforma en sociedad anónima, como parte de un proceso de modernización a fin de reflejar la nueva estructura accionaria, que la llevaría finalmente a transformarse en 1998 en una sociedad anónima abierta bajo la denominación de Ferreyros S.A.A.

La Misión y Visión de Ferreyros S.A.A. es la de comercializar bienes de capital y servicios con seriedad y excelencia en los mercados de minería, construcción, agricultura, transporte, energía, industria y pesca, obteniendo la más alta participación de mercado mediante el uso de diversas modalidades de venta y contando con un equipo humano altamente motivado y guiado por la satisfacción de los clientes y la eficiencia de su gestión.

herramientas y equipos apropiados, proporcionados también por Caterpillar. La correcta aplicación de los métodos de Análisis de Falla y Reusabilidad de Partes permitirá que Ferreyros ejecute cualquier tipo de reparación reduciendo al mínimo la probabilidad de una "Re-Reparación" o "Rehacer Trabajos". La Re-Reparación o Rehacer Trabajos se produce por varios motivos pero entre los que resalta este estudio es el no haber encontrado la causa raíz de la falla o haber usado piezas no reutilizables. Esto ocasiona enormes gastos adicionales a la empresa que realizó la reparación por la garantía que otorga por su servicio y también a Petroperú por tener mayor tiempo de paralización de la maquinaria.

#### **1.4 METODOLOGÍA**

Para la elaboración de este estudio se ha empleado el método comparativo entre la medida real y la medida especificada por el fabricante el cual se basa en mediciones desde el punto de vista visual, funcional y dimensional. La precisión en la interpretación de las medidas reales tomadas nos acercará a encontrar la causa raíz que produjo la falla. Para obtener las especificaciones técnicas requerimos el siguiente material: Datos de rendimiento y prueba de fábrica extraídos, Manuales de especificaciones técnicas, Manuales de desarmado y Armado del motor, Manuales de uso de herramientas especiales, Manuales de Partes, Curso de Análisis de Falla Aplicado y Guías de Reusabilidad de Partes.

#### **1.5 SOLICITUD DEL SERVICIO**

Con fecha 02 de Febrero del 2006, Petróleos del Perú S.A. solicita a la empresa Ferreyros S.A.A. la evaluación del motor modelo 3116 correspondiente al Cargador Frontal 950F-II, con 3,550 horas de operación, ubicado en la Estación N° 5 del Oleoducto Nor Peruano, por problemas de pérdida de potencia en el motor, humo negro en el escape y sonido extraño, además Petroperú solicita que Ferreyros determine el origen de la falla y el costo mínimo que requerirá su re-potenciación.



Figura N° 1.1: Ubicación del Oleoducto Nor Peruano y Estaciones de Bombeo.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

Efectuar un procedimiento general para optimizar el costo de la reparación de un motor Caterpillar modelo 3116 correspondiente al Cargador Frontal Caterpillar modelo 950F-II, utilizando la metodología de Análisis de Falla y Reusabilidad.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Aplicar el método de Análisis de Falla elaborado por Caterpillar para descubrir la "Causa Raíz" que originó la falla prematura del motor a las 3,550 horas de operación, antes de que cumpla su periodo de vida útil especificado por Caterpillar de 12,000 horas.
- Uso de especificaciones técnicas, herramientas de evaluación y guías de reusabilidad de partes elaborados por Caterpillar, para calcular el costo mas bajo de reparación.

## 1.3 ALCANCES

Este estudio agrupa toda la información proporcionada por Caterpillar para reacondicionar un motor modelo 3116, lo que permitirá ejecutar una reparación confiable mas allá de aplicar los procedimientos de desarmado y armado empleando la



Ferreyros S.A.A. tiene oficinas, talleres y almacenes distribuidos en lugares estratégicos del Perú desde el punto de vista comercial ubicados en: Lima, Piura, Chiclayo, Cajamarca, Trujillo, Chimbote, Huaraz, Ica, Arequipa, Cusco, Huancayo, Iquitos, Pucallpa, Tarapoto, Bagua, Satipo – Junín, Huaypetuhe - Manu Madre de Dios.

### **1.1.2 Empresa Petróleos del Perú – Petroperú S.A.**

PETROPERÚ S.A. es una empresa estatal dedicada al transporte, refinación y comercialización de combustibles y demás productos derivados del petróleo. Fue creado el 24 de julio de 1969. Abastece al Perú con los derivados del Petróleo desde los históricos descubrimientos de los yacimientos de la selva norte y la construcción de la portentosa obra de ingeniería que constituye el Oleoducto Nor Peruano. El Giro del negocio de Petroperú es como sigue:

- Transporte del Petróleo: Oleoducto Nor Peruano, Oleoducto Ramal Norte, Flota marítima y fluvial contratada
- Refinación del Petróleo: Refinería Talara, Refinería Conchán, Refinería Iquitos, Refinería El Milagro, Refinería Pucallpa.
- Comercialización de productos derivados del Petróleo: Plantas de Venta propias, Capacidad de almacenamiento contratada en Terminales y Plantas de Venta operados por privados, Red de estaciones de servicio afiliadas.

Para dar mantenimiento a toda la línea del Oleoducto Nor Peruano el cual incluye fallas del mismo por desastres naturales es necesario que Petroperú cuente con la maquinaria y equipo de movimiento de tierra apropiado distribuidos en las nueve estaciones de bombeo.

## CAPITULO II

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL CARGADOR FRONTAL 950F SERIE II

#### 2.1 UBICACIÓN

El cargador Frontal 950F-II se encuentra ubicado en el taller de máquinas de la Estación de Bombeo N° 5, ubicado en el distrito de Manseriche, Provincia de Datem del Marañón, Departamento de Loreto.

#### 2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA

En la figura que se muestra a continuación se indican los compartimientos mas importantes en la máquina:

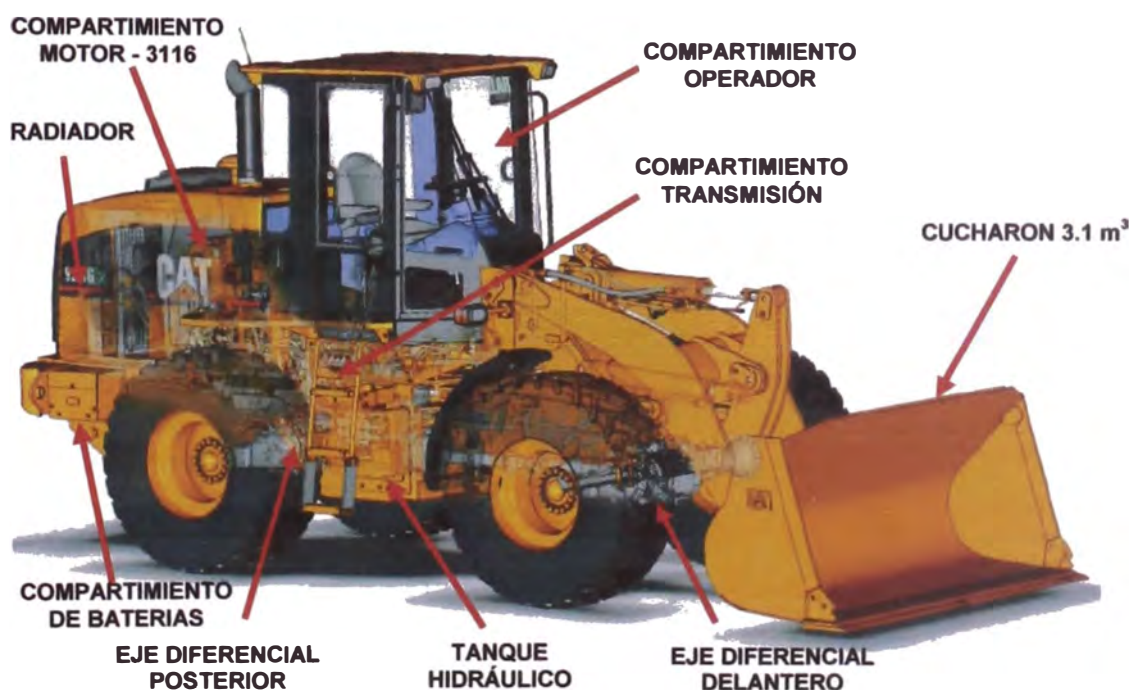


Figura N° 2.1: Compartimientos del Cargador Frontal 950F-II

En la siguiente figura se esquematiza todo el tren de potencia de esta máquina:

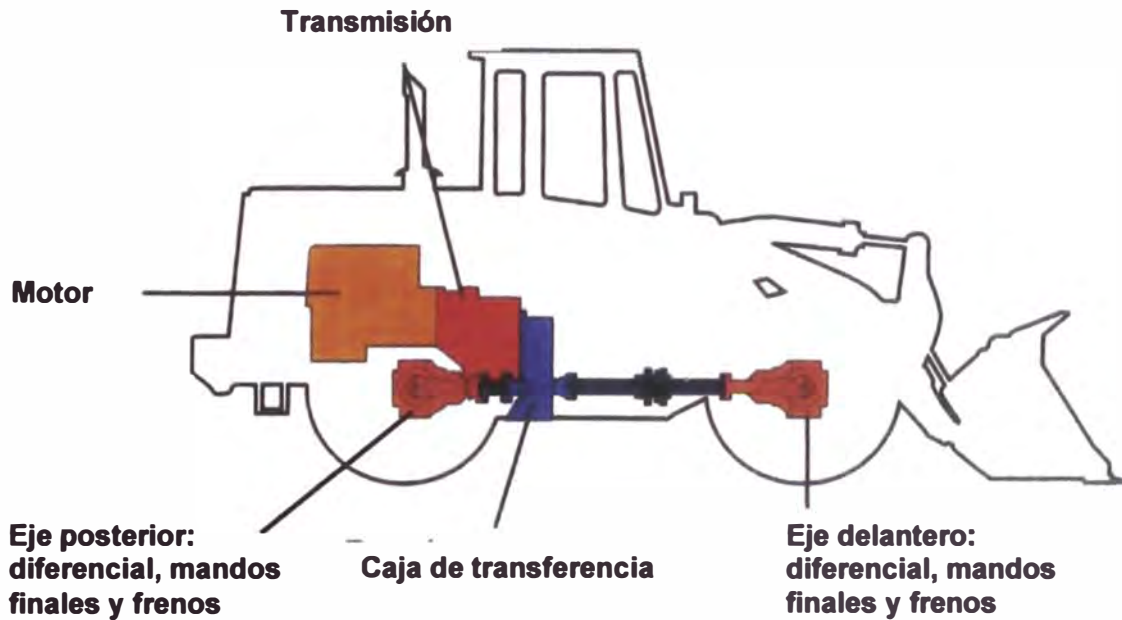
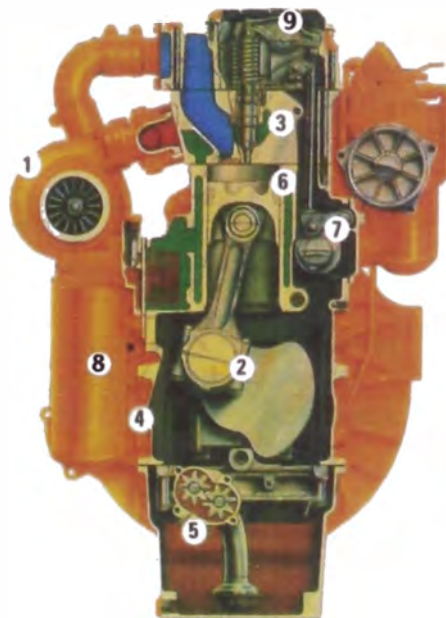


Figura N° 2.2: Tren de Potencia del Cargador Frontal 950F-II

Descripción general del motor 3116:

- 4) Turbocargador.
- 5) Cigüeñal.
- 6) Unidad de Inyección  
Mecánica – MUI
- 7) Monoblock
- 8) Bomba de aceite.
- 9) Pistón



- 1) Árbol de levas.
- 2) Filtro de aceite.
- 3) Mecanismo de  
válvulas e inyectores

Figura N° 2.3: Descripción del Motor 3116

## 2.3 DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA

A continuación se muestra las dimensiones de las posiciones extremas a las que puede extenderse la unidad para fines de cálculo de producción y transporte :

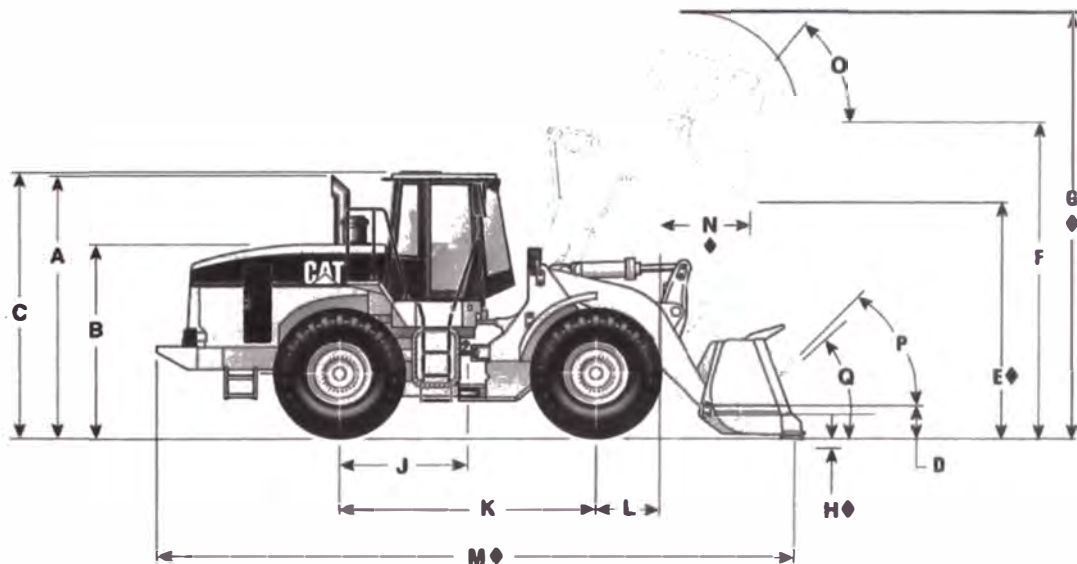


Figura N° 2.4: Dimensiones principales del Cargador Frontal 950F-II

**TABLA N° 2.1:** Dimensiones Principales del C.F. 950F-II

MODELO: 950F Serie II - Con cucharón de:	Uso General	
	Cuchilla Empenable 3.1 m <sup>3</sup>	4.0 yd <sup>3</sup>
A Altura hasta el tubo de escape	3240 mm	10' 7"
B Altura hasta el capó del motor	2320 mm	7' 7"
C Altura hasta el techo ROPS	3380 mm	11' 1"
D Altura al pasador del cucharón en posición de acarreo	463 mm	18,2"
E Altura de descarga a 45°, a levantamiento máximo	3830 mm	9' 3"
F Altura al pasador del cucharón en levantamiento máx.	3990 mm	12' 9"
G Altura total máxima	5360 mm	17' 6"
H Profundidad máxima de excavación	77 mm	3"
J Distancia de centro de máquina a eje trasero	1590 mm	5' 3"
K Distancia entre ejes	3180 mm	10' 5"
L Radio de las ruedas	818 mm	2' 8"
M Longitud Total	7610 mm	25' 0"
N Alcance a levantamiento máximo	1160 mm	3' 10"
O Plegado máximo de cucharón a levantamiento máx.	59°	
P Plegado máximo de cucharón a altura de acarreo	45°	
Q Plegado máximo de cucharón en el suelo	40°	
Neumáticos utilizados para las medidas	23.5-R25 (L-3)	

FUENTE: Manual de rendimiento en español de Caterpillar. N° de Forma: SSB0339

## 2.4 ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA MÁQUINA:

En la tabla siguiente se muestra las especificaciones de operación del equipo tales como velocidades de transporte en los diferentes cambios de velocidad, tiempos promedio de operación del cucharón, peso en orden de trabajo y carga límite. También se muestra las especificaciones de mantenimiento tales como las capacidades de llenado de los compartimientos y tipos de fluido.

**TABLA N° 2.2:** Especificaciones de Operación y Mantenimiento

### Rango de velocidades de la máquina:

Velocidades de avance	km/h	mph
- Primera	7.4	4.6
- Segunda	13.3	8.3
- Tercera	23.1	14.4
- Cuarta	38.7	24.0
Velocidades de retroceso	km/h	mph
- Primera	8.2	5.1
- Segunda	14.7	9.1
- Tercera	25.5	15.8
- Cuarta	42.7	26.5

### Tiempo del ciclo hidráulico con carga nominal en el cucharón

Levantamiento	6.6 Seg.
Descarga	2.2 Seg.
Decenso libre (vacío)	3.0 Seg.
Total	11.8 Seg.

### Peso y carga límite

Peso en orden de trabajo	16,972 kg	37,423 lb
Carga límite de equilibrio estático	11,719 kg	25,829 lb

### Capacidades de los compartimientos de llenado

Tanque de combustible	DISEL API	258 L	68.0 U.S. gal
Tanque hidráulico	SAE 10	88 L	23.3 U.S. gal
Sistema hidráulico (incluyendo el tanque)	SAE 10	153 L	40.4 U.S. gal
Sistema de enfriamiento (Incluye volumen en radiador)	ELC	69 L	12.7 U.S. gal
Carter del motor	SAE 15W40	31 L	8.2 U.S. gal
Carter de la transmisión	SAE 30	43.6 L	11.5 U.S. gal
Diferencial frontal	SAE 50	36 L	9.4 U.S. gal
Diferencial posterior	SAE 50	36 L	9.4 U.S. gal

Fuente: Manual de rendimiento en español de Caterpillar. N° de Forma: SSB0339

A continuación se muestra en la **Tabla N° 2.3**, los datos principales en la placa de la máquina para acceder a toda la información necesaria para reparaciones menores o mayores:

**TABLA N° 2.3:** Datos de Placa

MÁQUINA		MOTOR		TRANSMISIÓN	
MODELO	950F Serie II	MODELO	3116T		
SERIE	<b>2LM00875</b>	SERIE	<b>7JS00910</b>	SERIE	<b>8NX01271</b>
ARREGLO	<b>9U-1818</b>	ARREGLO	<b>112-9039</b>	ARREGLO	<b>112-5531</b>
AÑO	2002				

Fuente: Placa de la máquina y Placa del motor.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR CATERPILLAR 3116

### 2.5.1 Datos principales:

Con la serie y arreglo del motor se puede extraer del SIS-WEB de Caterpillar toda la información para ejecutar una reparación menor o mayor en este motor:

- Familia : **3100**
- Modelo : **3116 TAJWAC**
- Serie Motor : **7JS00910**
- Arreglo Motor : **112-9039**

### 2.5.2 Especificaciones generales del motor:

Se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA N° 2.4:** Especificaciones generales del motor.

Potencia en la volante	127 kW	<b>170 hp</b>
Modelo de motor	<b>3116 T</b>	
Clasificación de RPM del motor	<b>2200</b>	
Diámetro pistón	105 mm	<b>4.13"</b>
Carrera	127 mm	<b>5.00"</b>
Número de cilindros	<b>6</b>	
Cilindrada	6.6 L	<b>403 pulg<sup>3</sup></b>
Tipo de enfriamiento JW (Jacket Water)	Chaquetas de Agua	
Tipo de refrigerante ELC	Refrigerante Larga Duración	

Fuente: Manual de rendimiento en español de Caterpillar. N° de Forma: SSBD0339

### **2.5.3 Datos de prueba - información de mercadotecnia técnica del motor:**

En la **Tabla N° 2.5** se muestra los datos de prueba que Caterpillar efectuó en este motor antes de su salida de fábrica, el cual registra los valores de diversos parámetros tomados en vacío, con carga en bajas y altas revoluciones.

**TABLA N° 2.5: Datos de prueba – TMI – Información de Mercadotecnia Técnica del Motor**

DESCRIPCIÓN	VALORES EN UNIDADES INGLÉSAS			VALORES EN UNIDADES MÉTRICAS		
	Nominal	Ceiling	Floor	Nominal	Ceiling	Floor
Potencia a plena carga.	180 HP	185 HP	174 HP	134.0 kW	138.1 kW	129.9 kW
Velocidad a plena carga	2200 RPM	2210 RPM	2190 RPM	2200 RPM	2210 RPM	2190 RPM
Velocidad alta en vacío	2346 RPM	2406 RPM	2286 RPM	2346 RPM	2406 RPM	2286 RPM
Velocidad baja en vacío	895 RPM	905 RPM	885 RPM	895 RPM	905 RPM	885 RPM
Ajuste velocidad en el gobernador	2249 RPM	2254 RPM	2244 RPM	2249 RPM	2254 RPM	2244 RPM
FL Static Fuel Setting (Máxima potencia)		0.287 IN			7.30 mm	
Timing Dimension (Sincron. Combust.)		2.57 IN			65.25 mm	
Presión sobrealimentación (Boost)	21.3 PSI	24.5 PSI	18.1 PSI	146.7 kPa	168.8 kPa	124.6 kPa
Adj Boost at TC RPM	15.0 PSI	17.2 PSI	12.7 PSI	103.2 kPa	118.7 kPa	87.7 kPa
Power Loss/cyl	0.0% C FL PWR	0.0% C FL PWR	0.0% C FL PWR	0.0% C FL PWR	0.0% C FL PWR	0.0% C FL PWR
Presión de ingreso de combustible		6 PSI	1 PSI		40 kPa	10 kPa
Temperatura ingreso combustible	86 DEG F	95 DEG F	77 DEG F	30 DEG C	35 DEG C	25 DEG C
Presión de combustible	60 PSI	92 PSI	41 PSI	411 kPa	637 kPa	283 kPa
Densidad del combustible		36.0 DEG API	34.0 DEG API		36.0 DEG API	34.0 DEG API
Ajuste del torque en el gobernador	90% RTD TRQ	91% RTD TRQ	89% RTD TRQ	90% RTD TRQ	91% RTD TRQ	89% RTD TRQ
Proporción de combustible corregida	9.3 GAL/HR	9.8 GAL/HR	8.8 GAL/HR	497.6 G/mln	522.5 G/min	472.7 G/mln
CSFC - Consumo Específico Combust.	0.365 LB/HP-HR	0.387 LB/HP-HR	0.345 LB/HP-HR	221.9 G/kW.H	235.3 G/kW.H	209.6 G/kW.H
Torque Check Speed	1500 RPM	1510 RPM	1490 RPM	1500 RPM	1510 RPM	1490 RPM
Corr Torq Rise AT TC RPM	22.00%	0.00%	0.00%	22.00%	0.00%	0.00%
Corr Torq AT TC RPM	514 LB/FT	549 LB/FT	478 LB/FT	697 N.m	745 N.m	648 N.m
C Fuel Rate At TC RPM	7.3 GAL/HR	7.6 GAL/HR	6.9 GAL/HR	389.7 G/mln	409.2 G/min	370.2 G/mln
CSFC AT TC RPM	0.354 LB/HP-HR	0.381 LB/HP-HR	0.334 LB/HP-HR	215.3 G/kW.H	231.8 G/kW.H	203.4 G/kW.H
Temperatura agua al ingreso bomba	192 DEG F	198 DEG F	187 DEG F	89 DEG C	92 DEG C	86 DEG C
Delta T de la chaquetas de agua	9 DEG F	18 DEG F	0 DEG F	5 DEG C	10 DEG C	0 DEG C
Presión de aceite	55.1 PSI	87.0 PSI	39.9 PSI	380 kPa	600 kPa	275 kPa
Presión de aceite con baja carga	27.7 PSI	87.0 PSI	7.7 PSI	191 kPa	600 kPa	53 kPa
Temperatura de ingreso del aire.		122 DEG F	50 DEG F		50.0 DEG C	10.0 DEG C

NOTA: Lo que se resalta en "ROJO" son los datos que se emplearán para evaluar el motor.

Fuente: : <https://sis.cat.com> - Especificaciones de rendimiento del motor – TMI.



### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DEL MOTOR

El método para inspeccionar y determinar el estado del motor se describe de la siguiente forma:

- a) Inspección Visual:** En la inspección visual determinamos la existencia de fugas de aceite, combustible o refrigerante, luego se efectúa pruebas de arranque en vacío y calado para determinación de sonidos extraños, el color de los gases de escape, presencia de gases por el respiradero y pérdida de potencia si es que la hay, también es necesario tener una conversación con el operador del equipo, jefe responsable del mantenimiento y de preferencia tener acceso a las bitácoras de mantenimiento.
  
- b) Inspección con instrumentos:** En esta prueba se toma la lectura real de la presión de lubricación, presión del carter, presión de combustible, presión de sobrealimentación, flujo de gases del respiradero, temperaturas y revoluciones del motor. Con estas lecturas se puede estimar el estado interno del motor y adicionalmente para este modelo particular de la familia 3100 (3116T), es necesario comprobar la calibración del motor que consiste en la verificación de la sincronización de inyectores unitarios, ajuste de combustible y calibración de válvulas.
  
- c) Inspección del aceite (Análisis de Aceite):** Con esta última prueba se puede saber el estado del aceite, su viscosidad, la cantidad de partículas contaminantes (22 tipos de partículas), niveles de hollín, glicol (refrigerante), combustible y azufre, que en suma nos dan otra estimación del estado interno del motor.

**d) Inspección a motor abierto:** Efectuando estas tres primeras inspecciones se puede determinar la causa raíz de la falla y sus consecuencias a motor cerrado, sin embargo hay casos en los que todo este análisis no es suficiente y es necesario efectuar una inspección a motor abierto, de esta forma examinaremos pieza por pieza y lograremos ubicar la causa raíz de la falla y las consecuencias reales producidas.

Muchas veces es suficiente la inspección visual para determinar **“LA CAUSA RAIZ QUE ORIGINÓ LA FALLA”** sin embargo **CATERPILLAR** recomienda efectuar todo un procedimiento consistente en **“OCHO PASOS”** (Materia del **Capítulo IV**), para determinar la verdadera **“CAUSA RAIZ QUE DIO ORIGEN A LA FALLA”** y de esta forma definir si el problema es debido por un defecto de mantenimiento u operación o si es producido por un defecto de material o proceso de manufactura en fábrica; este último punto es la preocupación máxima de Caterpillar por lo cual a desarrollado todo un programa de mejora del producto que tiene vigencia durante y después del periodo de Garantía normal de los equipos.

### 3.1 INSPECCIÓN VISUAL

Esta primera etapa la inspección se desarrolla en cuatro puntos:

#### 3.1.1 Determinación de fugas externas.

Con esta inspección se determina:

- Fugas de aceite.
- Fugas de refrigerante.
- Fugas de combustible.
- Fuga de gases: Gases de escape, aire.

#### 3.1.2 Prueba de arranque en vacío y calado.

Previa revisión del nivel de aceite, combustible y refrigerante, se da arranque al motor para determinar si la ignición es demorada o instantánea, también se determina la existencia de sonidos irregulares o extraños y vibración del motor.

#### 3.1.3 Determinación del color de los gases de escape.

Con esta inspección visual se puede determinar lo siguiente:

- **Color Negro o Gris:** Indicaría consumo de combustible, que se puede deber a algún defecto en la regulación de los inyectores, falla de inyectores, defecto en la gobernanación del caudal de combustible, sistema de admisión obstruido, etc.
- **Color Azul:** Indicaría consumo de aceite del motor, lo cual se puede deber a ingreso de aceite a la cámara de combustión a través de los anillos del pistón o a través de las guías de válvula. También se puede deber a fugas de aceite por los anillos de sellado del eje del turbo-alimentador.
- **Color Blanco:** Lo que indicaría ingreso de agua a la cámara de combustión, o exceso de aire.

### 3.1.4 Conversación con el operador.

La información que nos pueda brindar el operador en lo referente a su forma de operar el equipo, los programas de mantenimiento en la máquina y los detalles que ocurrieron antes de que se produzca la falla tales como: consumo de aceite, consumo de combustible, consumo de refrigerante, pérdida de fuerza, aumento de temperatura, etc, es importante para darnos una visión del origen de falla.

## 3.2 INSPECCIÓN CON INSTRUMENTOS

En esta segunda etapa se emplearan herramientas especiales para efectuar las siguientes pruebas:

### 3.2.1 Prueba de presión de lubricación.

Mediante esta prueba se mide la presión interna del aceite del motor la cual nos da una idea del nivel de desgaste de los compartimientos internos donde existen restricciones y piezas en movimiento tales como los puños de biela y bancada, puños del árbol de levas y ejes de los piñones de la distribución. Para motores de la familia 3100 (3116T) se tiene el siguiente procedimiento:

- a) Asegúrese de que el motor esté lleno al nivel correcto con aceite SAE 15W40.  
La gráfica de presión del aceite del motor no será exacta si se usa un aceite de viscosidad incorrecto.
  
- b) Quite el interruptor de presión de aceite. Conecte el evaluador de Presión del Motor 1U-5470 (**Anexo N° 01**) al múltiple de aceite principal, empleando el reloj de 0-145 psi. Use la conexión en la posición del interruptor de presión de aceite identificado con el (1) en la **Figura N° 3.1**.

- c) Haga funcionar el motor. Deje que la temperatura del motor suba a 99°C (210°F). Un aumento de 3°C (5°F) en la temperatura del aceite del motor produce una disminución de 7 kPa (1 psi) en la presión de aceite del motor.

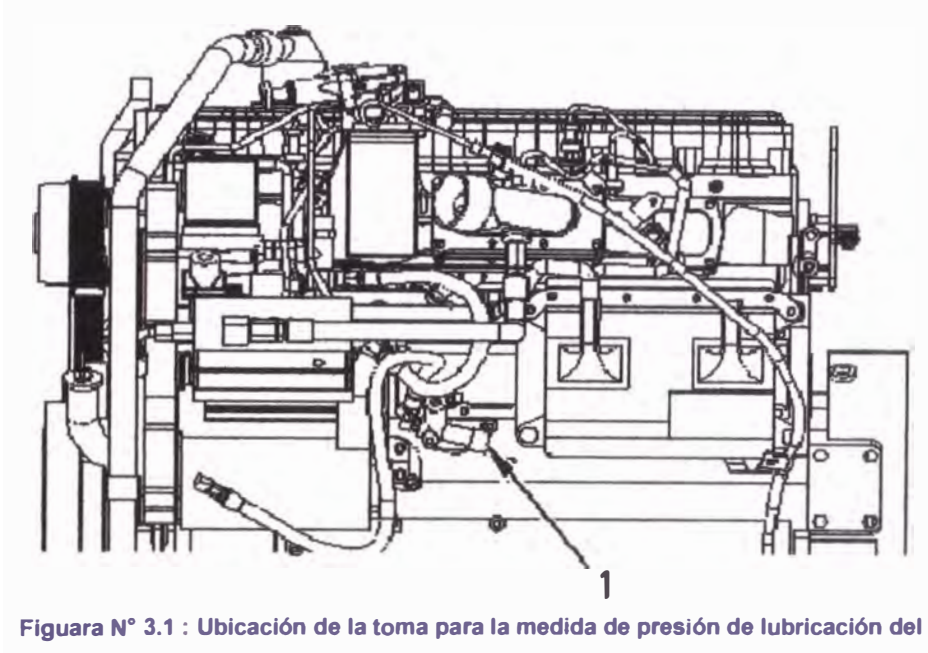


Figura N° 3.1 : Ubicación de la toma para la medida de presión de lubricación del motor

- d) Mantenga la temperatura del motor compatible con la del motor a las rpm nominales de 89 a 92 °C (**Tabla N° 2.5** - TMI) y lea el manómetro.
- e) Use las rpm y la presión de aceite del motor para localizar una intersección de la gráfica de presión del aceite del motor.
- f) Los valores deben estar comprendidos en la zona aceptable de la **Gráfica N° 3.1**. Si los resultados no son aceptables, localice la causa del problema y corríjalo. La falla del motor o una disminución de su vida útil puede ser consecuencia de una operación continua con presión de aceite fuera del rango aceptable.
- Nota:** Haga las correcciones en el motor y lleve la presión a los rangos regulares. Un aumento o disminución súbita de 70 kPa (10 psi) de la presión de aceite debe ser inspeccionado, incluso dentro del rango aceptable de la

gráfica de presión de aceite del motor. A continuación se adjunta la gráfica de presión para motores de la serie 3100:

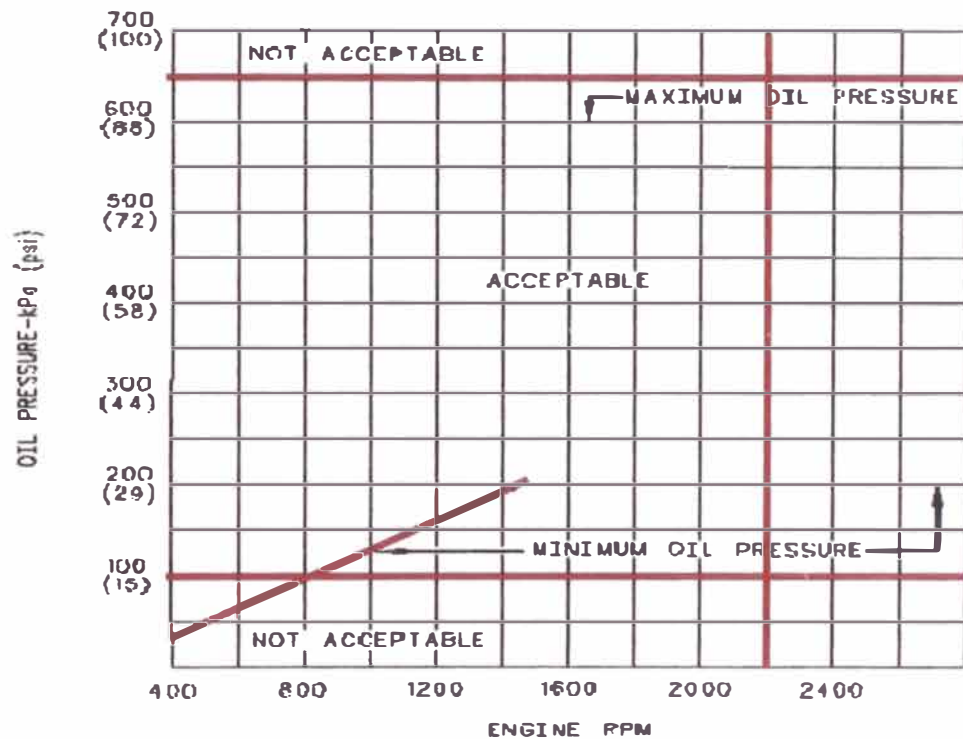


Gráfico N° 3.1: Presión de Lubricación en psi vs. Velocidad del motor en rpm.  
Fuente: <https://sis.cat.com>; Instrucción Especial - Número de Publicación SEHS3582-16

### 3.2.2 Prueba de presión del cárter:

Los pistones o los anillos dañados pueden causar demasiada presión en el cárter. Esto producirá que del respiradero del cárter escapen más vapores que la cantidad normal, ocasionando que el respiradero se pueda restringir en un corto tiempo, causando fugas de aceite en las empaquetaduras y sellos que normalmente no tendrían fugas. La presión elevada del cárter también puede ser causada por guías de válvulas desgastadas o por un sello de turbocompresor averiado. La presión de los gases del cárter no debe pasar de **1 pulgada de agua**. Para ello Conecte el evaluador de Presión del Motor 1U-5470 (**Anexo N° 01**), en el tubo de la varilla medidora de nivel de aceite con el manómetro de 0 - 50 pulgadas agua.

### 3.2.3 Prueba de presión de sobrealimentación (boost):

La eficiencia de un motor se puede comprobar haciendo una comparación de la presión en el múltiple de admisión con la información del rendimiento del motor mostrada en la **Tabla N° 2.5**. Esta prueba se usa cuando hay una reducción en la potencia del motor pero no hay ninguna señal real de un problema con el motor.

El desarrollo de esta prueba se realiza bajo las condiciones siguientes:

- Presión barométrica seca 99 kPa (29,7 pulg Hg)
- Temperatura del aire exterior de 29°C (85°F)
- Régimen del combustible 35 API

Una presión mayor al valor especificado **Tabla N° 2.5**, indicaría que el motor está sobrecargado. Una presión menor al valor especificado indicaría dos posibilidades:

- Si no hay síntomas de falla en el motor indicaría que el motor trabaja con muy poca carga.
- Si la carga es normal y existe baja presión indicaría que existe un defecto en la admisión que puede ser desde filtro de aire obstruido, obstrucción en el ducto de admisión del filtro al compresor o falla del turbocargador.

Use el siguiente procedimiento para medir la presión del múltiple de admisión:

- Saque el tapón 1 (**Figura N° 3.2**), del múltiple de admisión.
- Conecte el grupo evaluador de presión del Motor 1U-5470 (**Anexo N° 01**)
- Registre el valor.
- Compare el valor que se registró con la presión que se indica en la TMI.

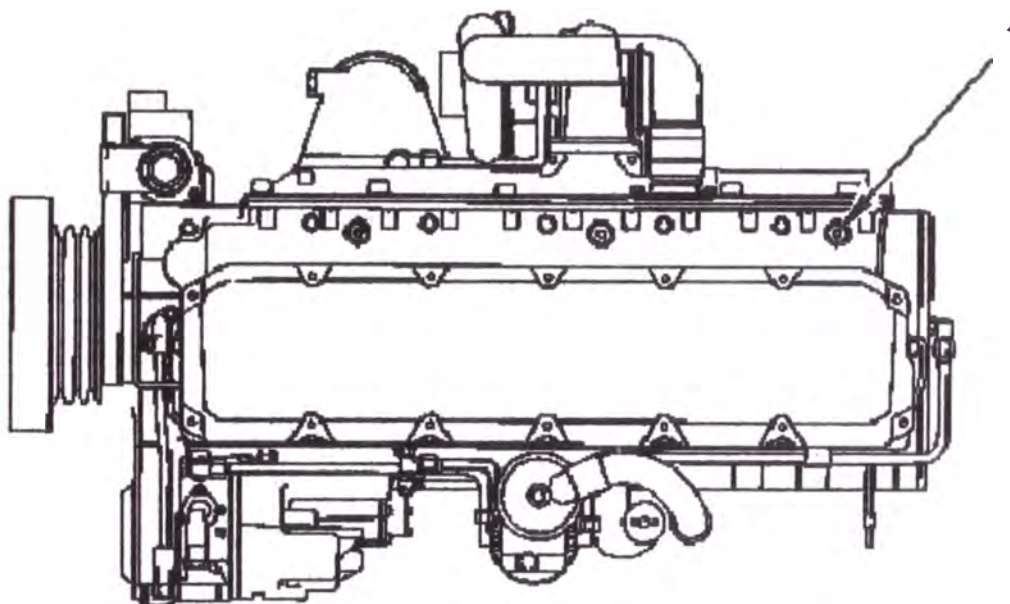


Figura N° 3.2: Ubicación de la toma para la medida de la presión de sobrealimentación.

#### 3.2.4 Prueba de presión de línea de combustible:

La presión típica de combustible que debe llegar al conector N° 7 (Figura N° 3.3) que está dentro de la culata N° 1 puede variar. En condiciones nominales de velocidad y de carga del motor, la presión de combustible que llega a la línea debe ser de **29 a 58 psi**. Para medirla instale el manómetro evaluador de presión 1U-5470 (Anexo N° 01) en el conector N° 7. En baja en vacío, el orificio regulador de presión N° 2 en el conjunto de tubo N° 3 mantiene una presión de combustible mínima **7,3 psi** a los inyectores. La válvula de retención N° 4 evita que el combustible salga del conducto de combustible de la culata.

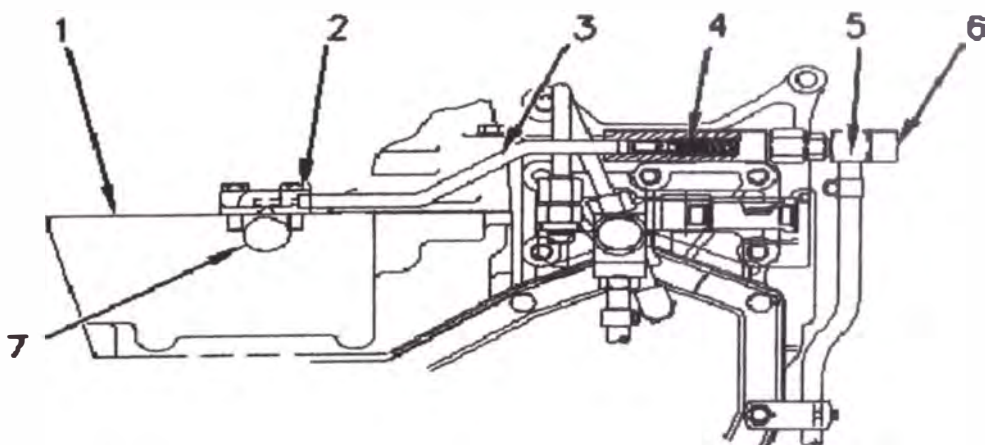


Figura N° 3.3: Ubicación de la toma para medición de la presión de combustible



Asegúrese de que el filtro de combustible esté limpio antes de comprobar la presión de combustible. Un filtro de combustible que tiene una restricción causará que la presión de combustible sea más baja.

### 3.2.5 Prueba de flujo de los gases del respiradero

Para esta evaluación se emplea el equipo 8T-2700 (**Anexo N° 6**). Este equipo mide el flujo de gases que escapan por el respiradero del carter. Este gas que escapa normalmente está conocido como el “blowby”. Midiendo el blowby se puede evaluar la condición general de los cilindros, qué es muy útil para determinar si el motor necesita reparación. Este equipo también se puede aplicar para medir la cantidad de aire que fluye a través del radiador, de esta forma se puede localizar las áreas en el centro del radiador que están restringidas. La cantidad de blowby puede medirse en litros por minuto o en los pies cúbicos por hora. En la **Tabla N° 3.1** se muestra los ratios típicos para motores Caterpillar sin tecnología Acert. Los resultados de prueba dentro de este rango indicaría que la condición de los cilindros es correcta.

**TABLA N° 3.1:** Ratios típicos - motores Caterpillar sin tecnología Acert

MODELO MOTOR	CANTIDAD ANILLOS	RANGO BLOWBY Ft <sup>3</sup> /Hora	RANGO BLOWBY Litro/Min	High Idle Blowby / HP Ft <sup>3</sup> /Hour	No Load Ratio Litro/Min
3204	NA - 2 ring	90 - 100	42 - 47	1.00	0.50
3204	DIT - 2 ring	110 - 240	52 - 110	2.00	1.00
3208	2 ring	120 - 250	56 - 118	1.20	0.50
3208 T	2 ring	250 - 500	118 - 230	2.00	1.00
3304	3 ring	160 - 214	74 - 98	1.30	0.60
3306	3 ring	180 - 250	85 - 118	1.30	0.60
3406	3 ring	400 - 450	189 - 212	1.10	0.50
3408	3 ring	450 - 500	212 - 236	1.00	0.50
3412	3 ring	650 - 750	307 - 354	1.00	0.50
3512	3 ring	550 - 600	259 - 283	0.50	0.22
<b>3100</b>	<b>3 ring</b>	<b>166 - 228</b>	<b>82 - 107</b>	<b>1.10</b>	<b>0.50</b>
C-9	3 ring	90 - 111	42 - 52	0.30	0.15
C-10	3 ring	113 - 143	53 - 67	0.40	0.20
C-12	3 ring	130 - 151	61 - 71	0.40	0.17
C-15	3 ring	183 - 228	86 - 108	0.50	0.23

Fuente: <https://sis.cat.com> - Instrucción Especial - Número de Medio SEHS8712-03

### 3.2.6 Pruebas de temperaturas

Para estas pruebas se necesita el equipo 164-3310, medidor de temperatura (**Anexo N° 04**). Se efectúan las siguientes pruebas:

**a) Comprobación de  $\Delta T$  de las chaquetas de agua:** Se efectúa tomando la diferencia de la lecturas de temperaturas de entrada y salida del motor. Si el  $\Delta T$  está por debajo de la especificación indicada en el TMI (**Tabla N° 2.5**), se tiene que revisar la posible causa tales como:

- Calidad de refrigerante. El refrigerante debe tener un color y olor similar al refrigerante nuevo y Libre de suciedad y basuras.
- Fugas de agua en el sistema.
- Asegúrese de que no haya restricciones en el flujo de aire a través del radiador: Observe para ver si hay aletas del núcleo dobladas entre los núcleos plegados del radiador. Observe también para determinar si hay basura entre los núcleos plegados del radiador.
- Inspeccione las correas de impulsión del ventilador.
- Inspeccione el sistema de enfriamiento para detectar si contiene aire o gases de combustión.
- Inspeccione la tapa de la abertura de llenado, y compruebe la superficie que sella dicha tapa. Esta superficie tiene que estar limpia.

**b) Comprobación de funcionamiento de cilindros individuales:** La baja temperatura en un orificio del múltiple de escape indica que no llega combustible a ese cilindro. Esto puede ser debido a un defecto en el inyector. Una temperatura demasiado alta en un orificio del múltiple de escape puede indicar que llega demasiado combustible a ese cilindro. Esto también puede ser debido a un defecto en el inyector. La diferencia entre cilindros no debe ser mayor de 70°C (158°F).

c) **Comprobación de funcionamiento del enfriador de aceite:** Cuando el motor está a temperatura de funcionamiento y está usando aceite SAE 15W40, la temperatura máxima del aceite es de 115°C (239°F). Esta es la temperatura del aceite después de pasar por el enfriador de aceite. Revisar si hay obstrucción en los conductos de aceite del enfriador de aceite. Una restricción en el enfriador de aceite no causará baja presión de aceite en el motor. Determine si la válvula de derivación del enfriador de aceite se mantiene en la posición abierta. Esta condición permitirá que el aceite pase por la válvula en vez de pasar por el enfriador de aceite por lo tanto la temperatura del aceite aumentará.

### 3.2.7 Prueba de revoluciones

Para esta prueba se necesita el equipo 1U-6602, medidor de revoluciones laser, (Anexo N° 02).



Figura N° 3.4: Medidor de velocidad angular Laser

El Fototacómetro 1U-6602 registra solamente frecuencia básica de entrada de cualquier pieza visible y giratoria. La frecuencia básica de entrada es igual a una revolución por cada trozo de cinta reflectante. Se tiene que comprobar que las revoluciones del motor estén en los rangos nominales según el TMI (Tabla N° 2.5).

### 3.2.8 Comprobación de la calibración del motor

Esta calibración está dividida en tres pasos: Sincronización de inyectores, ajuste de máxima potencia y calibración de válvulas: Se describen a continuación:

a) **Paso 1: Sincronización de motor:** La “**primera etapa**” de la sincronización del motor se denomina sincronización de los inyectores unitarios la cual es el ajuste de las cremalleras de todos los inyectores de combustible a una posición de referencia de modo que cada inyector suministre la misma cantidad de combustible a cada cilindro. Esto se hace ajustando la cremallera de cada uno de los inyectores a la misma posición mientras el varillaje de control está en una posición fija. Se emplea las herramientas del equipo 223-2454 (**Anexo N° 20**), que se detallan en la **Tabla N° 3.2**.

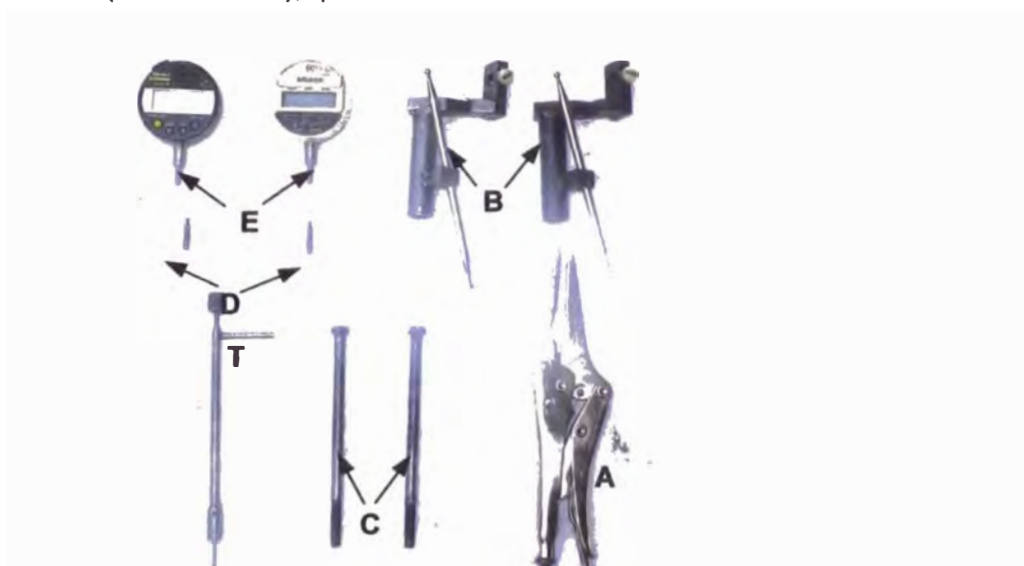


Figura N° 3.5: Herramientas para sincronización de Inyectores.

**TABLA N° 3.2:** Herramientas para sincronizar inyectores (1ra etapa)

Herramienta	Número de pieza	Descripción	Cant
A	128-8823	Alicates de punta larga	1
B	9U-7282	Grupo de dispositivo indicador	2
C	8T-4177	Perno	2
D	9U-7263	Punto contacto indicador (18.5 mm de largo)	2
E	1U-8869	Indicador digital	2
T	1U-6673	Llave (control de la relación de combustible)	1

Fuente: <https://sis.cat.com> - Catálogo de Herramientas - N° publicación NENG2500-08

A continuación se explica el procedimiento para sincronizar y ajustar los inyectores unitarios:

- Pare el motor y gire el sistema eléctrico a la posición “desconectada”
- Quite el solenoide de corte de combustible.
- Quite la tapa de las válvulas.

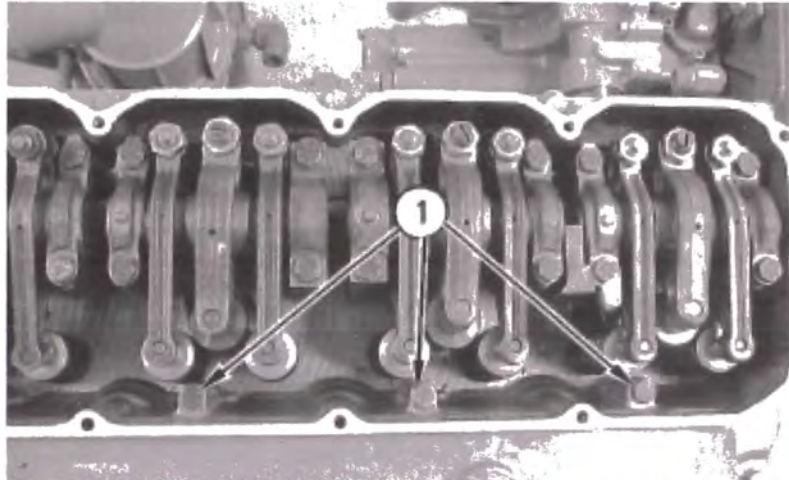


Figura N° 3.6: Ubicación de los pernos (1) de la tapa mecanismo válvulas.

- Saque los pernos (1) que sujetan la base de la tapa del mecanismo de válvulas.

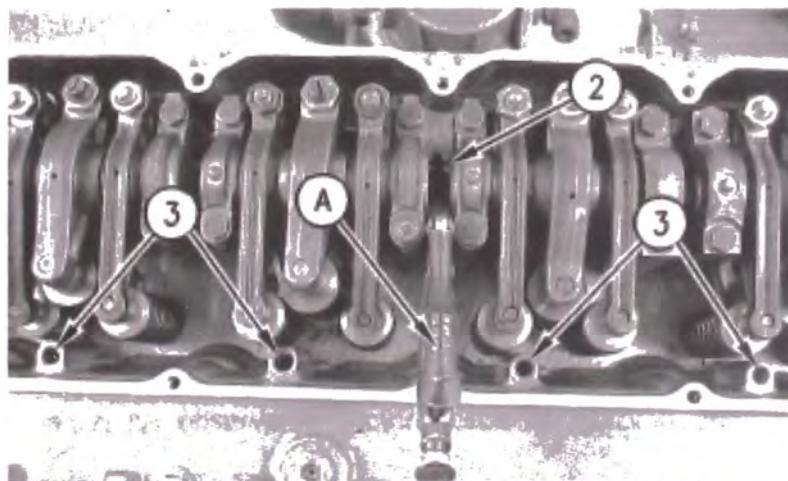


Figura N° 3.7: Ubicación del riel de combustible (2) y agujero (3).

- Conecte la herramienta (A) al riel del combustible (2) .
- Instale la herramienta (B) en el agujero (3) para la base de la tapa del mecanismo de válvulas que está cerca del cilindro No. 1. Conecte la herramienta (D) a la herramienta (E). Inserte la herramienta (E) en el agujero en la herramienta (B).

**Nota:** Oriente la cara (4) en la herramienta (B) paralela al cigüeñal.

- Instale la otra herramienta (B) en el agujero (3) para la base de la tapa del mecanismo de válvulas que está cerca del cilindro No. 2. Conecte la herramienta (D) a la herramienta (E). Inserte la herramienta (E) en el agujero en la herramienta (B).

**Nota:** Oriente la cara (5) en la herramienta (B) paralela al cigüeñal.

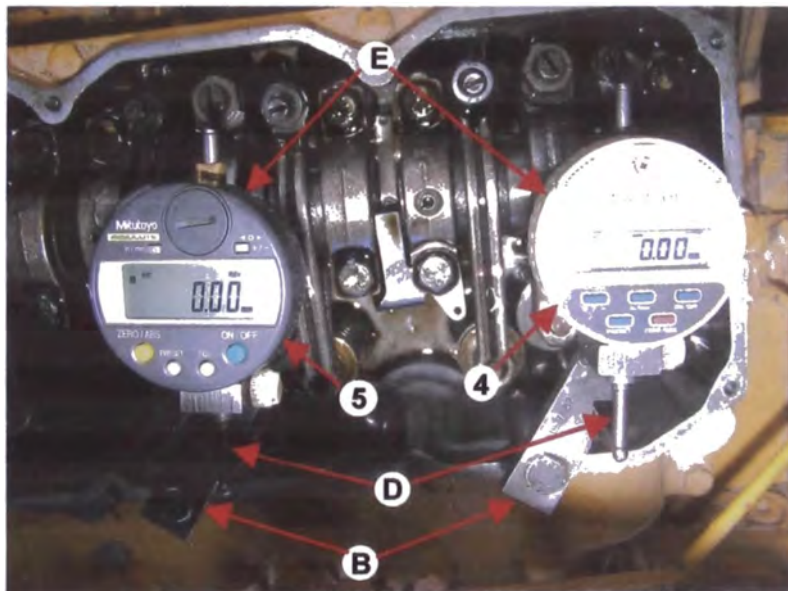


Figura N° 3.8: Instalación de los equipos de medición en el motor.

- Cuando se observa el motor desde el extremo del volante, gire la herramienta (A) hacia la izquierda. Notará resistencia a un resorte. Haga girar la herramienta (A) más allá de donde comienza la resistencia del resorte. Ajuste a cero la herramienta (E) para ambos inyectores.

**Nota:** No gire completamente la herramienta (A). Se produciría una sincronización inexacta.

- Cuando se observa el motor desde el extremo del volante, gire la herramienta (A) hacia la derecha a través de la gama completa de movimiento. Las lecturas en la herramienta (E) deben cambiar a medida que se cambia la posición de la herramienta (A). Anote los valores y de la diferencia en los valores.

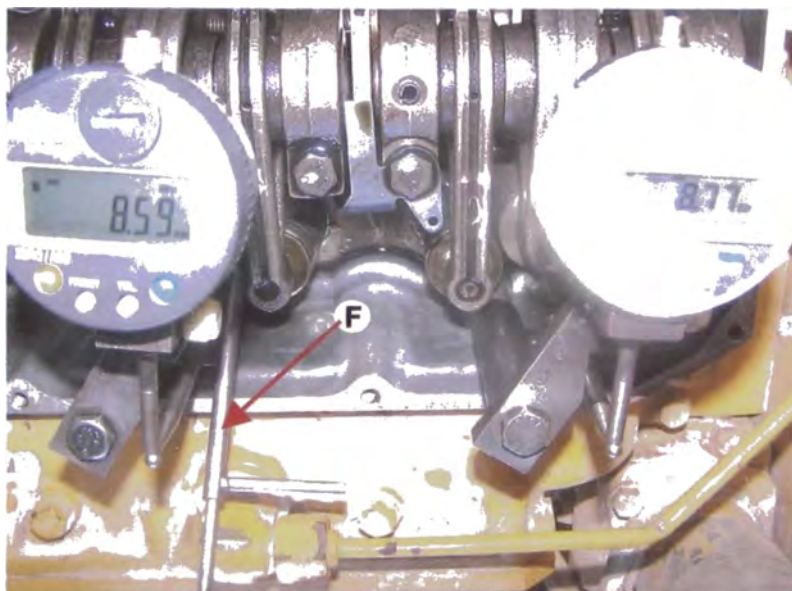


Figura N° 3.9: Instalación de la herramienta (F) de ajuste o desajuste.

- Si los valores están dentro de una tolerancia de 0,05 mm (0,0020 pulg), no se requiere ningún ajuste. Si se requiere un ajuste, instale la herramienta (F) en la contratuerca en la base del inyector unitario.
- Afloje la contratuerca con la varilla exterior (6) y ajuste el inyector con la varilla interior (7). Apriete la contratuerca cuando el ajuste esté completo.

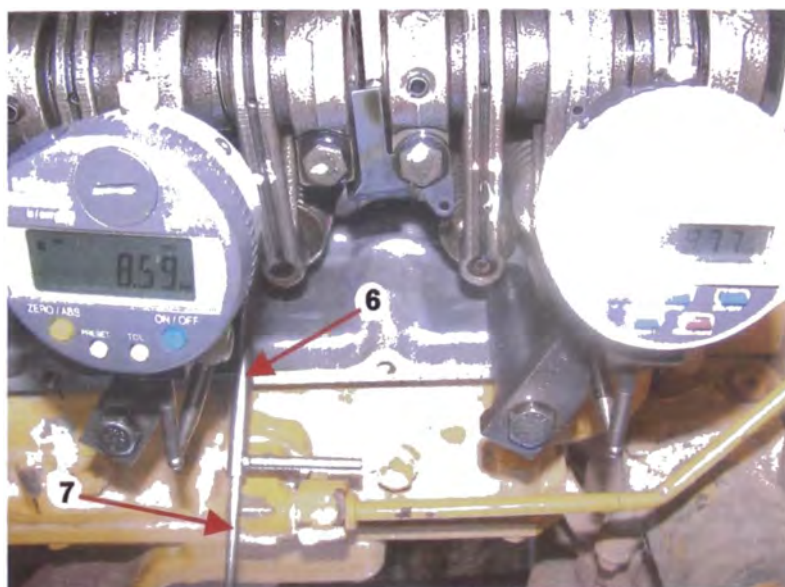


Figura N° 3.10: Ajuste de la sincronización de inyector.

- Una vez que se hayan sincronizado los dos primeros inyectores, sincronice los inyectores restantes siguiendo el procedimiento anterior. Quite la herramienta (B) del cilindro No. 2 y muévela al cilindro No. 3. No mueva la herramienta (B) del cilindro No. 1. Sincronice siempre los

inyectores 2, 3, 4, 5 y 6 con respecto al primer inyector. El primer inyector es el punto de referencia para todos los inyectores.

- Una vez que se hayan sincronizado todos los inyectores, quite todas las herramientas del motor. Instale los pernos (1) que conectan la caja de la entrada de aire. Vuelva a instalar la tapa de válvulas y apriete los pernos que sujetan la tapa de válvulas.

La "segunda etapa" de la sincronización de motor se denomina sincronización de combustible, para ello se requieren las siguientes herramientas el equipo 223-2454 (**Anexo N° 20**), los cuales se describen en la **Tabla N° 3.3**:

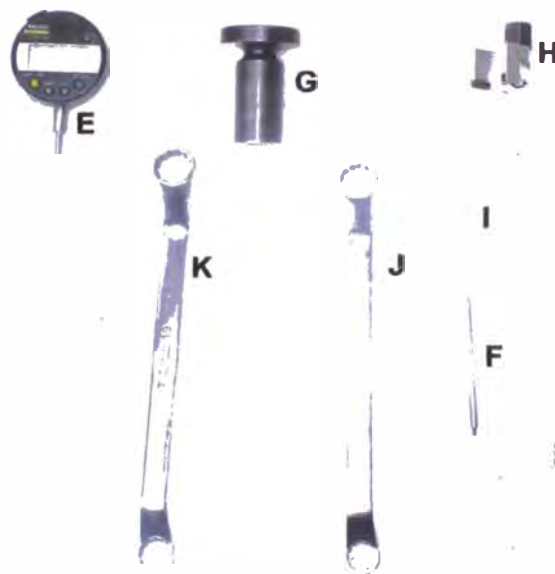


Figura N° 3.11: Herramientas para sincronización de combustible.

**TABLA N° 3.3:** Herramientas para sincronizar combustible (2da etapa)

Herramienta	Número de pieza	Descripción	Cant
E	1U-8869	Indicador digital	1
F	9U-7274	Punto contacto indicador (85 mm de largo)	1
G	9U-7269	Patrón para calibrar indicador digital.	1
H	123-4940	Base imantada	1
I	9U-6272	Tomillo de ajuste de nylon	1
J	128-8824	Llave 16 – 18 mm	1
K	128-8825	Llave 17 – 19 mm	1

Fuente: <https://sis.cat.com> - Catálogo de Herramientas – N° publicación NENG2500-08



Para desarrollar este procedimiento es necesario poner en punto al motor, para ello se debe cerciorar de que el pistón N° 01 está en el punto muerto superior en la carrera correcta (Admisión o Escape), para ajustar cada inyector. En la Tabla N° 3.4 se muestra las posiciones del cigüeñal para el ajuste de la sincronización de combustible para la familia de motores Caterpillar 3100.

**TABLA N° 3.4:** Posiciones del cigüeñal para sincronización combustible

DESCRIPCIÓN	Inyectores 3114	Inyectores 3116
Compruebe o Ajuste con el pistón N° 01 en punto muerto superior en la carrera de compresión.	3-4	3-5-6
Compruebe o Ajuste con el pistón N° 01 en punto muerto superior en la carrera de escape.	2-2	1-2-4
Orden de encendido	1-3-4-2	1-5-3-6-2-4

FUENTE: Catálogo de especificaciones técnicas. Número de publicación SSNR3582-16

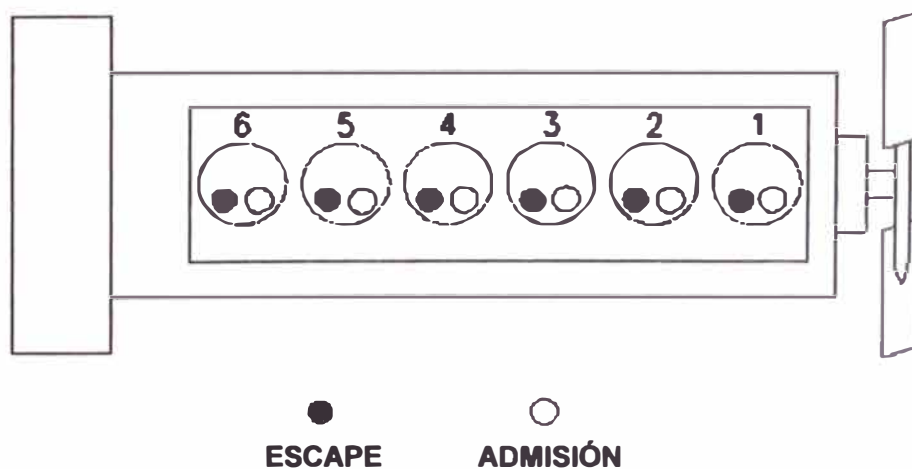


Figura N° 3.12: Numeración de cilindros para facilitar la sincronización de combustible

A continuación se detallan los pasos a seguir:

- Antes de efectuar la sincronización de combustible se debe calibrar la herramienta (Ver **Anexo N° 30**).



Figura N° 3.13: Calibración de la herramienta.

- Con el indicador instalado y base imantada instalados en el patrón compruebe el "pre-ajuste" de 62 mm, levantando ligeramente la punta del indicador, los números en pantalla deberán disminuir. Si no es así repita los pasos del **Anexo N° 30**.
- Cerciórese de que las superficies superiores del impulsor (32) y del resalto (34) del inyector que se va a revisar estén limpias y secas.

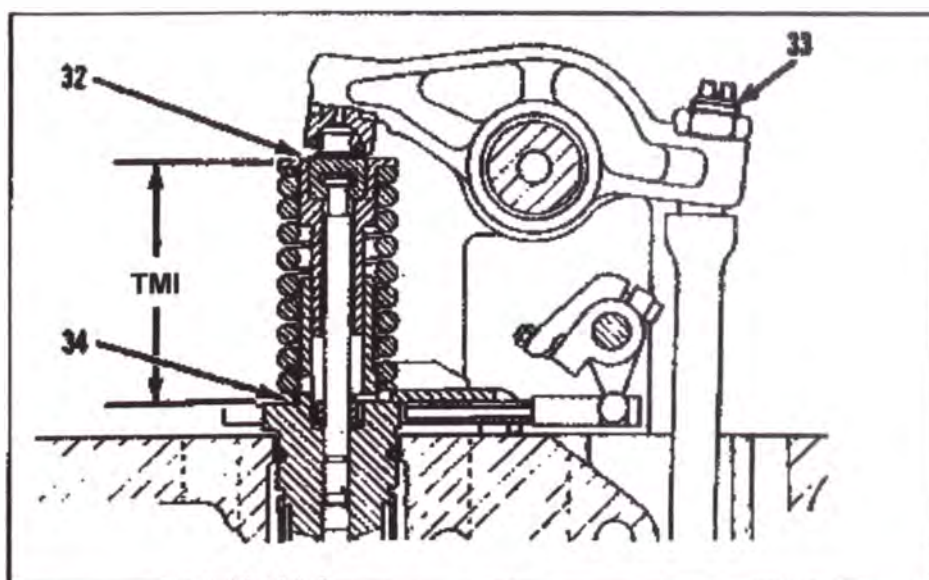


Figura N° 3.14: Dimensión sincronización de combustible (TMI) de Tabla N° 2.5

- Quite el indicador (E) y la base magnética (H) del patrón (G) y posicónelo cuidadosamente en la parte superior del impulsor del inyector (32) para el inyector que se va a revisar. Presione cuidadosamente la punta de contacto del indicador (F) en el resalto del inyector (34). Compruebe para asegurarse de que el embolo del indicador se mueve libremente y que la punta de contacto no se dobla en el resorte del inyector.
- El indicador (E), mostrará directamente la dimensión de sincronización de combustible. Consulte en la placa del motor o en el TMI de la Web de Caterpillar (Ver **Tabla N° 2.5**) para obtener la dimensión especificada de la sincronización de combustible correcta dentro de un margen de error de  $\pm 0.20$  mm. Se debe comprobar cada inyector separadamente y ajustarse según sea necesario.



Figura N° 3.15: Ajuste de la sincronización de combustible.

- Si el indicador (E) muestra la dimensión correcta o si está dentro de la tolerancia de comprobación de  $\pm 0.20$  mm, no necesita hacer ajustes.
- Si el indicador (E) no muestra la dimensión de sincronización de combustible correcta use la llave (K) o (J) para aflojar la tuerca del tornillo de ajuste de la varilla levantadota de válvulas (33), para el inyector que se está ajustando.
- Una vez ajustada a la medida especificada ajuste la tuerca (33) con un par de apriete de  $25 \pm 7$  N.m ( $18 \pm 5$  lb-pie).

b) **Paso 2: Ajuste de máxima potencia:** El ajuste de máxima potencia es la calibración del tornillo de ajuste para proporcionar una posición especificada de la cremallera medida en la barra de la cremallera del inyector N° 01. El tornillo de ajuste de combustible limita la salida de potencia del motor al ajustar el desplazamiento máximo de todas las cremalleras de los inyectores. Antes de comprobar el ajuste de máxima potencia, los inyectores deben estar correctamente sincronizados. Para este ajuste se requiere las siguientes herramientas del equipo 223-2454 (**Anexo N° 20**):

**TABLA N° 3.5:** Herramientas para Ajuste de máxima potencia

Herramienta	Número de pieza	Descripción	Cant
L	9U-5120	Llave para extraer solenoide	1
B	9U-7282	Grupo de dispositivo indicador	1
R	8C-4984	Perno	1
D	9U-7263	Punto contacto indicador (18.5 mm de largo)	1
E	1U-8869	Indicador digital	1
T	1U-6673	Llave (control de la relación de combustible)	1
M	130-2711	Holding tool	1
G	9U-7269	Patrón para calibrar indicador digital.	1
N	6V-0006	Governor Linkage Tube Pliers	1
I	9U-6272	Tornillo de ajuste de nylon	1
O	1U-7299	Adjustment Wrench	1
P	1U-7300	T-handle	1
Q	128-8827	Fuel Setting Pin Assembly	1

Fuente: <https://sis.cat.com> - Catálogo de Herramientas – N° publicación NENG2500-08

El detalle gráfico de las herramientas a emplear se muestran en la Figura N°

3.16

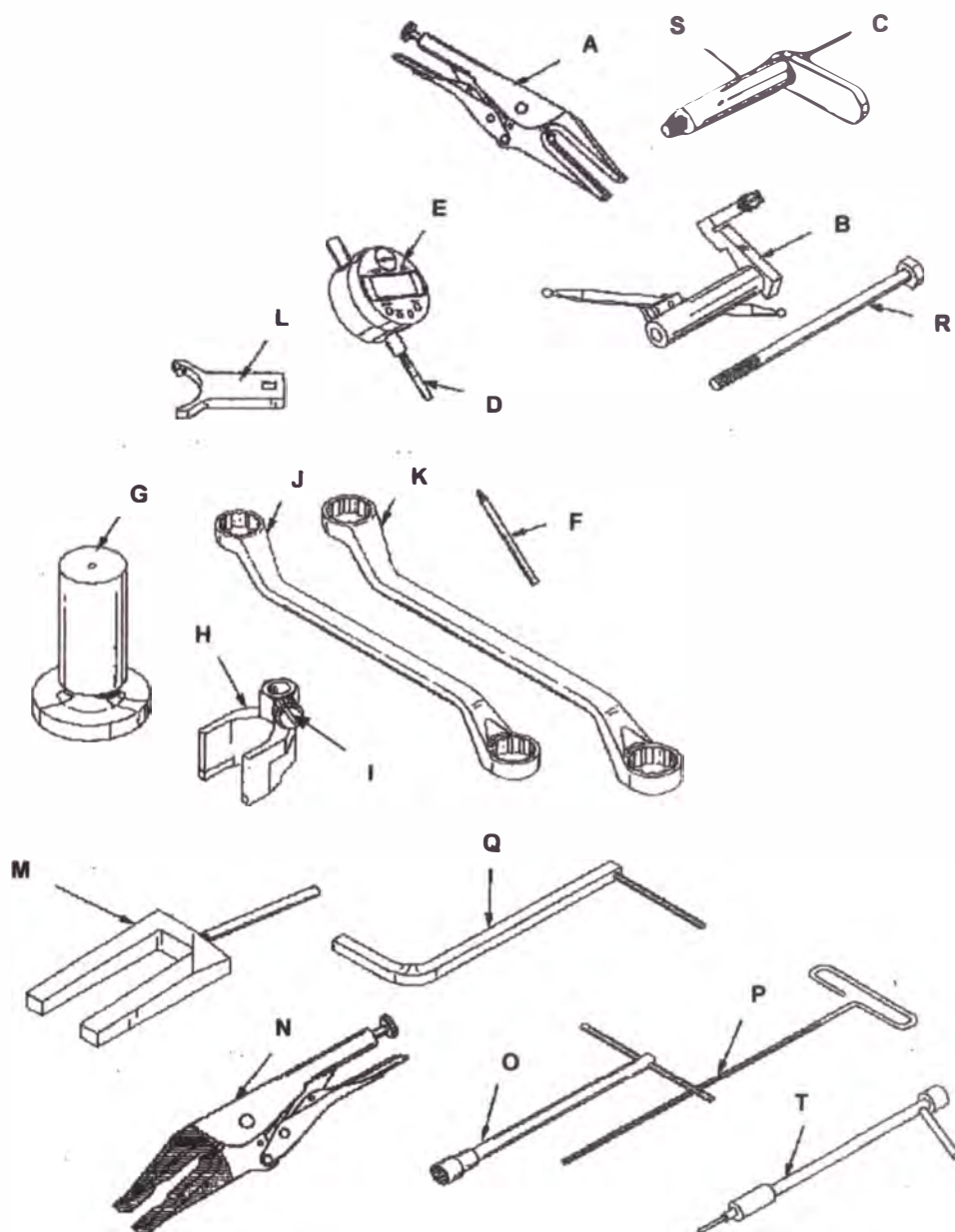


Figura N° 3.16: Herramientas para ajuste de máxima potencia.

El procedimiento de ajuste de combustible es el siguiente:

- Con el motor parado y el sistema eléctrico desconectado quite el solenoide de control de combustible para permitir el libre movimiento de varillaje de control de la cremallera de los inyectores durante el ajuste de combustible.
- Quite el perno (1) del múltiple de admisión:

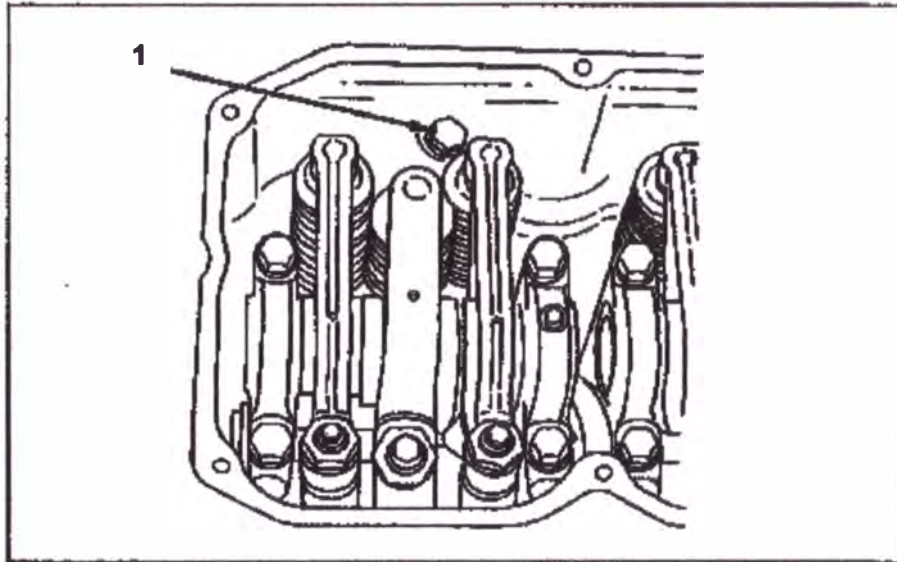


Figura N° 3.17: Ubicación del perno (1) del múltiple de admisión.

- Instale el indicador de posición Digital 1U-8869 (E), en el grupo de dispositivo de indicador 9U-7282 (B). Apriete el tornillo de ajuste de nylon (I).

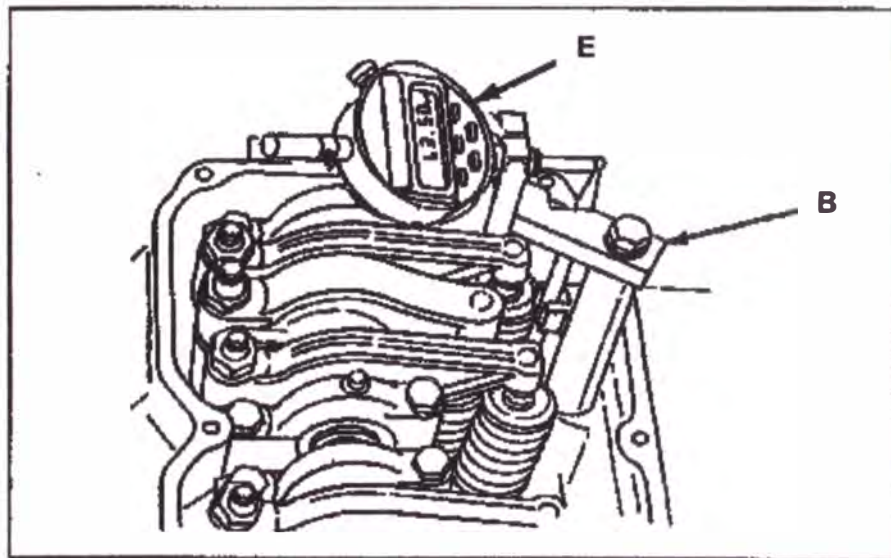


Figura N° 3.18: Ubicación del perno (1) del múltiple de admisión.

- Cerciórese de que el extremo de la barra (2) esté limpia. Instale el Grupo de Dispositivo de Indicador (B) y el indicador (E). El perno de grupo indicador (R), se instala en el orificio de donde se quitó el perno (1). Posicione el grupo de indicador de modo de que el vástago del indicador esté paralelo a la barra de la cremallera del inyector N° 01, la palanca (3) debe tocar la cara del extremo de la barra de la cremallera (2).

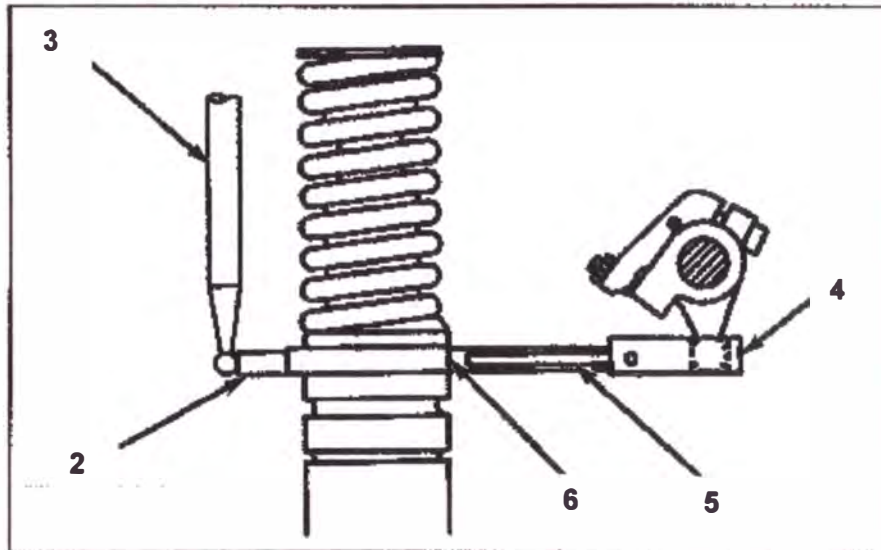


Figura N° 3.19: Inyector Bomba MUI.

- Empuje firmemente la cabeza de la cremallera (4) del inyector N° 01, con la mano hacia el inyector hasta que el pasador (5) tope con el resalte cuadrado de la cabeza del inyector (6) y sostengalo en esa posición. El inyector N° 01 está ahora en la posición de **"combustible cortado"**. Presione el botón de **"ajuste a cero"** en el indicador (E), para definir el punto cero de la cremallera en esta posición.
- Suelte la cabeza de cremallera N° 01, después empújela hacia atrás, hasta que la cremallera quede nuevamente en el punto cero. Repita varias veces para asegurarse de que se ha establecido un punto cero constante y uniforme.
- Quite la grapa (7) que mantiene el manguito (8) en posición entre el gobernador (9) y culata (10).

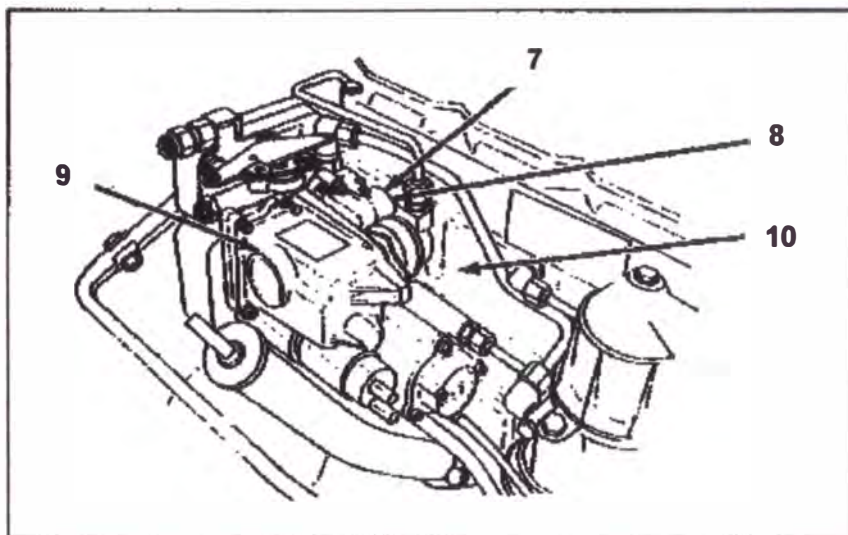


Figura N° 3.20: Gobernador MUI.

- Con el alicate 6V-0006 (N), deslice el manguito (8) alejándolo del gobernador (9) y moviéndolo hacia la culata (10).

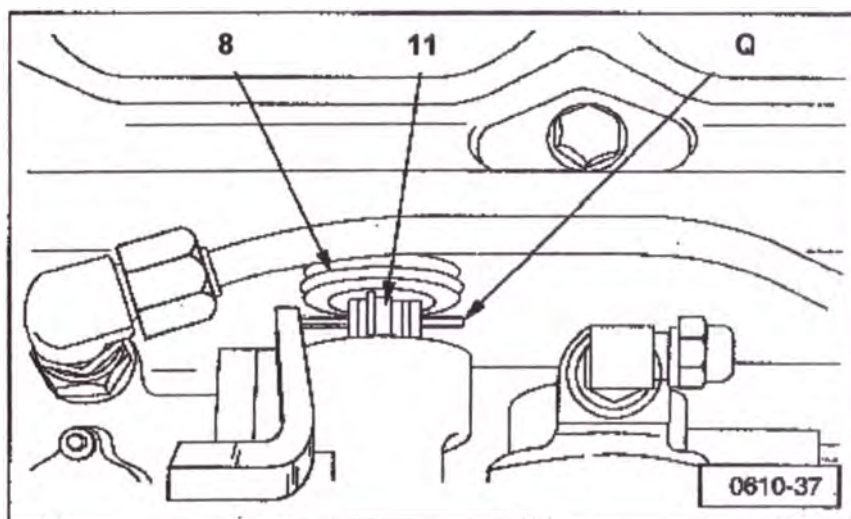


Figura N° 3.21: Instalación de pasador (Q) en el eje de salida del Gobernador MUI.

- Instale el conjunto pasador de ajuste de combustible 128-8827 (Q), en el pasador de eslabón (11) del eje de salida del gobernador.
- Instale la herramienta de sujeción 130-2711 (M), para sujetar el conjunto de pasador de ajuste de combustible (Q) muy firmemente contra la cara de calibración de la caja del gobernador (12).



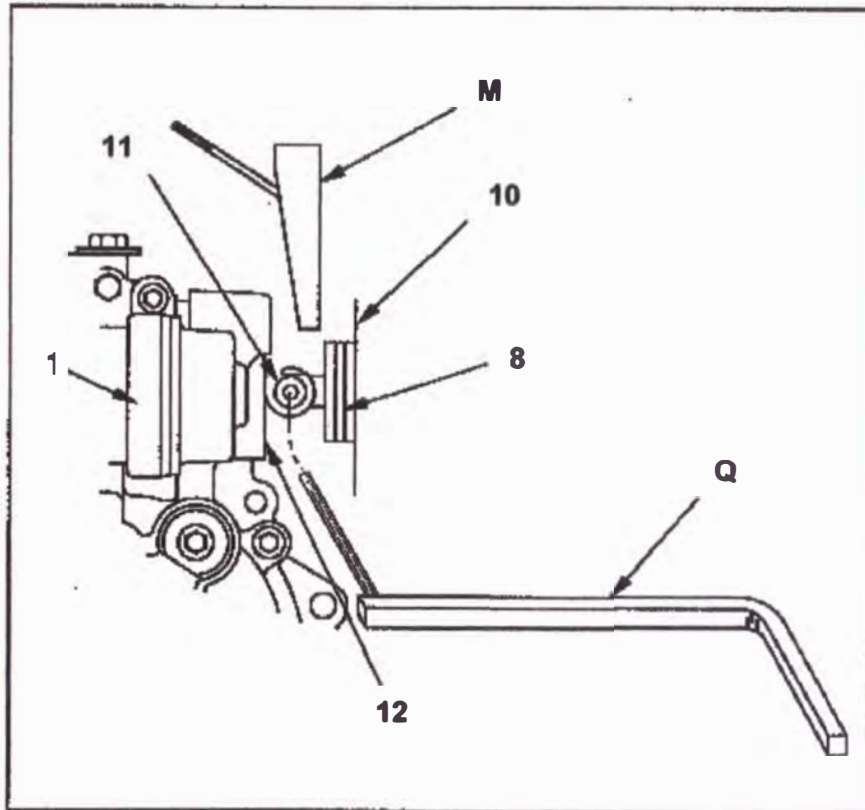


Figura N° 3.22: Instalación de la herramienta de sujeción (M)

- Empuje hacia abajo la palanca de la cremallera (13) y suéltela rápido. "Sacuda" la palanca varias veces de esta manera se cerciora de que hay un movimiento suave de la cremallera del inyector.

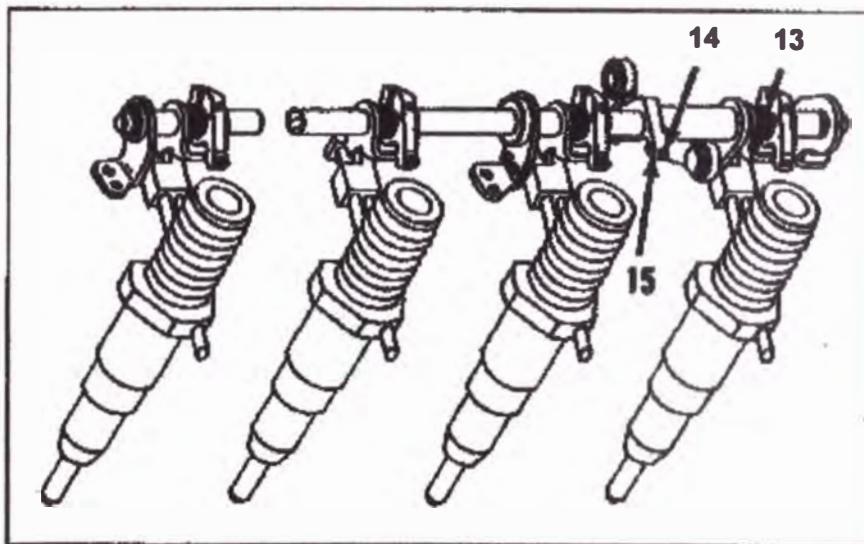


Figura N° 3.23: Accionamiento de inyectores

- Consulte en la “**Placa de Información del Motor**” o en el “**TMI**” indicado en la **Tabla N° 2.5**, para obtener la información del ajuste correcto de combustible.
- Si la lectura en el indicador digital está dentro de  $\pm 0.25\text{mm}$  del ajuste de combustible especificado quite del motor las herramienta de sujeción (M) y el conjunto de pasador de ajuste de combustible (Q). Use Alicates 6V-0006 (N), para deslizar el manguito (8) devuelta en el regulador (Lubrique el sello anular en el manguito con el aceite de motor si es necesario). Instale la grapa (7). Quite el dispositivo del indicador (B) y el indicador (E), instale el perno (1) en la base de las válvulas del motor y ajústelo con un par de apriete de  $25 \pm 7 \text{ N.m}$ .
- Si la lectura en el indicador digital está fuera de  $\pm 0.25\text{mm}$  del ajuste de combustible especificado es necesario efectuar la calibración. Use la llave 1U-6673 (T) o una llave de ajuste 1U7299 (O)/1U7300 (P) para aflojar la tuerca del tornillo de ajuste de combustible (14). Ajuste el tornillo hasta que el indicador muestre el ajuste correcto de máxima potencia. Gire el tornillo (14) hacia la izquierda para obtener mas combustible o hacia la derecha para tener menos combustible. Obtenida el ajuste regresa al paso anterior.

**c) Comprobación del ajuste de válvulas del motor:** “No es necesario” un ajuste si la medida del juego de las válvulas está en la gama aceptable como se muestra en la Tabla N° 3.6:

**TABLA N° 3.6:** Rango Aceptable de juego de válvulas

<b>Admisión</b>	0,30 a 0,46 mm (0,012 a 0,018 pulg)
<b>Escape</b>	0,56 a 0,72 mm (0,022 a 0,028 pulg)

Fuente: Instrucción Especial - Número de Publicación SEHS3582-16

Si la medida no está dentro de esta gama, es necesario hacer un ajuste, según la siguiente tabla:

**TABLA N° 3.7:** Ajuste de válvulas especificado

<b>Admisión</b>	0,38 mm (0,015 pulg)
<b>Escape</b>	0,64 mm (0,025 pulg)

Fuente: Instrucción Especial - Número de Publicación SEHS3582-16

Concluido correctamente el procedimiento indicado en los pasos 1, 2 y 3 se puede decir que el motor está calibrado.

### 3.3 INSPECCION DEL ACEITE (ANÁLISIS DE ACEITE):

El Análisis Programado del Aceite permite prever fallas y detectar niveles de desgaste, pudiendo impedir que los problemas menores se vuelvan averías mayores. Este análisis nos da un índice de desgaste o apunta hacia un desgaste anormal, indicando la necesidad de algún tipo de acción tal como la necesidad de cambiar las practicas de mantenimiento o también la posibilidad de una reparación. Las pruebas que realiza el **Laboratorio Análisis de Fluidos de FERREYROS S.A.A.** son las siguientes:

**3.3.1 Detección de elementos de desgaste:** Se realiza mediante un Equipo Plasma ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo). Se detectan 22 elementos metálicos, Desgastes, Contaminantes y Aditivos: Cu, Fe, Cr, Ni, Ti, V, Cd, Ag, Pb, Sn, Al, Si, Na, K, Mo, B, Ba, Ca, Mg, Mn, P y Zn. La combinación de estos elementos manifiesta un normal o anormal desgaste de componentes de la máquina. Se aplica a los aceites de todos los compartimientos. Esta prueba controla la proporción de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Este Análisis de Desgaste se expresa en partes por millón (ppm) o miligramo/Litro (mg/Lt) y sólo detecta partículas hasta un tamaño de 10 micrones (10 u).

**3.3.2 Análisis de la condición del aceite:** El Análisis de la Condición del Aceite se determina mediante un Espectrofotómetro Infrarrojo. Esta prueba también se conoce como FT-IR (Fourier Transform Infrared Analysis), identifica y cuantifica componentes orgánicos al medir su absorción de luz infrarroja a la longitud de onda específica de cada componente orgánico. Este Análisis Infrarrojo (IR) compara muestras tanto de aceite usado como de aceite nuevo. Mide la cantidad de Hollín, Oxidación, Nitración y Azufre. También puede detectar contaminación con Agua, Combustible o Glicol. Estas cantidades son expresadas en porcentajes (%).

**a) Hollín (Soot).**- El Hollín sólo se encuentra en el aceite del motor. Es residuo insoluble parcialmente quemado que puede obstruir los filtros y espesar el aceite. Las condiciones que pueden acumular Hollín son las siguientes:

- Filtro de aire sucio o taponeado.
- Sobrecarga del motor.
- Marcha en vacío excesiva.
- Temperaturas frías del motor .
- Combustible de baja calidad.
- Aceleración excesiva / rápida.
- Paso de gases de los pistones al carter.
- Operación deficiente del inyector de combustible.

**b) Oxidación (Oxidation).**- Este proceso ocurre cuando las moléculas de oxígeno se unen químicamente con las moléculas de aceite (motor, transmisión e hidráulico). La oxidación hace que el aceite se espese, se formen ácidos orgánicos y obstruyan los filtros conduciendo al atascamiento de los anillos, formación de incrustaciones y barnizado. Esta reacción química se acelera debido a:

- Los agentes de oxidación en los gases de combustión de los motores diesel.
- Altas temperaturas.
- Presencia de cobre.
- Contaminación de glicol debido al refrigerante del motor.
- Intervalos prolongados de aceite.

c) **Nitración (Nitration)**.- La Nitración ocurre en todos los motores, pero generalmente representa un problema en los motores de gas natural. Si no se controla puede llevar a la obstrucción del filtro, a formar depósitos pesados en los pistones y también barnizados en las válvulas y pistones. Este proceso es producido por compuestos del nitrógeno, provenientes del proceso de combustión.

d) **Sulfatación (Sulfation)**.- El azufre está presente en todos los combustibles y es peligroso para todas las piezas y componentes del motor. Durante la combustión, el azufre del combustible se combina con el agua proveniente de la humedad del sistema formando ácidos. El ácido corroe todas las piezas del motor, pero es más peligroso para las válvulas, guías de válvulas, anillos de pistón y las camisas. El control de los ácidos en el cigüeñal del motor pueden ser afectados por:

- Combustibles con alto contenido de azufre.
- Humedad.
- Temperaturas de ambiente.
- Temperaturas de combustión.
- Cantidades máximas de aceite o ningún aceite.
- Niveles de BN (Base Number o Número de Base). BN: Cantidad expresada en términos del núm. equivalente de mg de base, que se

requiere para neutralizar todos los constituyentes ácidos presentes en un gramo muestra. BN se expresa en mg KOH/g aceite.

**3.3.3 Pruebas físicas:** Las pruebas físicas confirman la presencia de Agua, Combustible y Glicol en el Aceite.

**a) Presencia de Agua (Water).**- La presencia y cantidad aproximada de agua se detecta por la "Prueba de Chisporroteo".

**Método Karl Fisher:** En un plato caliente (Hot Plate) a una temperatura Entre 230°F y 250°F. Se coloca una gota de aceite. La cantidad de chisporroteo indica la cantidad de agua presente (0.1%, 0.5%, 1.0% y +1.0%). Cualquier cantidad de agua mayor a 0.5% es excesiva. El agua combinada con el aceite crea una emulsión que obstruye el filtro. El agua y el aceite forman un ácido peligroso que corroe el metal. La contaminación con agua puede deberse a los siguientes factores:

- Condensación en el cárter.
- Fugas en el sistema de enfriamiento que permiten que el agua entre desde el exterior al sistema lubricante del motor.

**b) Presencia de combustible (Fuel).**- La contaminación con combustible se comprueba por la "Prueba de Destello".

**Método Setaflash:** En un Setaflash calibrado a una temperatura de 325°F se inyecta 4 ml de aceite motor en un recipiente cerrado del Setaflash y se cocina 2 minutos. Los vapores de combustible impulsados por el calor producirán destellos, si la dilución es igual o mayor que el 4.0%. La contaminación con combustible disminuye las propiedades lubricantes del aceite. La película de aceite pierde la firmeza necesaria para impedir el contacto de metal contra metal y puede llevar al deterioro de los cojinetes y agarrotamiento del pistón.

La dilución de combustible es producto de:

- El resultado de trabajo en vacío por un período extendido.
- Falla del sistema de combustible: inyectores, bombas o tuberías.

**c) Presencia de Glicol (Refrigerante o Anticongelante).**- La presencia de anticongelante se determina mediante una prueba química (añadir un reactivo químico a la muestra de aceite), si hay presencia de glicol, se producirá un cambio de color. El glicol causa oxidación rápida del aceite. El aceite oxidado se pone pegajoso y forma sedimento que obstruye el filtro. La presencia de glicol en el aceite, generalmente indica una fuga en el sistema de enfriamiento. Caterpillar especifica la no presencia de Glicol en el aceite, por ningún tipo de cantidad.

**3.3.4 Conteo de partículas:** Se utiliza como equipo un Contador de Partículas. Cuantifica y categoriza, según el tamaño, la cantidad de partículas existentes en el aceite hasta un tamaño de 100 micrones. Cuantifica tanto las partículas metálicas como las no metálicas. Este análisis se aplica a los aceites de sistemas cerrados y no al de un sistema abierto. Utiliza el Código ISO 4406 para definir los resultados del análisis (**Tabla N° 3.8**).

**TABLA N° 3.8**

**Códigos ISO 4406 – Rango para conteo de partículas por ml**

<b>CODIGO ISO</b>	<b>Mínimo (Incluido)</b>	<b>Máximo (Excluido)</b>
1	0,01	0,02
2	0,02	0,04
3	0,04	0,08
4	0,08	0,16
5	0,16	0,32
6	0,32	0,64
7	0,64	1,3
8	1,3	2,5
9	2,5	5,0
10	5,0	10
11	10	20
12	20	40
13	40	80
14	80	160
15	160	320
16	320	640
17	640	1300
18	1300	2500
19	2500	5000
20	5000	10000
21	10000	20000
22	20000	40000
23	40000	80000
24	80000	160000
25	160000	320000
26	320000	640000
27	640000	1300000
28	1300000	2500000

**FUENTE:** Guía de laboratorio de análisis de aceite de Ferreyros S.A.A.

**NOTAS:**

Los Códigos ISO en el reporte final del análisis de aceite se simbolizan de la siguiente forma: X/Y: donde: X: representa partículas mayores que 5 micras, Y: representa partículas mayores que 15 micras. Por ejemplo 23/21, donde:

X = 23, nos indica que existen de 40,000 a 80,000 partículas / ml mayores que 5u.

Y = 21, nos indica que existen de 10,000 a 20,000 partículas / ml mayores que 15u.



**3.3.5 Medida de la Viscosidad:** Es la resistencia del aceite al fluir. Es la cualidad más importante del aceite.

- A mayor viscosidad, mayor resistencia al fluir.
- A menor viscosidad, menor resistencia al fluir.

Es importante que el aceite tenga la viscosidad correcta a temperaturas altas y bajas en las que va a operar el compartimiento. Para medir la viscosidad de un fluido, se utiliza un aparato denominado "Viscosímetro". Existen 2 escalas de medición:

- A 40°C (Representa la temperatura de ambiente)
- A 100°C (Representa la temperatura de operación)

Las unidades de medición más comunes son:

- Centistokes (cSt), cuando la temperatura está dada en °C (Grados Celsius o Grados Centígrados)
- Second Saybolt Universal (SSU), cuando la temperatura está dada en °F (Grados Fahrenheit)

A mayor temperatura, la viscosidad tiende a disminuir. A menor temperatura, la viscosidad tiende a permanecer igual o aumentar. A continuación se muestra las viscosidades de aceites de diferentes compartimientos :

**TABLA N° 3.9:** Viscosidades de aceite mas empleados.

<b>ACEITES CATERPILLAR</b>			
<b>COMPARTIMIENTO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN API</b>	<b>GRADO VISCOSIDAD SAE</b>	<b>VISCOSIDAD (100°C)</b>
HIDRAULICO	TO-4	10W	6.0 cSt
<b>MOTOR</b>	<b>CI-4</b>	<b>15W40</b>	<b>14.1 cSt</b>
TRANSMISION	TO-4	30	11.6 cSt
MANDOS FINALES Y DIFERENCIALES	TO-4	50	18.5 cSt
ENGRANAJES	GL-5	80W90	14.6 cSt

**Índice de Viscosidad (VI)** .- No tiene unidad de medición (Adimensional). Es la resistencia del fluido al variar su viscosidad ante cambios de temperatura:

- A Mayor VI, el aceite no altera su viscosidad al variar su temperatura
- A Menor VI, el aceite altera su viscosidad al variar la temperatura.

**3.3.6 Índice PQ (Particle Quantity):** El PQ es un equipo automático para determinar cuantitativamente el nivel de partículas ferromagnéticas en muestras de aceites usados. Estas partículas ferrosas pueden provenir del acero, hierro o alguna aleación ferrosa que son mayores que 10 micras.

El PQ es una herramienta esencial en los programas de análisis de aceite usado ya que puede identificar partículas ferrosas grandes no detectadas por otras técnicas analíticas. El resultado es mostrado como un "Índice PQ". Este índice es una medida adimensional que puede relacionarse con los valores de los códigos ISO de la técnica del Conteo de Partículas y/o con las ppm obtenidas por el equipo ICP Plasma. Cabe resaltar que este tipo de análisis apunta especialmente a determinar el nivel de desgaste interno de todos los componentes de su máquinas permitiéndonos mayor precisión en el diagnóstico predictivo.

**ProScope:** es un producto de nivel profesional, que puede capturar imágenes estáticas o vídeo con un único clic mediante USB Shot, que viene con el microscopio, así como una lente de enfoque fija de 50x. Las imágenes estáticas se pueden guardar en diversos formatos y captura también vídeo en QuickTime.

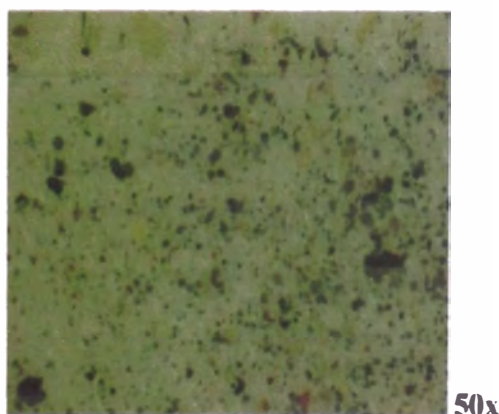


Figura N° 3.24: ProScope: Cámara profesional con Zoom Óptico 50x

**3.3.7 Reporte de análisis:** El Reporte de Análisis de Laboratorio presenta los resultados de las 6 últimas muestras de aceite. La interpretación incluye el Análisis de las Tendencias de todos los elementos. Maneja la base de datos, e historial de todo las máquinas registradas en el programa.

### 3.4 INSPECCIÓN A MOTOR ABIERTO

Para esta inspección es necesario estar equipados con herramientas y equipos especiales para evaluar dimensionalmente las piezas del motor tales como:

- 222-7876 : Caja de Herramientas Básica. (**Anexo N° 07**).
- ZOOM 10X: Cámara Fotográfica con un Zoom óptico de 10x
- 7F-4292 : Compresor de resortes de válvula: (**Anexo N° 09**).
- 6V-7898 : Medidor de diámetros internos (Cobra) (**Anexo N° 08**).
- 6V-7899 : Calibrador del Medidor de diámetros internos. (**Anexo N° 08**).
- Mitutoyo : Medidor de diámetros exteriores de 0 a 4 pulgadas.
- 8S-2263 : Probador de resortes de válvula. (**Anexo N° 12**).
- 6V-6035 : Durómetro. (**Anexo N° 15**).
- 198-9143 : Plastic gauge. (**Anexo N° 16**).
- 5P-2050 : Evaluador de bielas. (**Anexo N° 17**).
- 1U-6683 : Expansor de anillos. (**Anexo N° 18**).
- 9U-5931 : Evaluador de alojamiento de anillo del pistón. (**Anexo N° 19**).
- 5P-8637 : Soportes de cigüeñal (**Anexo N° 26**).
- 1U-5750 : Soporte para reparar motor (**Anexo N° 27**)
- 6V-7059 : Micrómetro de exteriores de 1 pulgada (**Anexo N° 28**).
- 6V-2012 : Micrómetro de profundidad de 0-9 pulgadas (**Anexo N° 28**).
- 8T-5096 : Indicador de juego axial y deflexión del cigüeñal (**Anexo N° 29**).
- 1U-6661 : Probador de presión de Inyector (**Anexo N° 31**).
- 1U-6662 : Grupo sujetador de inyector (**Anexo N° 31**).

Los datos obtenidos deben ser concluyentes en la determinación definitiva de la causa raíz que dio origen a la falla y deben precisar la totalidad de elementos, piezas o componentes deteriorados que se vieron consecuentemente afectados.

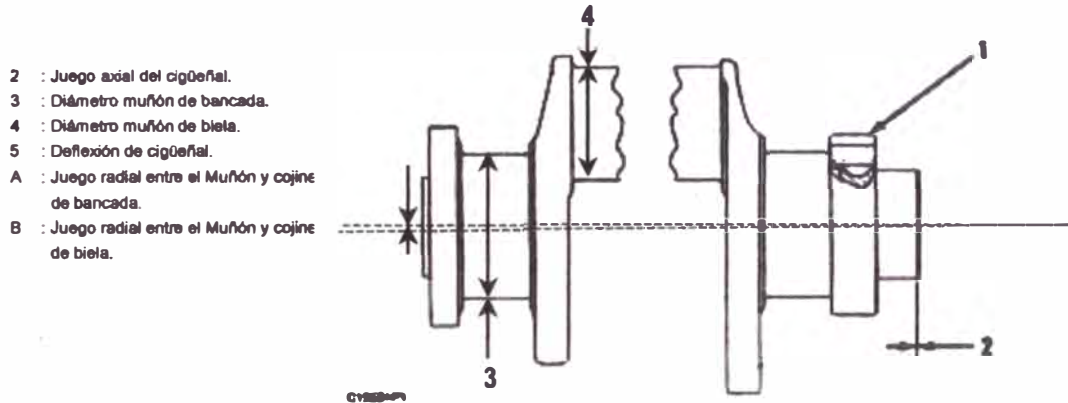
Los datos dimensionales obtenidos deben ser comparados con las dimensiones indicadas en el manual de especificaciones técnicas del motor (Número de Publicación : **SSNR3582**).

A continuación se muestran los reportes de inspección especificados por Ferreyros para la evaluación de los principales componentes del motor acondicionado para el modelo 3116T.

# Reporte de Inspección N° 01

## FORMATO DE INSPECCIÓN DE CIGUEÑAL DE MOTOR

oficina	Inspector			cliente		
nombre						
código						
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
		máquina				
		motor				



VALORES STANDARD RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE									
N° PARTE DEL CIGÜEÑAL	Dureza Rockwell	(2) Juego Axial (Pulg)	(5) Deflexión Max (Pulg)	(3) MUÑÓN DE BANCADA		(4) MUÑÓN DE BIELA			
				A (Pulg)	STANDARD EN Pulg.		B (Pulg)	STANDARD EN Pulg.	
					Diam. Min.	Diam. Max		DIAM. MIN	DIAM. MAX
105-1725	66 a 74	.003 a .013		.0021 a .0081	3.5425	3.5441	.0029 a .0088	2.7551	2.7587

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN											
(2) Juego Axial (Pulg)	(5) Deflexión (Pulg)	N°	(3) MUÑONES DE BANCADA				(4) MUÑONES DE BIELA				
			A (Pulg)	DIAMETROS		CONICIDAD	Dureza	B (Pulg)	DIAMETROS		CONICIDAD
				0°	90°			0°	90°		
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
		7									

### CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Fuente: Especificaciones técnicas del motor - Número de publicación: SSNR3582-16

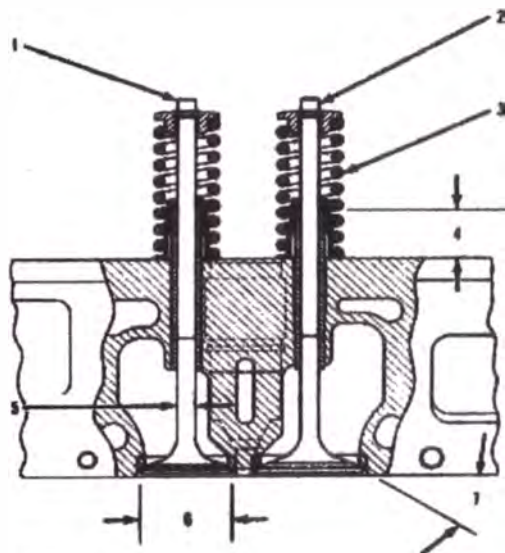
## Reporte de Inspección N° 02

### FORMATO DE INSPECCIÓN DE VÁLVULAS Y RESORTES DE ADMISIÓN Y ESCAPE

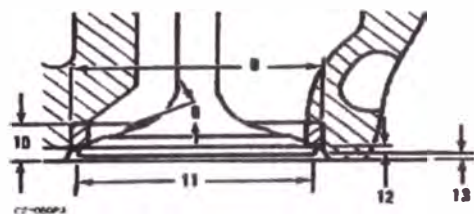
oficina	inspector			cliente		
nombre						
código						
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
		máquina				
		motor				

#### VALORES STD. RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE

N° PARTE	TIPO DE VALVULA	(4) Pulg	(5) MIN-Pulg.	(6) Pulg.	(7) Grados	(12) Pulg.	(13) MIN-Pulg.
6I-1581	ADMISIÓN	0.900±0.020	0.3138	1.850±0.005	28° 3/4 ± 1/4	0.071	0.045 ± 0.001
7W-2699	ESCAPE	0.900±0.020	0.3138	1.575±0.005	45° ± 1/4	0.059	0.050 ± 0.112



C25685P1



C2-060P2

#### VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN

CILIND	ADMISIÓN				ESCAPE			
	(4)	(5)	(6)	(7)	(4)	(5)	(6)	(7)
1								
2								
3								
4								
5								
6								

#### VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN

CILIND	ADMISIÓN			ESCAPE		
	12	13	3	12	13	3
1						
2						
3						
4						
5						
6						

- 4 : Altura Guía  
 5 : Diámetro de vástago, mínimo reutilizable.  
 6 : Diámetro de cabeza.  
 7 : Angulo de cara.  
 12 : Espesor de borde mínimo.  
 13 : Proyección de válvula (Profundidad)  
 3 : Carga mínima en Lb, para una longitud de 2.00 Pulg.  
 No debe ser menor de 193±10 lb.

#### CONCLUSIONES

---



---



---



---



---

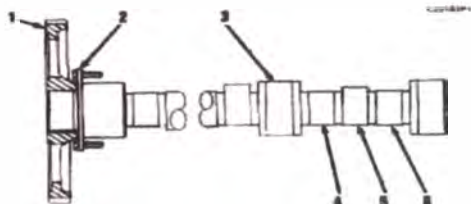
Fuente: Especificaciones técnicas del motor - Número de publicación: SSNR3582-16



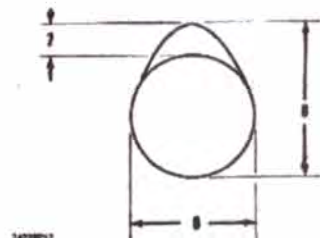
## Reporte de Inspección N° 04

### FORMATO DE INSPECCIÓN DE EJE DE LEVAS DE MOTORES

oficina	inspector			cliente		
nombre						
código						
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
		máquina				
		motor				



- (3) : muñón eje de levas.  
 (A) : Diámetro muñón eje de levas (3).  
 (B) : Diámetro de tunel eje levas menos frontal.  
 (C) : Diámetro de tunel eje levas frontal.  
 (D) : Juego axial máximo permisible (2)  
 (4) : Leva de admisión.  
 (5) : Leva de inyector.  
 (6) : Leva de escape.  
 (8) : Altura de leva.  
 (9) : Medida del círculo base.  
 (7) : Altura del lóbulo de la leva (8 - 9).



#### ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

N° Parte de arbol de levas:						
(A)	(B)	(C)	(D)	(7) Mínimo		
				ADM	ESC	INyec.
2.5840" ±0.0005"	2.7165" ±0.0015"	2.7559" ±0.0010"	0.025"	0.3647 ±0.0039	0.2937 ±0.0039	0.3832 ±0.0039

#### VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCION

	A	B	C	D		8	9	7	7 Esp.	7 - 7 Esp
1					1	ADM			0.3647	
2						ESC			0.2937	
3						INY			0.3832	
4					2	ADM			0.3647	
5						ESC			0.2937	
6						INY			0.3832	
7					3	ADM			0.3647	
						ESC			0.2937	
						INY			0.3832	
					4	ADM			0.3647	
						ESC			0.2937	
						INY			0.3832	
					5	ADM			0.3647	
						ESC			0.2937	
						INY			0.3832	
					6	ADM			0.3647	
						ESC			0.2937	
						INY			0.3832	

CONCLUSIONES:

---



---



---



---



---



---

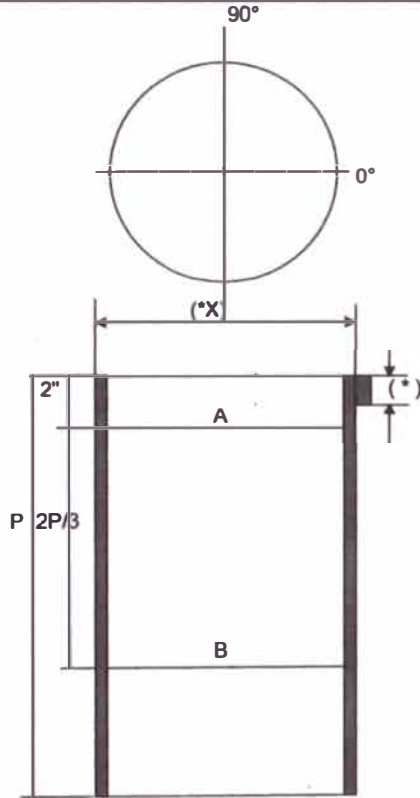
Fuente: Especificaciones técnicas del motor - Número de publicación: SSNR3582-16



## Reporte de Inspección N° 05

### FORMATO DE INSPECCIÓN DE CILINDROS DE MOTORES

nombre	oficina	inspector	cliente
código			
fecha de inspección	marca	módulo	modelo
		serie	arreglo
		horas	
		máquina	
		motor	



VALOR RECOMENDADO POR EL FABRICANTE
4.1350 ± 0.0010

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN				
CAMISA	A		B	
	0°	90°	0°	90°
1				
2				
3				
4				
5				
6				

**CONCLUSIONES:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

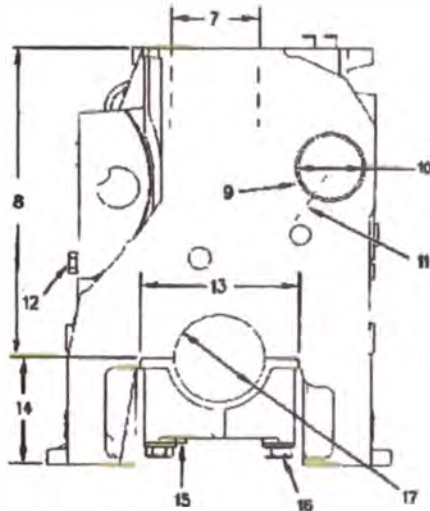
---

Fuente: Especificaciones técnicas del motor - Número de publicación: SSNR3582-16

## Reporte de Inspección N° 06

### FORMATO DE INSPECCIÓN DE MONOBLOCK DE MOTORES

	oficina	inspector			cliente		
nombre							
código							
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas	
		máquina					
		motor					



- (10) : Diámetro de tunel de eje de levas frontal.
- (17) : Diámetro del tunel de bancada.
- (D) : Torque de pernos de tapa 40+5 lb-pie + 90°+5°
- (A) : Lectura medida alojamiento bancada (0°) - (17)
- (B) : Lectura medida alojamiento bancada (90°) - (17)

VALORES RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE	
(10) Pulg.	(17) Pulg.
2.7559 ± 0.0010"	3.7402 ± 0.0005"

$$- 0.0005 \leq \frac{[A + B]}{2} \leq +0.0005$$

$$[A - B] \leq 0.001$$

N° BIELA	A Pulg.	B Pulg.	(A + B)/2 Pulg.	(A - B) Pulg.	10 Pulg.	17 Pulg.
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

**CONCLUSIONES:**

---

---

---

---

---

---

---

---

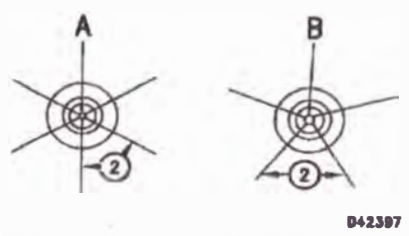
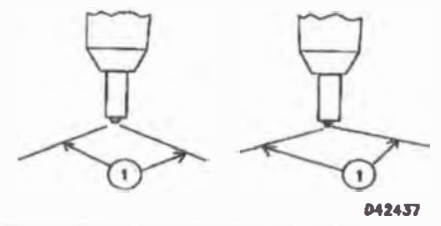
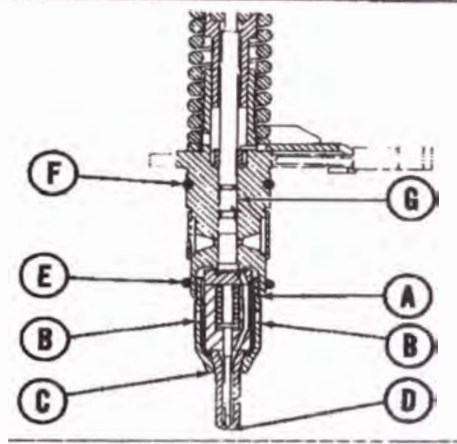
---

---

---

# Reporte de Inspección N° 07

FORMATO DE INSPECCIÓN DE INYECTORES MUI							
oficina		inspector			cliente		
nombre							
código							
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas	
		máquina					
		motor					



NUMERO DE PARTE DE INYECTOR:

TIPO DE INSPECCIÓN	NUMERO DE CILINDRO						OBS
	1	2	3	4	5	6	
<b>INSPECCION VISUAL:</b>							
1: DAÑO EN LA PUNTA							
2: DESGASTE EN CUERPO							
3: RALLADURA EN CREMALLERA							
4: PUNTA ROTA							
5: DESCOLORACIÓN U OXIDACIÓN							
6: SELLOS DETERIORADOS O ROTO							
7: DAÑO EN FILTRO DE REJILLA							
<b>PRUEBA DE GOTEÓ: (FUGAS)</b>							
1: UBICACIÓN "A":							
2: UBICACIÓN "B":							
3: UBICACIÓN "C":							
4: UBICACIÓN "D":							
5: UBICACIÓN "E":							
6: UBICACIÓN "F":							
7: UBICACIÓN "G":							
<b>PRUEBA DE ROCIO:</b>							
1: ANGULO DE ROCIO (1)							
2: ANGULO ESPACIAMIENTO (2)							
2: ORIFICIO TAPADO							

CONCLUSIONES:

---



---



---



---

Fuente: Anexo N° 31: Instrucción Especial N° SEHS9787

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LAS FALLAS**

El **Análisis de Falla aplicado**, se trata de la revisión minuciosa de hechos que conducen a la identificación de la “**Causa Raíz**” de los problemas. Mucho del análisis de fallas consiste en aplicar el conocimiento de principios básicos sobre las personas, administración, metalurgia, desgaste y fracturas. Estos principios básicos pueden aplicarse a cualquier producto o cliente en cualquier parte del mundo. Es muy importante acostumbrarse a lo largo de todo proceso a pensar y trabajar de manera ordenada.

#### **ANTES DEL ANÁLISIS**

**“Para trabajar ordenadamente debemos pensar ordenadamente”.**

#### **DURANTE EL ANÁLISIS**

**“Para pensar ordenadamente debemos trabajar ordenadamente”.**

El objetivo del análisis de fallas es diagnosticar fallas de manera precisa luego de que hayan ocurrido, para que la causa raíz del problema sea corregida adecuadamente. La meta es reducir los costos de reparación y los tiempos de parada de máquina. Existen tres partes principales envueltas en el desempeño exitoso de un producto:

**Fábrica:** La experiencia y énfasis de la fábrica están concentradas en brindar productos de calidad. Sus responsabilidades son: Diseño, Materiales, Mano de obra e identificación y Corrección de problemas.

**Distribuidor:** El distribuidor tiene responsabilidades de venta y servicio. Entre las responsabilidades de venta se encuentra la de asegurarse de que cada cliente entienda los

requerimientos de aplicación, producción y mantenimiento del producto. Las responsabilidades de servicio incluyen liderazgo en el análisis, identificación y corrección de problemas.

**Cliente:** Muchos problemas se pueden prevenir si ayudamos a que el cliente obtenga y entienda las indicaciones de aplicación, operación y mantenimiento de su producto. Esto le permitirá identificar señales de alerta, notificarlas a su distribuidor y tomar las acciones correctivas antes de la falla. Sus responsabilidades son: mantenimiento, operación, aplicación y asistir en la identificación del problema.

#### 4.1 METODO DE LOS OCHO PASOS

Para realizar un análisis correcto del problema, debe emplearse el método de “**Los pasos del Análisis de Fallas Aplicado**”. Cada uno de los pasos tiene su propósito. El omitir alguno de ellos o realizarlos en desorden puede conducir a un análisis inexacto y/o erróneo. Estos son:

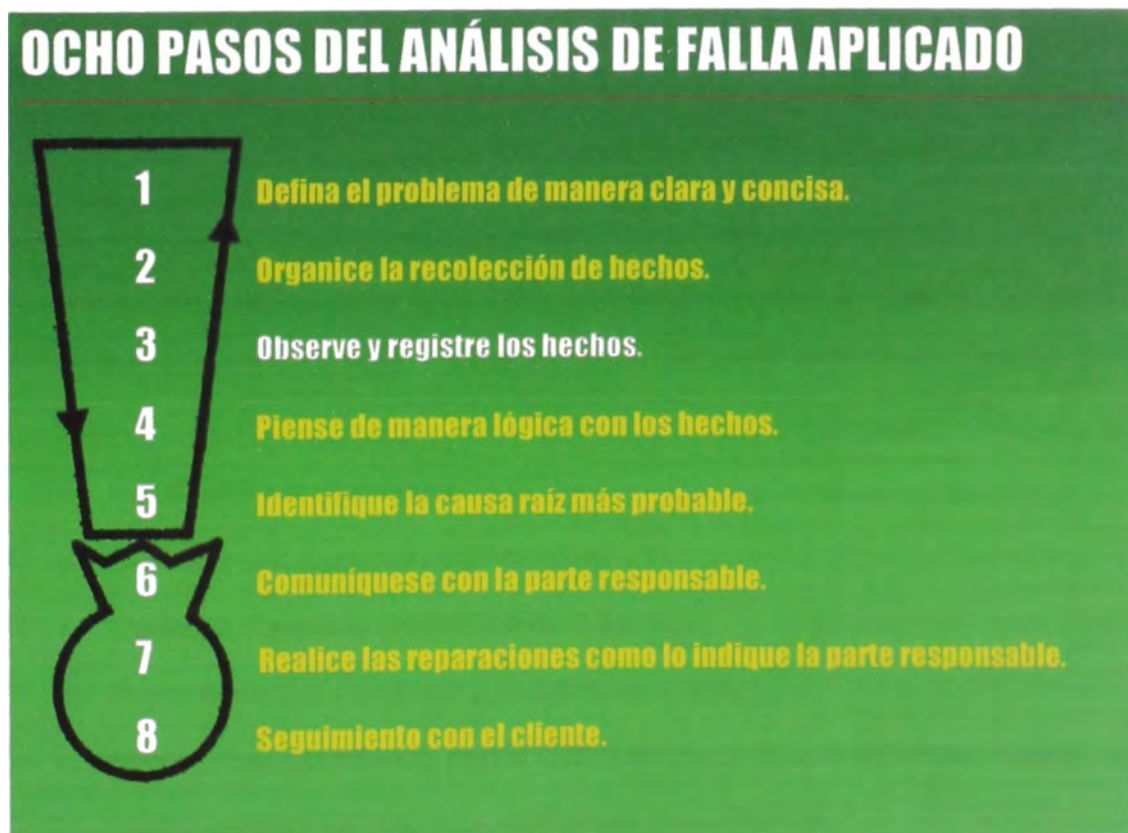


Figura N° 4.1: Ocho pasos del análisis de falla aplicado

a) **Paso N° 01: Defina el problema de manera clara y concisa:** A través de la definición del problema nosotros debemos obtener una idea de cual es el problema y registrarlo de manera clara y concisa. Se trata de “*cercar*” el “*área contaminada*”. Las definiciones del problema usualmente describen resultados. No debemos olvidar que nuestra meta final a través de los pasos posteriores del proceso de análisis de fallas es la de identificar la “*causa raíz*”.

b) **Paso N° 02: Organice la recolección de hechos:** La recolección de datos se facilita si nosotros buscamos razones lógicas para el problema y buscamos hechos en esas áreas primero. Debemos dirigir nuestra búsqueda a las áreas mas probables donde se puede encontrar la causa raíz, en algunos casos será necesario solicitar el apoyo de otros miembros del “equipo” para la recolección de datos. A lo largo de todo el proceso y en especial en este paso es importante no dejamos llevar por “ideas preconcebidas”, ni decir automáticamente que conocemos la “causa raíz” de un problema porque el resultado es similar a otra falla observada previamente. Pueden existir múltiples causas raíz para resultados similares. También es importante considerar que una falla puede ocurrir semanas o inclusive meses después de que se ha generado la “causa raíz”.

Si las causas raíz no son obvias debemos estar preparados a recolectar información de dos o tres meses atrás. Podemos recibir diferentes tipos de información, entre ellas:

- Falsa: Siempre equivocada.
- Suposiciones: A menudo equivocadas.
- Opciones: Evalúe la credibilidad de la fuente.
- Presentimientos: Conducen a exageración y error.
- Hechos: Las ocurrencias reales que buscamos. Solicite información sobre los hechos a través de preguntas cualitativas y cuantitativas.

c) **Paso N° 3: Observe y registre los hechos:** Los hechos deben ser observados luego de que las partes han sido limpiadas adecuadamente. Durante la limpieza de las partes debemos evitar a toda costa la pérdida de evidencias. Se debe usar de preferencia solvente y una brocha o escobilla fina y no métodos abrasivos o químicamente corrosivos. Los hechos deben ser registrados, ya sea mediante fotos, filmación, escritura, grabación de audio, etc. y deben ser mantenidos de manera ordenada. Para registro de información mas detallada pueden ser necesario el uso de un microscopio o lentes de aumento, así como fuentes de iluminación adicional.

d) **Paso N° 4: Piense de manera lógica con los hechos:** Se necesita pensar de manera lógica con los hechos para hacer más corto el proceso de análisis de falla. El pensamiento lógico permite filtrar los hechos y separar los resultados de las posibles causas raíz. Para facilitar este paso se recomienda usar los siguientes filtros:

- Primer filtro: Realizar un examen de partes dañadas e identificar en ellas si es que el daño apunta hacia un resultado o una causa raíz. Si encontramos una causa raíz, todos los daños pueden ser explicados. Si encontramos un resultado, algunos daños quedan sin explicación.
- Segundo filtro: Determinar si el comportamiento del problema es continuo, o esporádico. Un problema con un patrón continuo es aquél que se encuentra presente bajo todas las condiciones y conduce hacia causas raíz que generan un mal desempeño de manera continua, las cuales usualmente son resultado de temperaturas extremas, condiciones de combustible, clima u operación. Un problema con patrón esporádico es aquél que ocurre aparentemente de manera aleatoria, son los mas difíciles de resolver y algunas veces con mayor información pueden ser reclasificados como periódicos. Condiciones erráticas como terreno blando, clima cálido o frío, o humedad, pueden generar patrones esporádicos.

- Tercer filtro: Determinar la tendencia del problema. Según la tendencia este puede ser estable si la severidad del problema permanece igual (ni mejor ni peor), creciente si el problema se vuelve mas severo o decreciente si el problema se vuelve menos severo.

Estos tres filtros nos permiten dirigir nuestra búsqueda hacia el área que contiene la causa raíz. Mediante este paso podemos convertir los hechos en eventos que al ser colocados en una línea de tiempo nos permiten diferenciar aquellos que son resultados de aquellos que son causas. De esta manera podemos identificar al evento que desencadenó la falla.

- e) **Paso N° 5: Identifique la causa raíz más probable:** Esto se realiza haciendo una lista de todas las posibles causas raíz comenzando con la más probable hasta la menos probable. Luego debemos comparar cada causa raíz con la definición del problema y los hechos. Si se ha considerado la correcta causa raíz, todos los hechos encajan con el otro y explican el problema. Si ninguna de las causas raíz permite los hechos encajen, entonces es muy probable que la causa raíz no se encuentre en la lista, la definición del problema y los hechos. Es bueno consultar con los demás miembros del equipo de análisis de fallas para recoger sus ideas. Una vez que se ha identificado la causa raíz es muy fácil identificar a la parte responsable. Indistintamente que el cliente, el distribuidor o la fábrica pueden haber hecho algo que genere la falla, pero es la mayoría de casos las fallas son resultado de errores del cliente.
- f) **Paso N° 6: Comuníquese con la parte responsable:** Consiste en comunicar la causa raíz a la parte responsable y obtener las indicaciones para la acción correctiva:
- **Para causas raíz de fábrica:** Las comunicaciones hacia la fábrica incluyen los reportes de servicio, reclamos de garantía y/o contacto personal. Las



comunicaciones desde fábrica incluyen literatura de servicio (guía de garantías, cartas de servicio, etc.), contacto de las divisiones, etc.

- **Para causas raíz del cliente:** La comunicación con el cliente debe ser en persona, para asegurar la comprensión y acuerdo del cliente es necesario su compromiso para realizar los cambios necesarios en sus áreas de responsabilidad.
- **Para causas raíz del distribuidor:** Se recomienda también la comunicación en persona con el personal involucrado en la falla para asegurar el correcto entendimiento y compromiso para la implementación de la acción correctiva.

g) **Paso N° 7: Realice las reparaciones como lo indique la parte responsable:**

Luego de que se ha identificado la causa raíz, se ha contactado a la persona responsable, se ha realizado una comunicación adecuada para asegurar la comprensión, y se ha alcanzado un acuerdo en el tipo de reparación, costo y quién va a pagar; es necesario realizar las reparaciones de la manera en los plazos y costos acordados.

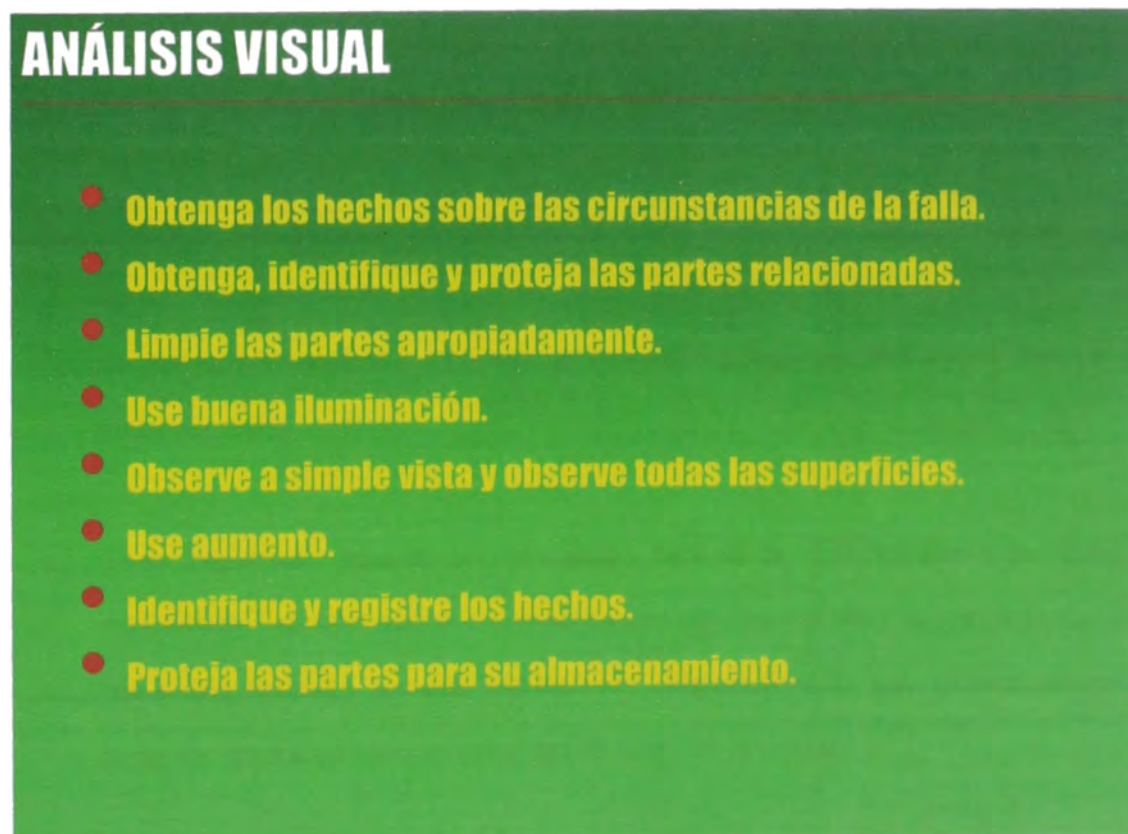
h) **Paso N° 8: Seguimiento con el cliente:** Es necesario realizar un seguimiento con el cliente luego de que las reparaciones se han realizado para asegurar:

- Que la causa raíz fue identificada y que la correcta acción correctiva fue tomada.
- Que el cliente esté complacido con el producto y el soporte que recibió.

Se debe realizar un primer seguimiento con el cliente dentro de la semana siguiente y un segundo seguimiento dentro del mes siguiente.

Los ocho pasos del análisis aplicado de fallas mencionados tienen un gran valor como método para el desarrollo de análisis de fallas. Los pasos 1 a 5 nos permiten filtrar la información obtenida y mediante el análisis identificar la causa raíz del problema. Muchas veces estos pasos tienen que repetirse hasta que se encuentre la verdadera causa raíz. Los pasos 6 a 8 nos permiten obtener la ganancia, es decir, ganar la credibilidad y confianza del cliente e incrementar nuestras ventas a corto y largo plazo. Solo se logrará realizar un correcto análisis de fallas si es que todas las partes involucradas siguen el método de "los ocho pasos". El gerente local del distribuidor debe ser el responsable de la organización, manejo y seguimiento al análisis de fallas.

Para desarrollar el análisis de falla aplicado, es necesario que el ejecutor del AFA tenga el conocimiento y la información referente a "*Inspección Visual*". El proceso de inspección visual incluye:

Una infografía con un fondo verde oscuro. En la parte superior izquierda, el título "ANÁLISIS VISUAL" está escrito en letras blancas, grandes y en mayúsculas. Debajo del título, hay una lista de ocho puntos, cada uno precedido por un pequeño círculo rojo. El texto de los puntos es de color amarillo brillante y está en un tipo de letra sans-serif. Los puntos describen los pasos para realizar una inspección visual efectiva.

## ANÁLISIS VISUAL

- **Obtenga los hechos sobre las circunstancias de la falla.**
- **Obtenga, identifique y proteja las partes relacionadas.**
- **Limpie las partes apropiadamente.**
- **Use buena iluminación.**
- **Observe a simple vista y observe todas las superficies.**
- **Use aumento.**
- **Identifique y registre los hechos.**
- **Proteja las partes para su almacenamiento.**

Figura N° 4.2: Análisis visual.

## 4.2 FALLAS DEL PRODUCTO

El objetivo de Caterpillar para desarrollar la teoría del “Análisis de Falla Aplicado”, en todas las empresas distribuidoras de su producto en el mundo, es la de otorgar a los responsables del análisis de falla, ya sea Ingenieros ó Técnicos, todos los conocimientos para diferenciar si el origen de la falla fue producto de errores de operación o mantenimiento por parte del cliente, producto de un error durante el mantenimiento o reparación por parte del mismo distribuidor y por último producto de defectos de material o proceso de manufactura en fábrica. Gracias a la aplicación del análisis de falla se han logrado descubrir problemas de material y manufactura que han permitido a Caterpillar desarrollar programas intensos de mejora del producto que en la mayoría de casos son ejecutados sin costo al cliente. A continuación se describen los problemas mas comunes producidos por defectos de material o proceso de manufactura en fábrica:

**4.2.1 Problemas de refinado en horno:** El mineral de hierro contiene algunas impurezas que no pueden removerse durante el refinado en el horno de fundición. La escoria que flota en la parte superior y que protege el metal derretido durante el refinado se puede empezar a mezclar con el metal. El ladrillo de horno que recubre los hornos de fundición puede derrumbarse y caer en el metal derretido.

Estas impurezas pueden ser atrapadas durante la solidificación y se llaman inclusiones. Las fracturas que comienzan en inclusiones algunas veces producen una huella distintiva, llamada “ojo de buey” (**Figura N° 4.3**). Esta toma su nombre de su similitud a un blanco con el ojo de buey en el centro.

Si las inclusiones se lamina, se forjan o se estiran por presión o se aplanan y alargan, se convierten en “venas” (**Figura N° 4.4**). En fracturas de superficie

estas inclusiones pueden ser reconocidas como líneas delgadas, rectas y planas tal como aparece en la fractura de este pasador de biela.

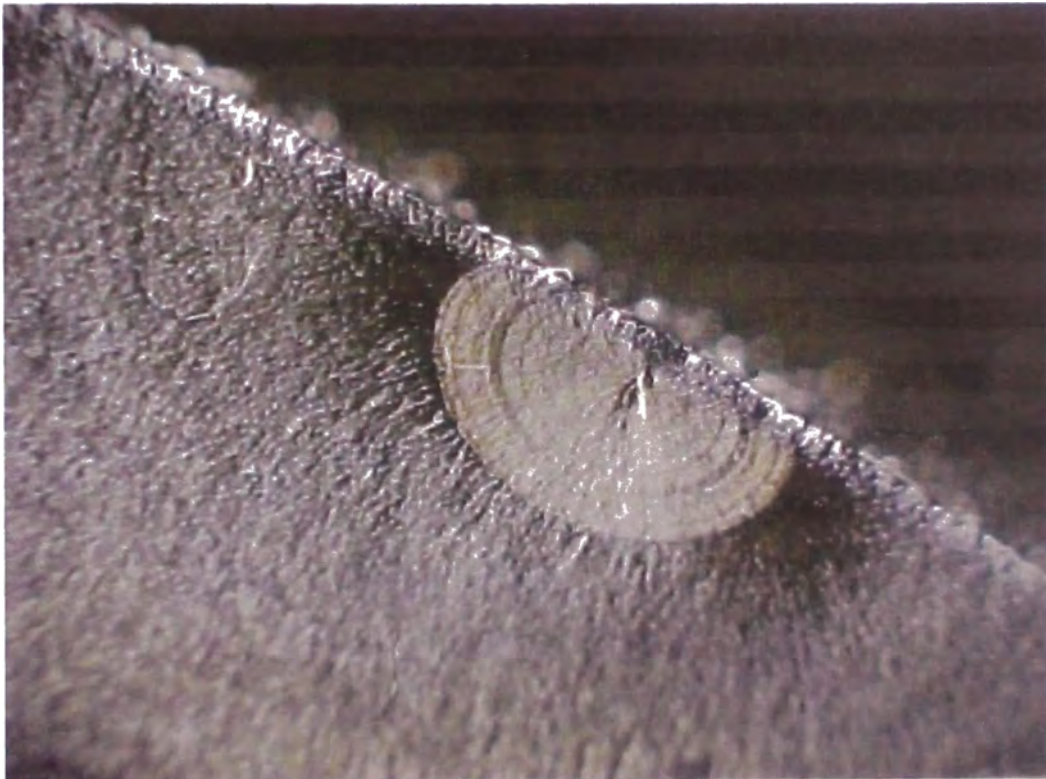


Figura N° 4.3: Problemas de refinado en horno: Ojo de Buey

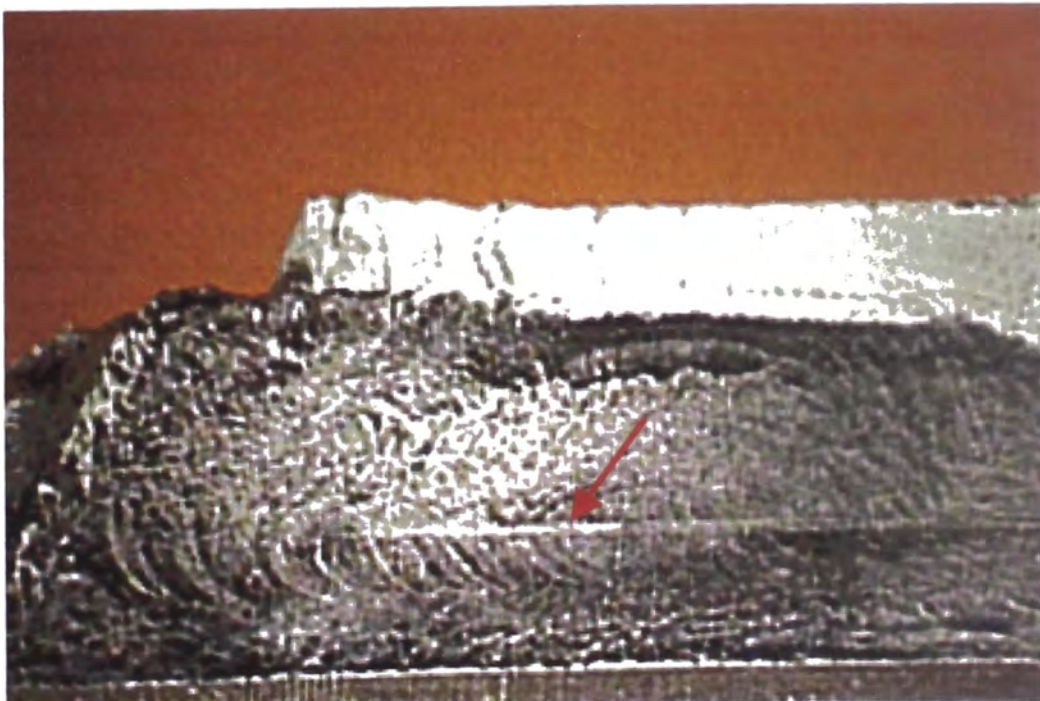


Figura N° 4.4: Problemas de refinado en horno: Venas

**4.2.2 Problemas de fundición :** Las fundiciones se producen vaciando metal líquido en un molde. A medida que el metal se enfría puede haber una fractura como resultado de un enfriamiento demasiado rápido o demasiado lento. Si no se dispone de metal líquido adicional para llenar el espacio, se presentarán “bolsas” (vacíos).



Figura N° 4.5: Problemas de fundición: Bolsas.

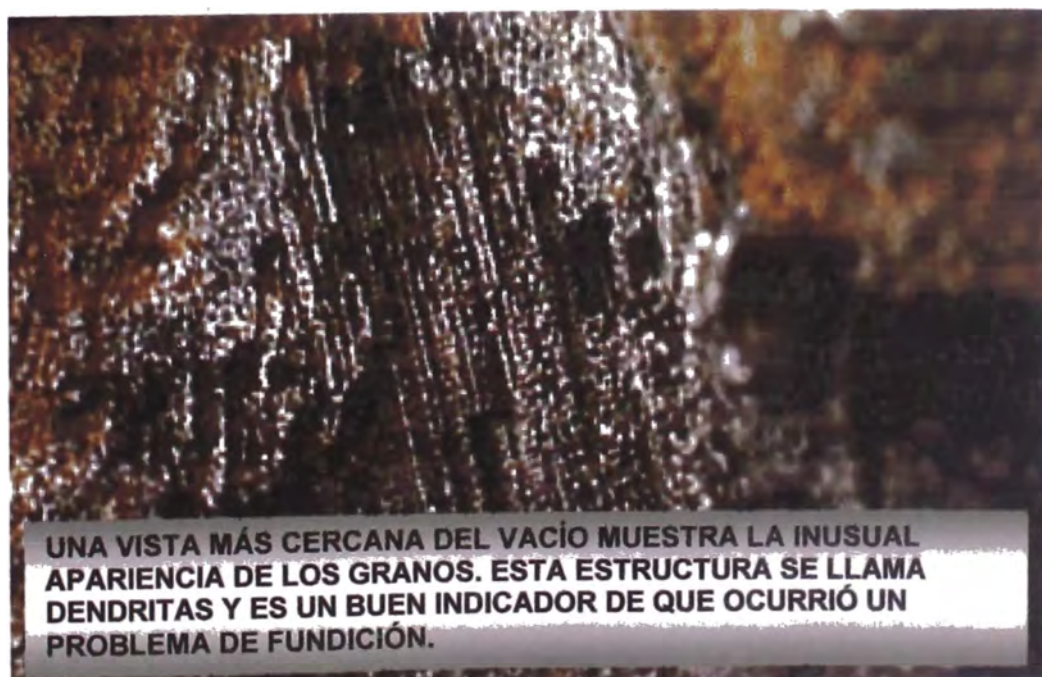


Figura N° 4.6: Problemas de fundición: Bolsas. (Acercamiento)

**4.2.3 Problemas de laminado, forjado, extrusión:** El proceso de laminado puede producir bolsas de contracción, costuras o láminas (astillas) en las piezas terminadas si la siderúrgica no controla la calidad del lingote, las temperaturas de laminado y el contenido de hidrógeno.



Figura N° 4.7: Problemas de laminado. (Bolsa de Contracción)



Figura N° 4.8: Problemas de Extrusión en frío. (Grietas)

**4.2.4 Problemas de tratamiento térmico:** Un tratamiento térmico inadecuado puede resultar en una variedad de problemas tales como agrietamiento por templado, piezas blandas y fragilidad.

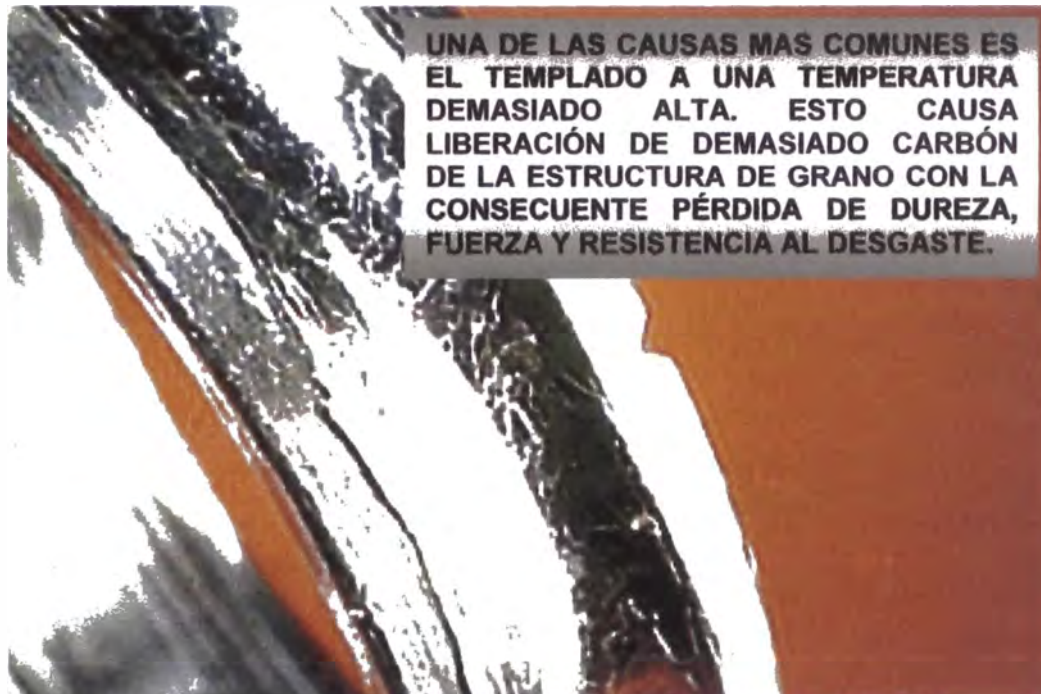


Figura N° 4.9: Problemas de Tratamiento Térmico. (Pérdida de dureza y resistencia al desgaste)



Figura N° 4.10: Problemas de Tratamiento Térmico. (Exceso de dureza – fragilidad)

**4.2.5 PROBLEMAS DE MAQUINADO:** Los problemas dimensionales ocurren cuando una herramienta se desafiló, se utiliza una herramienta inadecuada o el montaje de la máquina es incorrecto. El resultado final puede ser dimensiones que son incorrectas. Muchos de estos problemas son descubiertos y corregidos antes que el producto sea puesto en servicio. Pero ocasionalmente, ocurren errores que al final terminan con fallas de servicio.



Figura N° 4.11: Problemas de Maquinado. (Concentradores de esfuerzos)



## CAPITULO V

### APLICACIÓN DEL METODO PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LA FALLA

Se realizará el método de los ocho pasos del análisis de falla aplicado para determinar la causa raíz que produjo la falla. Para el desarrollo de este capítulo en el cual efectuaremos la evaluación a motor cerrado y motor abierto, será necesario proveerse de las siguientes herramientas básicas:

#### **MOTOR CERRADO**

- 1U-5470 : Evaluador de Presión del Motor (**Anexo N° 01**).
- 1U-6602 : Medidor de revoluciones (**Anexo N° 02**).
- 164-3310 : Medidor de temperatura (**Anexo N° 04**).
- 202-2301 : Equipo para extraer muestra de aceite (**Anexo N° 05**).
- 8T-2700 : Medidor de flujo de gases del respiradero (**Anexo N° 06**).
- 222-7876 : Caja de Herramientas Básica. (**Anexo N° 07**).
- 223-2454 : Equipo de calibración de motor 3100 (**Anexo N° 20**).
- ZOOM 10X : Cámara fotográfica digital con Zoom óptico 10x.

#### **MOTOR ABIERTO**

- 222-7876 : Caja de Herramientas Básica. (**Anexo N° 07**).
- 6V-7898 : Medidor de diámetros internos (Cobra) (**Anexo N° 08**).
- 6V-7899 : Calibrador del Medidor de diámetros internos. (**Anexo N° 08**).
- 7F-4292 : Compresor de resortes de válvula: (**Anexo N° 09**).
- 8S-2263 : Probador de resortes de válvula. (**Anexo N° 12**).
- 6V-6035 : Durómetro. (**Anexo N° 15**).

- 198-9143 : Plastic gauge. (**Anexo N° 16**).
- 5P-2050 : Evaluador de bielas. (**Anexo N° 17**).
- 1U-6683 : Expansor de anillos. (**Anexo N° 18**).
- 9U-5931 : Evaluador de alojamiento de anillo del pistón. (**Anexo N° 19**).
- 5P-8637 : Soportes de cigüeñal (**Anexo N° 26**).
- 1U-5750 : Soporte para reparar motor (**Anexo N° 27**)
- 6V-7059 : Micrómetro de exteriores de 1 pulgada (**Anexo N° 28**).
- 6V-2012 : Micrómetro de profundidad de 0-9 pulgadas (**Anexo N° 28**).
- 8T-5096 : Indicador de juego axial y deflexión del cigüeñal (**Anexo N° 29**)
- ZOOM 10X : Cámara Fotográfica digital con Zoom óptico 10x
- Mitutoyo : Medidor de diámetros exteriores de 0 a 4 pulgadas.

### **5.1 DEFINIENDO EL PROBLEMA DE FORMA CLARA Y CONSISA.**

Pérdida de potencia del motor. Esta falla se produjo intempestivamente manifestado por un sonido extraño en el motor.

## 5.2 ORGANIZANDO LA RECOLECCIÓN DE HECHOS.

Antes de empezar las evaluaciones efectuaremos nuestra organización de recolección de hechos mediante el siguiente diagrama de flujo:



### 5.3 OBSERVANDO Y REGISTRANDO LOS HECHOS.

#### 5.3.1 Inspección visual:

- **Determinación de fugas externas:**

No se apreció ninguna fuga de aceite, combustible, ni refrigerante.

- **Prueba de arranque en vacío y calado:**

Se dio el arranque preliminar pudiendo notar un sonido extraño a manera de martilleo a la altura del cilindros N° 06.

- **Determinación del color de los gases de escape**

Se pudo apreciar una coloración oscura (Humo Negro).

- **Conversación con el operador:**

El operador manifestó que existía presencia de humo gris desde dos meses atrás lo cual fue comprobado en la bitácora de la máquina y esto fue incrementando en el transcurrir del tiempo. El último día que fue a operar la máquina se presentó pérdida de fuerza, coloración mas oscura del humo y presencia de un sonido extraño en el motor.

#### 5.3.2 Evaluación con instrumentos:

Efectuando el procedimiento de evaluación con instrumentos explicado en el Capítulo III, se desarrolla la **Tabla N° 5.1**, el cual muestra la comparación de los parámetros reales tomados vs las medidas especificadas. Datos extraídos del **Capítulo II - Tablas N° 2.5**. A continuación explicamos las observaciones mas resultantes de esta evaluación con Instrumentos:

- Velocidad del motor cae a 1910 rpm cuando se lo cala.
- La presión del carter y caudal de gases están por encima de lo especificado lo que indicaría ingreso de gases de la combustión al carter.
- La presión del sobrealimentación (Boost) está medianamente baja lo que indicaría defectos en el turboalimentador.

- La presión de combustible en alta también está medianamente baja lo que indicaría inicio de falla en la bomba de transferencia y válvulas de las líneas de combustible.
- La temperatura del cilindro N° 06 está por encima del promedio normal.

**TABLA N° 5.1:** Resultados obtenidos de la evaluación con instrumentos

	PARÁMETROS	ESPECIFICADO		REAL	
		LOW	HIGH	LOW	HIGH
		En vacío	Cargado	En vacío	Cargado
01	Velocidad en vacío según TMI (RPM)	895	2346	850	2250
02	Velocidad con carga según TMI (RPM)	---	2200	---	1910
03	Presión de Lubricación según TMI (PSI)	27.7	87	35	81
04	Presión del carter max (Pulg de H <sub>2</sub> O)	1	1	1	1.5
05	Presión del boost según TMI (PSI)	---	21.3	---	19
06	Presión de combustible min. (PSI)	20	58	35	45
07	Blowby max. (L/MIN)	---	82 a 107	---	145
08	Temperatura del refrigerante - TMI (°C)	---	89 a 92	---	90
09	Delta "T" del refrigerante - TMI (°C)	---	5 a 10	---	8
10	T° Escape Cilindro N° 01 (°C)	---	---	---	260
11	T° Escape Cilindro N° 02 (°C)	---	---	---	262
12	T° Escape Cilindro N° 03 (°C)	---	---	---	264
13	T° Escape Cilindro N° 04 (°C)	---	---	---	260
14	T° Escape Cilindro N° 05 (°C)	---	---	---	263
15	T° Escape Cilindro N° 06 (°C)	---	---	---	310

**Notas:**

- Todos los datos son con carga a excepción del Parámetro N° 01.
- Los datos reales resaltados en "ROJO" están fuera de la especificación.

### 5.3.3 Análisis de aceite:

Usando el equipo adecuado se procede a la extracción de la muestra de aceite etiquetándola con los siguientes datos:

- Compartimiento : Motor.
- Tipo de aceite : 15W40 Marca Shell grado API CH.
- Horómetro de la máquina : 3,550 horas
- Horas de aceite : 215 horas
- Aceite de relleno : No hay consumo de aceite.
- Observaciones : Pérdida de potencia y sonido extraño.

Los resultados se muestran en la **Tabla N° 5.2**. La muestra es enviada a los laboratorios de análisis de aceite de FERREYROS Lima y los resultados son obtenidos en 24 horas después de recibida. El resultado indica:

- Presencia de Silicio (Polvo), podría estar ocasionando desgaste de Cobre/Hierro/Cromo/Cromo/Plomo/Estaño elementos que conforman Bocinas/Cilindros/Pistones/Anillos, se recomienda revisar filtros de aire.
- Aceite con baja viscosidad, posiblemente debida a dilución de combustible en el carter, se recomienda revisar relación aire combustible.
- Soot elevando (Hollín), Sulfatación y Nitración ligeramente altos.
- Se recomienda revisar temperaturas de operación y consumo de aceite.

**TABLA N° 5.2:** Resultado de análisis de aceite del motor



# ANALISIS DE FLUIDOS S-O-S

## Reporte de Componente & Lubricante

INFORMACION DEL EQUIPO		FM SERVICE INFORMATION	
Numero Equipo: UPP533	Marca de Motor: Caterpillar	Lugar Trabajo: ESTACION 5 - PETROPERU	
Marca de Equipo: Caterpillar	Modelo de Motor: 3116	Marca Aceite: SHELL	
Modelo de Equipo: 9509F	Serie de Motor: 7TS00910	Nombre Aceite: RIMULA	
Serie de Equipo: 2LM00875	O/T Cliente:	Visc En Etiqueta: 15W40	
Componente: MOTOR	O/T Ferreyros:	PM:	

PRESENCIA DE SILICIO PODRIA ESTAR OCASIONANDO DESGASTES DE COBRE EN EL MOTOR. PUEDE INDICAR PRESENCIA DE PARTICULAS FERROSAS. ACEITE CON BAJA VISCOSIDAD. SOOT ELEVADO. SULFATACION/STRACION LIGALTO. REVISAR RELACION AIRE/FUEL. REVISAR FILTROS DE AIRE. REVISAR TEMPERATURA DE OPERACION. REVISAR CONSUMO DE ACEITE. REVISAR PRESION/TEMPERATURAS DE LUBRICACION. DILUSION DE COMBUSTIBLE INDICARIA EXCESO DE COMBUSTIBLE EN LA CAMARA. EVALUAR COMPARTIMIENTO A LA BREVEDAD Urgent!!!! Urgent!!!!

Información de la Muestra			ANALISIS DE ELEMENTOS (Partes por Millón)																	ANALISIS FT-IR									
Fecha Muestreo	Numero Laboratorio	Horas / Km		Cu	Fe	Cr	Ni	Ti	V	Cd	Ag	Pb	Sn	Al	Si	Na	K	Mo	B	Ba	Ca	Mg	Mn	P	Zn	Condicion Aceite			
		Del Equip	De Serv																							Soot	CuBr	Am	Sul
04-02-06	7557073	3550	250	25	107	2	0	1	0	0	0	4	3	4	20	3	3	20	24	0	825	339	2	1009	1061	194	0	54	62
04-02-06	7557073	3550	250	25	107	2	0	1	0	0	0	4	3	4	20	3	3	20	24	0	825	339	2	1009	1061	194	0	54	62

HISTORIAL DEL ACEITE				CUENTA PARTICULAS (per 1 ml)										PO	ISO	PV	FISICOS		
Fecha Muestreo	Numero Laboratorio	Cambio		Visc @ 40°C	Visc @ 100°C	>5µ	>10µ	>15µ	>20µ	>25µ	>50µ	>75µ	>100µ	Particulas Fofonosas	Codigo ISO	Volumen Particulas	Resaca	Division Fuel	Agua
		Antes	Desp																
04-02-06	7557073	Unk	Unk	15W40	7.4									47			Neg	Pos	Neg
04-02-06	7557073	Unk	Unk	15W40	7.4									47			Neg	Pos	Neg

Esta muestra se tomó en el laboratorio S-O-S

ORVISA TARAPOTO  
Cod 0238657

**207557073 CATERPILLAR CERTIFIED - FULL SERVICE LABORATORY**

Fecha de Proceso SOS: 28/02/2006

Ferreyros SAA - Lab. Análisis Fluidos • Av. Industrial 675, Apartado 150, Lima-Perú • Telef: (511) 336-7070 • Fax: (511) 336-8844

### 5.3.4 Comprobación de la calibración del motor.

Para el desarrollo de esta parte es necesario contar con el equipo de calibración de esta familia de motores N° 223-2453 (**Anexo N° 20**).

Se obtuvo la siguiente tabla de valores encontrados y valores calibrados vs los valores especificados por el fabricante:

**TABLA N° 5.3: Calibración de motor**

N° de Cilindro	Sincronización de motor				Ajuste de combustible Espec: 7.30 ± 0.25 mm		Calibración de Válvulas Espec. Adm: 0.015" <0.012" a 0.018"> Espec. Esc: 0.025" <0.022" a 0.028">			
	Sincronización de inyector Tolerancia calibración: 0.05 mm		Sincronización de combustible Espec : 65.25 ± 0.20 mm				Valor Encontrado	Valor Calibrado	Valor Encontrado	
	Valor Encontrado	Valor Calibrado	Valor Encontrado	Valor Calibrado	Adm:	Esc:			Adm:	Esc:
N° 01	8.77 mm	8.77 mm	65.55 mm	65.25 mm	7.35 mm	7.30 mm	Adm: 0.019"	Esc: 0.023"	Adm: 0.015"	Esc: 0.025"
N° 02	8.59 mm	8.77 mm	65.55 mm	65.25 mm	---	---	Adm: 0.018"	Esc: 0.022"	Adm: 0.015"	Esc: 0.025"
N° 03	8.66 mm	8.77 mm	65.45 mm	65.25 mm	---	---	Adm: 0.018"	Esc: 0.021"	Adm: 0.015"	Esc: 0.025"
N° 04	8.65 mm	8.77 mm	65.50 mm	65.25 mm	---	---	Adm: 0.017"	Esc: 0.024"	Adm: 0.015"	Esc: 0.025"
N° 05	8.70 mm	8.77 mm	65.55 mm	65.25 mm	---	---	Adm: 0.016"	Esc: 0.022"	Adm: 0.015"	Esc: 0.025"
N° 06	8.68 mm	8.77 mm	65.60 mm	65.25 mm	---	---	Adm: 0.019"	Esc: 0.022"	Adm: 0.015"	Esc: 0.025"

Los resultados en Rojo indican parámetros fuera de la especificación.



A continuación explicamos las observaciones efectuadas durante el desarrollo de la calibración de motor:

- Al desmontar la tapa de balancines y dar arranque en vacío y calado, no se observó ninguna fuga de gases de escape entre los inyectores y sus sleeves respectivos instalados en la culata.
- También se efectuó un procedimiento acostumbrado con motor funcionando consistente en obturar los inyectores uno por uno, jalando la cremallera de cada inyector a la posición de combustible cortado con el fin de escuchar si un inyector tiene un sonido diferente al resto, lo que indicaría que ese inyector o cilindro tiene funcionamiento anormal. Se observó en todos los inyectores un cambio de sonido parejo a excepción del inyector N° 06.
- **Sincronización de inyección:** la medida tomada en los inyectores 2, 3, 4 , 5 y 6 estaban fuera de tolerancia respecto al inyector N° 01 (8.77 mm), se calibraron a esta medida.
- **Sincronización de combustible:** La medida estaba fuera de especificación (6.25 mm) en los inyectores 1, 2, 4 ,5 y 6. Se ajustó al valor especificado.
- **Ajuste de combustible:** se encontraba en el rango de trabajo correcto, sin embargo se consideró ajustarlo al valor especificado.
- **Calibración de válvulas:** En promedio estaba correcta salvo dos admisiones y un escape que estaban fuera del rango especificado. Se ajustó a la medida especificada.
- Efectuada esta calibración se dio arranque probando el motor en vacío y calado observando que continuaba la pérdida de potencia, humo negro en el escape y un sonido extraño a la altura del cilindro N° 06.
- Para descartar la posibilidad de que el inyector N° 06 esté defectuoso se procedió a intercambiarlo con el inyector N° 01 y después de efectuada todas las re-calibraciones el sonido extraño a la altura del cilindro N° 06 se mantenía.

### 5.3.5 Inspección a motor abierto

Efectuada todas estas evaluaciones a motor cerrado y al no tener claro el problema real en el motor (Causa Raíz y Consecuencias) se determina efectuar la evaluación a motor abierto. La inspección a motor abierto se hace de forma ordenada, minuciosa y con todas las herramientas y equipos requeridos según manual de servicio del fabricante con el fin de no perder evidencias que pueden ser contundentes para determinar la causa raíz:

- a) Se desmontó el filtro de aire observándolo que estaba recién limpiado y con vestigios de tener muchas horas de uso. Según información del operador el filtro tiene muchas limpiezas con aire comprimido y no guardan un registro del número de limpiezas. Es muy posible que el papel filtrante ya esté muy deteriorado:



Foto N° 5.1



Foto N° 5.2

Seguidamente se observó que los ductos de admisión presentaban una película de polvo en toda su superficie que son indicativos de que el filtro de aire no estaba cumpliendo eficientemente su función de filtraje.

- b) Seguidamente se levantó la culata observando gran cantidad de carbón y hollín en el área circular de los pistones y en la cabeza de los pistones que son indicios de que existía exceso de combustible en la cámara de

combustión, también se observa abrillantamiento de la superficie de todos los cilindros y mucho mas marcado en los cilindros N° 05 y 06.



Foto N° 5.3

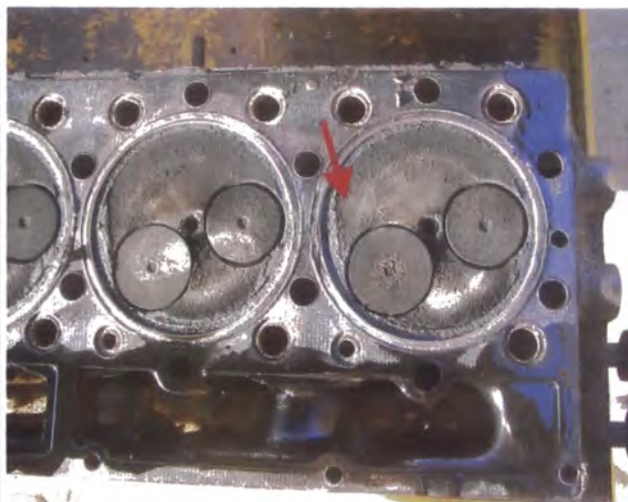


Foto N° 5.4

c) Seguidamente se desarmó la culata y se desmontó los conjuntos biela-pistón confirmando la presencia excesiva de carbón y hollín:



Foto N° 5.5



Foto N° 5.6



Foto N° 5.7



Foto N° 5.8



Foto N° 5.9



Foto N° 5.10

- d) Seguidamente se pasó a desarmar el turbo compresor observando que existe desgaste abrasivo en las bocinas por ingreso de partículas de polvo e inicios de rozamiento del impeller de admisión en el caracol.



Foto N° 5.11



Foto N° 5.12

- e) Luego desarmó los 06 conjuntos pistones de dos piezas: Cabeza (Crow As Piston) y Falda (Skirt As Piston), observando exceso de hollín en las cabezas de pistón y presencia de fisuras en el perímetro interno de la cabeza de pistón N° 06:

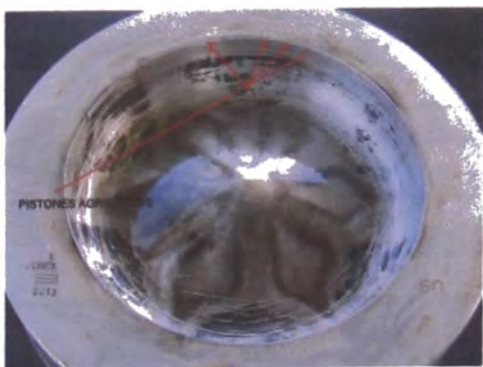


Foto N° 5.13



Foto N° 5.14

- f) Seguidamente se procedió a evaluar las Faldas de pistón encontrándolas 1 al 5 pulidas y la falda N° 06 con signos de rozamiento con el cilindro y fisurada en la parte inferior del agujero del alojamiento del pin de pistón como se muestra a continuación:



Foto N° 5.15



Foto N° 5.16



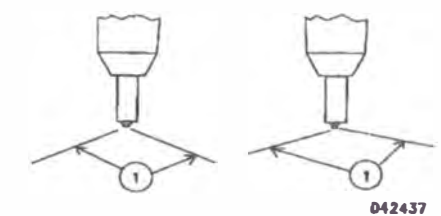
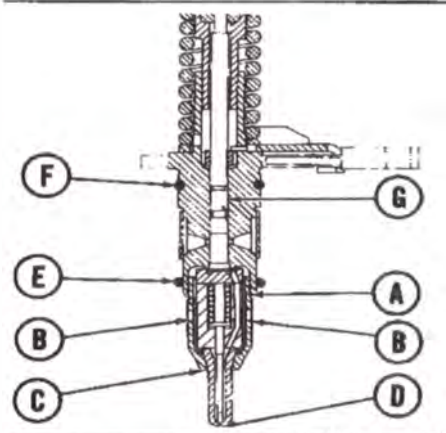
Foto N° 5.17

- g) El cigüeñal, árbol de levas, bomba de aceite, buzos, varillas, eje de balancines, no presentan signos de desgaste abrasivo o adhesivo ni signos de corrosión o recalentamiento en su superficie.

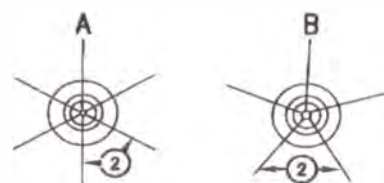
- h) Luego se evaluó los inyectores aplicando el formato de reporte de inspección N° 07 indicado del capítulo N° III:

**Tabla N° 5.4: Reporte de Inspección N° 07**

FORMATO DE INSPECCIÓN DE INYECTORES MUI						
oficina		inspector			cliente	
nombre	Tarapoto	Carlos Valverde Del Aguila			Petroperú S.A.	
código	10	0145				
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
10-Feb-07	CAT	máquina	950F	2LM00875	9U-1818	3,550
		motor	3116	7JS00910	112-9039	



042437



042397

NUMERO DE PARTE DE INYECTOR: **127-8216**

TIPO DE INSPECCIÓN	NUMERO DE CILINDRO						OBS
	1	2	3	4	5	6	
<b>INSPECCION VISUAL:</b>							
1: DAÑO EN LA PUNTA	No	No	No	No	No	No	Bien
2: DESGASTE EN CUERPO	No	No	No	No	No	No	Bien
3: RALLADURA EN CREMALLERA	No	No	No	No	No	No	Bien
4: PUNTA ROTA	No	No	No	No	No	No	Bien
5: DESCOLORACIÓN U OXIDACIÓN	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
6: SELLOS DETERIORADOS O ROTO	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
7: DAÑO EN FILTRO DE REJILLA	No	No	No	No	No	No	Bien
<b>PRUEBA DE GOTEÓ: (FUGAS)</b>							
1: UBICACIÓN "A":	No	No	No	No	No	No	Bien
2: UBICACIÓN "B":	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bien
3: UBICACIÓN "C":	No	No	No	No	No	No	Bien
4: UBICACIÓN "D":	12 Gotas	11 Gotas	13 Gotas	12 Gotas	14 Gotas	27 Gotas	
5: UBICACIÓN "E":	No	No	No	No	No	No	Bien
6: UBICACIÓN "F":	No	No	No	No	No	No	Bien
7: UBICACIÓN "G":	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bien
<b>PRUEBA DE ROCÍO: 6 AGUJEROS</b>							
1: ANGULO DE ROCÍO (1)	< 135°	< 135°	< 135°	< 135°	< 135°	< 135°	
2: ANGULO ESPACIAMIENTO (2)	60°	60°	60°	60°	60°	60°	Bien
2: ORIFICIO TAPADO	No	No	No	No	No	No	Bien

De este análisis se observa que las fugas por la locación "D" en los seis inyectores es mayor a 10 gotas en 30 segundos y la lectura mas alta reporta el inyector N° 06 con 27 gotas en 30 segundos (Chorro). También se observa que en todos los inyectores el ángulo de roció es menor a 135°.

Según la inspección visual se observa ligera des-coloración en todas las puntas de inyector. Luego comparando con aumento los agujeros de rocío del inyector N° 06 (Con goteo excesivo) y inyector N° 02 (El mejor), se observa que el N° 06 presenta mayor tamaño de agujeros.



Foto N° 5.18: Inyectores 02 y 06, con ligera des-coloración en las puntas.

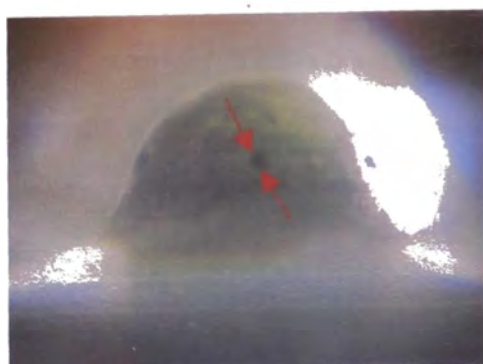


Foto N° 5.19: Ampliación punta inyect. 02

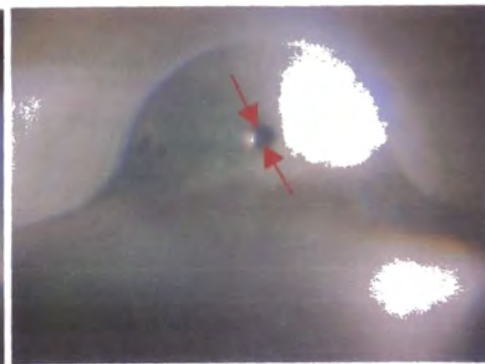


Foto N° 5.20: Ampliación punta inyect. 06

#### 5.4 ANALIZANDO DE MANERA LÓGICA LOS HECHOS

De todo lo evaluado se puede determinar lo siguiente:

- No se respeta el programa de mantenimiento diario en lo que respecta al motor de la máquina.
- Los inyectores de este modelo de motor atomizan el combustible a altas presiones que implican que el combustible tiene que ser de alta calidad y sin agua. Esto a la vez implica que el operador debe tener el hábito de purgar el separador de agua del motor todos los días antes de iniciar la jornada de trabajo y llenar de combustible el tanque al término de la jornada de trabajo para evitar la condensación de agua en el tanque; labores que no se están haciendo.
- El uso de combustible de baja calidad y contaminado con agua produjo el desgaste acelerado de los agujeros de las puntas de los 06 inyectores a las 3,550 horas, siendo la vida útil promedio de inyectores de 6,000 horas. El inyector N° 06 fue el más averiado. Esto queda evidenciado en la prueba de goteo, prueba de rocío y las fotos ampliadas N° 5.19 y 5.20.
- El exceso de combustible en la cámara de inyección también está evidenciado por la dilución de combustible encontrado en el análisis de aceite el cual hizo perder su viscosidad. A su vez la mala combustión por exceso de combustible y la humedad excesiva del ambiente produjo sulfatación y nitración del aceite. Estos eventos combinados produjeron deterioro del aceite.
- Otra prueba de que el inyector N° 06 estaba muy deteriorado e inyectaba combustible en exceso, lo que produjo aumento de temperatura de este cilindro N° 06, está evidenciado con la medida de la temperatura de este cilindro la cual estaba por encima del promedio de los demás.
- Todas las cabezas de pistón de dos piezas presentan ligeras fisuras producto de estar operando con exceso de combustible en todos los cilindros, sin embargo el cilindro N° 06 presenta mayores fisuras.



- Se observó que la falda del pistón N° 06 presenta superficie con rozamiento con el cilindro y fractura de la parte inferior del alojamiento del pin de pistón. Esta fractura fue producida por exceso de carga en el alojamiento del pin, debido a inicio de atascamiento del pistón con el cilindro por aumento excesivo de temperatura y dilatación del conjunto pistón-anillos. Debido a esta fractura se producía el sonido extraño a manera de martilleo en bajas revoluciones.
- Cabe resaltar que también hubo ingreso de tierra por la admisión debido a errores de mantenimiento por efectuar limpiezas muy seguidas del filtro de aire (Deterioro prematuro del filtro de aire). Esto contribuyó adicionalmente al deterioro del aceite y el rozamiento del pistón N° 06 con el cilindro por pérdida de lubricación.

#### **5.5 IDENTIFICANDO LA CAUSA RAIZ MAS PROBABLE.**

- La causa raíz de la falla fue no respetar el programa de mantenimiento diario según el manual de mantenimiento aplicado a este modelo de Cargador Frontal.
- El primer error de mantenimiento fue no purgar diariamente el separador de agua al inicio de la jornada de trabajo y no llenar el tanque con combustible al termino, para evitar la condensación del agua. Este error permitió el uso de combustible con agua produciendo la falla de los inyectores y en especial la del inyector N° 06.
- La falla del inyector N° 06 produjo deterioro del conjunto pistón, ocasionando la rotura de la parte inferior del alojamiento del pin que produjo el sonido extraño.
- El segundo error fue el de limpiar el filtro de aire muy seguido. El filtro de aire moderno de Caterpillar se cambia cada vez que se enciende la luz de restricción y nunca se limpia. Este error permitió deterioro del aceite e inicio de rozamiento de las paletas de admisión del turbocompresor por desgaste de bocinas lubricadas, lo cual está evidenciado por la baja presión de sobrealimentación.
- El ingreso de tierra por la admisión y el exceso de combustible en la cámara de combustión contribuyó al deterioro de las válvulas, insertos, guías de admisión y escape, cilindros, pistones y anillos.

## **5.6 COMUNICANDOSE CON LA PARTE RESPONSABLE**

Se efectuó el informe y se lo sustentó al cliente personalmente quedando claro que la responsabilidad de la falla es del área de mantenimiento de Petroperú y se coordinó en efectuar un curso de Operación y Mantenimiento aplicado de los nuevos modelos.

## **5.7 REALIZANDO LA REPARACIÓN COMO LO INDICA LA PARTE RESPONSABLE**

El cliente solicitó se presente el presupuesto de reparación al mínimo costo debido a que como la falla se produjo a las 3,550 horas, existe muchas piezas que se pueden reutilizar, para ello se efectuará la evaluación con instrumentos de medición según los formatos de Caterpillar y la aplicación de las guías de reusabilidad de partes, que son materia del Capítulo N° VI.

## **5.8 SEGUIMIENTO CON EL CLIENTE**

Después de la reparación la empresa Petróleos del Perú y la empresa Ferreyros llegaron a un acuerdo para ejecutar análisis de aceite de todos los sistemas de todo el parque de máquinas distribuidos en las estaciones de Petroperú. De esta forma se le está haciendo seguimiento constante de su funcionamiento.

## CAPITULO VI

### CÁLCULO DE COSTO MINIMO DE REPARACIÓN

#### 6.1 HERRAMIENTAS REQUERIDAS:

Las siguientes herramientas básicas, equipos de medición y herramientas especiales son necesarios para la evaluación y reparación del motor:

- 222-7876 :Caja de Herramientas Básica. (**Anexo N° 07**).
- 7F-4292 : Compresor de resortes de válvula: (**Anexo N° 09**).
- 6V-7898 : Medidor de diámetros internos (Cobra) (**Anexo N° 08**).
- 6V-7899 : Calibrador del Medidor de diámetros internos. (**Anexo N° 08**).
- Mitutoyo : Medidor de diámetros exteriores de 0 a 4 pulgadas.
- 166-7441 : Extractor de insertos de válvula. (**Anexo N° 10**).
- 6V-7770 : Des-instalador de guía de válvula. (**Anexo N° 11**).
- 8S-2263 : Probador de resortes de válvula. (**Anexo N° 12**).
- 143-2099 : Re-movedor de sleeves de inyector bomba. (**Anexo N° 13**).
- 1P-5545 : Re-movedor de bocinas de eje de levas. (**Anexo N° 14**).
- 6V-6035 : Durómetro. (**Anexo N° 15**).
- 198-9143 : Plastic gauge. (**Anexo N° 16**).
- 5P-2050 : Evaluador de bielas. (**Anexo N° 17**).
- 1U-6683 : Expansor de anillos. (**Anexo N° 18**).
- 9U-5931 : Evaluador de alojamiento de anillo del pistón. (**Anexo N° 19**).
- 223-2454 : Equipo para sincronizar inyectores bomba (**Anexo N° 20**).

- 1U-7326 : Calibrador de Gobernador (**Anexo N° 21**).
- 5P-5170 : Reacondicionador de Culata (**Anexo N° 22**).
- 187-1462 : Compresor de anillos de pistón (**Anexo N° 23**).
- 1U-7430 : Instalador de reten delantero de cigüeñal (**Anexo N° 24**).
- 1U-7598 : Grupo instalador de reten posterior de cigüeñal (**Anexo N° 24**).
- 126-8132 : Plancha guía para rectificar camisetas (**Anexo N° 25**).
- 5P-8637 : Soportes de cigüeñal (**Anexo N° 26**).
- 1U-5750 : Soporte para reparar motor (**Anexo N° 27**).
- 6V-7059 : Micrómetro de exteriores de 1 pulgada (**Anexo N° 28**).
- 6V-2012 : Micrómetro de profundidad de 0-9 pulgadas (**Anexo N° 28**).
- 8T-5096 : Indicador de juego axial y deflexión del cigüeñal (**Anexo N° 29**).

## 6.2 INSPECCIÓN DE COMPONENTES (PROCEDIMIENTO CATERPILLAR)

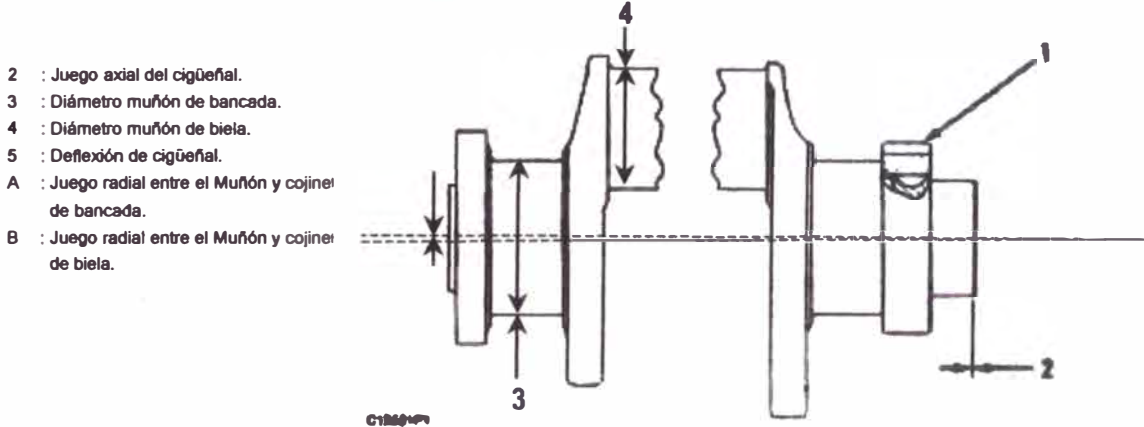
Para el desarrollo de este punto requeriremos los formatos establecidos por Caterpillar para la evaluación de cada componente y los manuales de reusabilidad de partes:

- a) **Inspección del Cigüeñal y metales de Biela y Bancada:** Reporte de Inspección N° 01 y Guías de reusabilidad de partes.
- b) **Inspección de Válvulas, Resortes, Guías y Seguros de válvula:** Reporte de Inspección N° 02 – Guía de reusabilidad de partes.
- c) **Inspección de Bielas y Bujes de Biela:** Reporte de Inspección N° 03 y Guía de reusabilidad de partes.
- d) **Inspección de Árbol de levas y buzos:** Reporte de Inspección N° 04 y Guías de reusabilidad de partes.
- e) **Inspección de Cilindros, pistones y pines:** Reporte de Inspección N° 05 y Guías de reusabilidad de partes.
- f) **Inspección de Monoblock:** Reporte de Inspección N° 06.

# Reporte de Inspección N° 01

## FORMATO DE INSPECCIÓN DE CIGÜEÑAL DE MOTOR

	oficina	inspector			cliente	
nombre	Tarapoto	Carlos Valverde Del Aguila			Petroperú S.A.	
código	10	0145				
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
10-Feb-06	CAT	máquina	950F	2LM00875	9U-1818	3,550
		motor	3116	7JS00910	112-9039	



VALORES STANDARD RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE									
N° PARTE DEL CIGÜEÑAL	Dureza Rockwell	(2) Juego Axial (Pulg)	(5) Deflexión Max (Pulg)	(3) MUÑÓN DE BANCADA			(4) MUÑÓN DE BIELA		
				A (Pulg)	STANDARD EN Pulg.		B (Pulg)	STANDARD EN Pulg.	
					Diam. Min.	Diam. Max		DIAM. MIN	DIAM. MAX
105-1725	66 a 74	.003 a .013		.0021 a .0061	3.5425	3.5441	.0029 a .0068	2.7551	2.7567

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN												
(2) Juego Axial (Pulg)	(5) Deflexión (Pulg)	N°	(3) MUÑONES DE BANCADA					(4) MUÑONES DE BIELA				
			A (Pulg)	DIAMETROS		CONICIDAD	Dureza	B (Pulg)	DIAMETROS		CONICIDAD	Dureza
				0°	90°				0°	90°		
0.008	0.0015	1	0.003	3.5439	3.5440	0.0001	70	0.003	2.7555	2.7554	0.0001	70
		2	0.003	3.5440	3.5439	0.0001	70	0.003	2.7555	2.7555	0.0000	70
		3	0.003	3.5439	3.5439	0.0000	70	0.003	2.7554	2.7554	0.0000	70
		4	0.004	3.5440	3.5440	0.0000	70	0.003	2.7554	2.7555	0.0001	70
		5	0.003	3.5438	3.5439	0.0001	70	0.003	2.7555	2.7555	0.0000	70
		6	0.004	3.5439	3.5440	0.0001	70	0.003	2.7554	2.7554	0.0000	70
		7	0.003	3.5439	3.5439	0.0000	70					

### CONCLUSIONES

Según resultados obtenidos y aplicando las gulas de reusabilidad N° SEBF8002 y N° SEBF8009, especificados por Caterpillar se concluye lo siguiente:

- Según las mediciones el cigüeñal se encuentra en STD en biela y bancada.
- Según la inspección visual de los muñones existen ligeras ralladuras que desaparecieron con lija fina por lo que no será necesario rectificarlo.
- Se debe cambiar los metales de biela y bancada y axiales en estandar

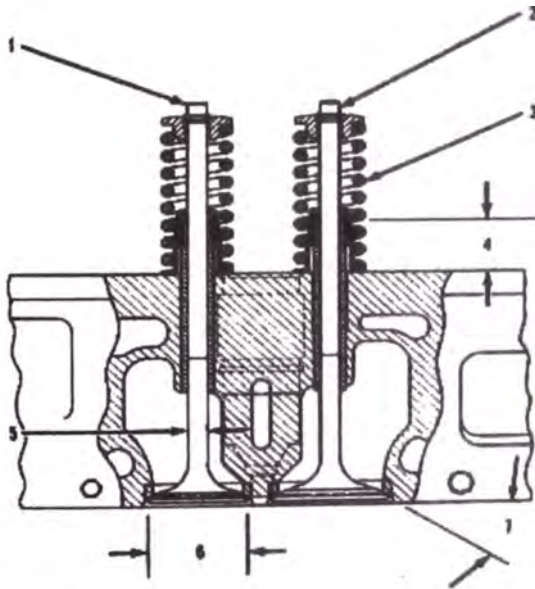
# Reporte de Inspección N° 02

## FORMATO DE INSPECCIÓN DE VÁLVULAS Y RESORTES DE ADMISIÓN Y ESCAPE

oficina	inspector		cliente			
nombre	Tarapoto	Carlos Valverde Del Aguila		Petroperú S.A.		
código	10	0145				
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
10-Feb-06	CAT	máquina	950F	2LM00875	9U-1818	3,550
		motor	3116	7JS00910	112-9039	

### VALORES STD. RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE

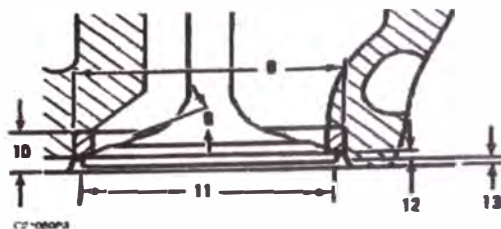
N° PARTE	TIPO DE VALVULA	(4) Pulg.	(5) MIN-Pulg.	(6) Pulg.	(7) Grados	(12) Pulg.	(13) MIN-Pulg.
6I-1591	ADMISIÓN	0.906±0.020	0.3136	1.850±0.005	29° 3/4 ± 1/4	0.071	0.045 a 0.081
TW-2699	ESCAPE	0.906±0.020	0.3136	1.575±0.005	45° ± 1/4	0.059	0.059 a 0.112



VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN								
CILIND	ADMISIÓN				ESCAPE			
	(4)	(5)	(6)	(7)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0.900	0.3148	1.849	30	0.895	0.3142	1.573	45
2	0.900	0.3145	1.849	30	0.895	0.3141	1.574	45
3	0.905	0.3146	1.850	30	0.895	0.3142	1.573	45
4	0.900	0.3145	1.849	30	0.895	0.3144	1.574	45
5	0.900	0.4144	1.850	30	0.895	0.3143	1.574	45
6	0.895	0.3145	1.849	30	0.895	0.3144	1.573	45

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN								
CILIND	ADMISIÓN			ESCAPE				
	12	13	3	12	13	3		
1	0.075	0.051	205	0.063	0.061	205		
2	0.074	0.052	200	0.062	0.062	205		
3	0.077	0.050	200	0.063	0.061	205		
4	0.074	0.048	205	0.061	0.060	210		
5	0.075	0.051	205	0.063	0.061	210		
6	0.075	0.049	205	0.064	0.062	205		

- 4 : Altura Guía  
 5 : Diámetro de vástago, mínimo reutilizable.  
 6 : Diámetro de cabeza.  
 7 : Angulo de cara.  
 12 : Espesor de borde mínimo.  
 13 : Proyección de válvula (Profundidad)  
 3 : Carga mínima en Lb, para una longitud de 2.00 Pulg.  
 No debe ser menor de 193+-10 lb.



### CONCLUSIONES

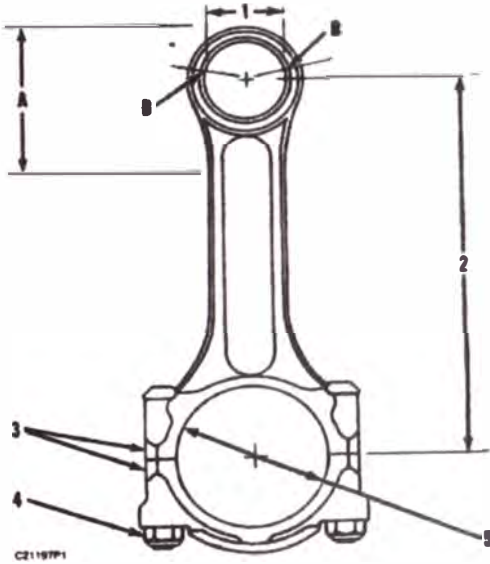
Según resultados obtenidos y aplicando la guía de reusabilidad de partes N° SEBF8002 especificado por Caterpillar se puede concluir lo siguiente:

- Según las mediciones tomadas las válvulas y resortes se encuentran dentro del rango especificado, pero cerca al límite mínimo, por lo que será necesario cambiar todas las válvulas y resortes de admisión y escape.
- Existe muchas picaduras en todos los insertos de válvula producto de melladuras y desgaste erosivo por ingreso de tierra por lo que se será necesario cambiarlos.
- Igualmente es necesario cambiar todas las guías y seguros de válvula.
- En los referente a las 06 conjuntos de mecanismos de válvula según las guías pueden ser reutilizables.
- No existe deflexión de la culata por lo que no será necesario cepillarla.

# Reporte de Inspección N° 03

## FORMATO DE INSPECCION DE BIELAS DE MOTORES

oficina		inspector			cliente	
nombre	Tarapoto	Carlos Valverde Del Aguila			Petroperú S.A.	
código	10	0145				
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
10-Feb-06	CAT	máquina motor	950F 3116	2LM00875 7JS00910	9U-1818 112-9039	3,550



- (1) : Diámetro de la bocina de pin de biela.
- (2) : Distancia entre centros.
- (5) : Diámetro de alojamiento del cojinete de biela.
- (C): Juego radial entre el muñón y el Cojinete de biela.
- (D): Torque de pernos de tapa.
- (A): Lectura medida alojamiento cojinete biela (0°) - (1)
- (B): Lectura medida alojamiento cojinete biela (90°) - (1)

VALORES RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE					
(1) Pulg.	(5) Pulg.	(2) Pulg.	(C) - Pulg.		(D) lb-pie
			MIN	MAX	
1.5759 ±0.0003	2.9527 ±0.0005	7.874	0.0021	0.0061	40 ± 5 +60° ± 5°

$$- 0.0005 \leq \frac{[A + B]}{2} \leq + 0.0005$$

$$[A - B] \leq 0.001$$

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN								
N° BIELA	A (0°) Pulg.	B (90°) Pulg.	(A + B)/2 Pulg.	(A - B) Pulg.	(1) Pulg.	(2) Pulg.	(C) Pulg.	(D) lb-pie
1	0.0003	0.0004	0.00035	0.00010	1.5759	7.874	0.003	40 + 60°
2	0.0004	0.0003	0.00035	0.00010	1.5759	7.874	0.003	40 + 60°
3	0.0004	0.0002	0.00030	0.00020	1.5759	7.874	0.003	40 + 60°
4	0.0001	0.0003	0.00020	0.00020	1.5759	7.874	0.003	40 + 60°
5	0.0002	0.0004	0.00030	0.00020	1.5759	7.874	0.003	40 + 60°
6	0.0001	0.0000	0.00005	0.00010	1.5759	7.874	0.003	40 + 60°

### CONCLUSIONES:

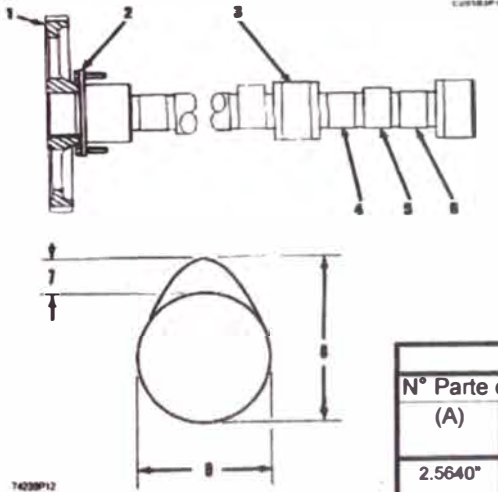
Según los resultados obtenidos y aplicando las guías de reusabilidad de partes SEBF8063, especificado por Caterpillar se concluye lo siguiente:

- Las 06 bielas están dentro de las especificaciones en el rango intermedio.
- Se revisó el alineamiento de las 06 bielas estando en buen estado, por lo tanto serán reutilizables.
- Solo será necesario cambiar los 06 bujes de pin de biela y los 12 conjuntos de perno y tuerca de biela.

# Reporte de Inspección N° 04

## FORMATO DE INSPECCIÓN DE EJE DE LEVAS DE MOTORES

oficina	inspector			cliente			
nombre	Tarapoto	Carlos Valverde Del Aguila			Petroperú S.A.		
código	10	0145					
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas	
10-Feb-06	CAT	máquina motor	950F 3116	2LM00875 7JS00910	9U-1818 112-9039	3,550	



- (3) : muñón eje de levas.
- (A) : Diámetro muñón eje de levas (3).
- (B) : Diámetro de tunel eje levas menos frontal.
- (C) : Diámetro de tunel eje levas frontal.
- (D) : Juego axial máximo permisible (2)
- (4) : Leva de admisión.
- (5) : Leva de inyector.
- (6) : Leva de escape.
- (8) : Altura de leva.
- (9) : Medida del círculo base.
- (7) : Altura del lóbulo de la leva (8 - 9).

ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE						
N° Parte de arbol de levas:						
(A)	(B)	(C)	(D)	(7) Mínimo		
				ADM	ESC	INyec.
2.5640° ±0.0005°	2.7165° ±0.0015°	2.7559° ±0.0010°	0.025°	0.3647 ±0.0039	0.2937 ±0.0039	0.3832 ±0.0039

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN										
	A	B	C	D		8	9	7	7 Esp.	7 - 7 Esp
1			2.7559	0.0200	1 ADM	1.9275	1.5661	0.3614	0.3647	-0.0033
2	2.5640	2.7165			ESC	2.0078	1.7126	0.2952	0.2937	0.0015
3	2.5640	2.7165			INY	2.1130	1.7323	0.3807	0.3832	-0.0025
4	2.5640	2.7165			2 ADM	1.9274	1.5659	0.3615	0.3647	-0.0032
5	2.5640	2.7185			ESC	2.0077	1.7125	0.2952	0.2937	0.0015
6	2.5640	2.7165			INY	2.1131	1.7326	0.3805	0.3832	-0.0027
7	2.5640	2.7165			3 ADM	1.9273	1.5650	0.3623	0.3647	-0.0024
					ESC	2.0077	1.7119	0.2958	0.2937	0.0021
					INY	2.1129	1.7318	0.3811	0.3832	-0.0021
					4 ADM	1.9277	1.5663	0.3614	0.3647	-0.0033
					ESC	2.0071	1.7125	0.2946	0.2937	0.0009
					INY	2.1125	1.7321	0.3804	0.3832	-0.0028
					5 ADM	1.9278	1.5660	0.3618	0.3647	-0.0029
					ESC	2.0075	1.7123	0.2952	0.2937	0.0015
					INY	2.1132	1.7324	0.3808	0.3832	-0.0024
					6 ADM	1.9272	1.5658	0.3614	0.3647	-0.0033
					ESC	2.0074	1.7123	0.2951	0.2937	0.0014
					INY	2.1132	1.7321	0.3811	0.3832	-0.0021

**CONCLUSIONES:**

Según resultados obtenidos en las mediciones y aplicando las guías de reusabilidad de partes N° SEBF8146 SEBF8067, especificados por Caterpillar, se concluye lo siguiente:

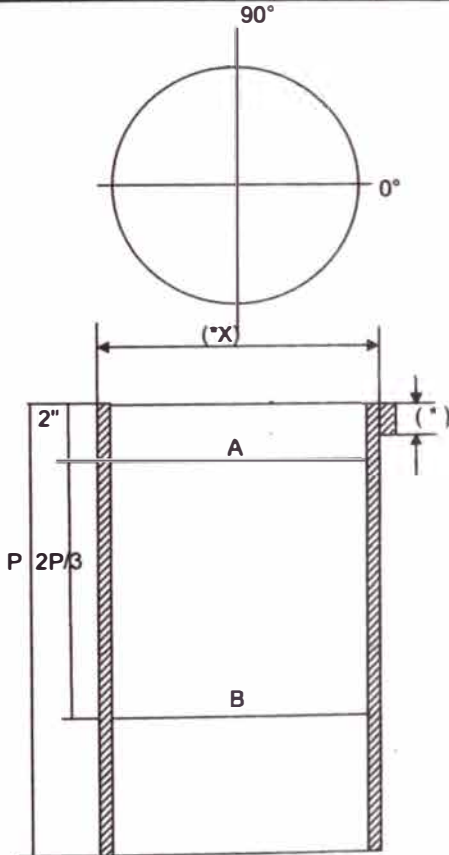
- El árbol de levas está dentro del rango especificado por el fabricante.
- Los desgastes en las levas son mínimos al igual que en los conjuntos de buzos por lo que será posible reutilizarlos.



# Reporte de Inspección N° 05

## FORMATO DE INSPECCIÓN DE CILINDROS DE MOTORES

oficina		inspector			cliente	
nombre	Tarapoto	Carlos Valverde Del Aguila			Petroperú	
código	10	0145				
fecha de inspección	marca	módulo	modelo	serie	arreglo	horas
10-Feb-06	CAT	máquina motor	950F 3116	2LM00875 7JS00910	9U-1818 112-9039	3,550



VALOR RECOMENDADO POR EL FABRICANTE
4.1350 ± 0.0010

VALORES ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN				
CAMISA	A		B	
	0°	90°	0°	90°
1	4.1341	4.1342	4.1340	4.1341
2	4.1340	4.1342	4.1341	4.1340
3	4.1340	4.1341	4.1342	4.1341
4	4.1340	4.1342	4.1340	4.1342
5	4.1338	4.1339	4.1339	4.1338
6	4.1339	4.1338	4.1339	4.1340

**CONCLUSIONES:**

Según resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- Todos los cilindros están abríllantados, producto de haber trabajado con exceso de combustible.
- Los cilindros 5 y 6 están fuera de especificación.
- Todos los cilindros están ovalados (Deformados) producto de haber operado con exceso de combustible que produjo un aumento de temperatura en todos los cilindros, por lo que es necesario barrenar los 06 cilindros para instalación de camisetetas.
- Según las guías de reusabilidad de partes N° SEBF8290 y SEBF8051 las seis cabezas de pistón (Crow as Piston) y 06 faldas de pistón (Skirt As Piston) con sus respectivos juegos de anillos y pines deben ser cambiador.





El resumen final de la evaluación de piezas determina básicamente lo siguiente:

**Sistema de Combustible:**

- Cambio de 06 inyectores bomba.
- Reparación de bomba de transferencia de combustible con cambio de Sleeve, pistón, válvula y resorte.
- Cambio de embolo y resorte de válvulas de las líneas de combustible.
- Cambio de filtros de combustible.

**Sistema de Admisión:**

- Cambio de filtros de aire, primario y secundario.
- Cambio de cuerpo central del turbocompresor (Cartridge)

**Sistema de Lubricación:**

- Cambio de pluger y resorte de bomba de aceite.
- Cambio de filtro de aceite.

**Monoblock:**

- Instalación de 06 camisas de cilindro, el cual consiste en barrenado de los 06 alojamiento de pistón, instalación de camisas postizas y rectificado de las mismas.
- Cambio de los 06 juegos de pistones de dos piezas, 06 pines de pistón, 06 bujes de biela y 06 juegos de anillos.
- Cambio de metales de biela y bancada en estandar.
- Cambio de bocinas del árbol de levas en el monoblock.

**Culata:**

- Cambio de válvulas de admisión y escape.
- Cambio de resortes de válvula de admisión y escape.
- Cambio de guía e insertos de admisión y escape.

**Otros:**

- Cambio de todos los kits de empaquetaduras.
- Cambio de aceite motor 15W40.

### 6.3 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE REPARACIÓN.

Concluida la inspección detallada de todos los componentes se procede a elaborar el presupuesto de reparación el cual incluirá el servicio técnico y todos los repuestos mínimos requeridos para recuperar el total de la vida útil del motor (12,000 horas).

Para la elaboración del listado de repuestos será necesario emplear al catálogo de partes (Número de publicación SEBP2315).

El cálculo del costo de toda la mano de obra y materiales consumibles se muestra en la Tabla N° 6.1:

**TABLA N° 6.1:** Cálculo del costo de la mano de obra.

DESCRIPCIÓN	Horas	N° de Mec.	Costo Hora en Dolares	Valor Venta en Dolares	Valor Venta en Soles
<b>CÁLCULO DEL COSTO DEL SERVICIO</b>					
- M/O ANALISIS DE FALLA	16	2	25.00	800.00	2,400.00
- M/O EVALUACION PARA REPARACIÓN	8	2	25.00	400.00	1,200.00
- SERVICIO TÉCNICO REPARACIÓN	40	2	25.00	2,000.00	6,000.00
- SERVICIO TÉCNICO MONTAJE Y PRUEBAS	8	2	25.00	400.00	1,200.00
- BARRENADO, INSTALACIÓN Y RECTIFICADO DE 06 SLEEVES (CAMISETAS) EN MONOBLOCK				240.00	720.00
- MATERIALES CONSUMIBLES				75.00	225.00
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>3,915.00</b>	<b>11,745.00</b>

TIPO DE CAMBIO S/. 3.00 / US\$

**Notas:**

M/O: Mano de Obra.

Tiempo de ejecución de los trabajos según tabla de mano de obra de Ferreyros.

El costo de los repuestos a emplear se muestra en la Tabla N° 6.2:

**TABLA N° 6.2:** Cálculo del costo de repuestos

N° ITEM	CANT	N° PARTE CATERPILLAR	DESCRIPCIÓN	VALOR VENTA UNITARIO DOLARES	VALOR VENTA TOTAL DOLARES	VALOR VENTA UNITARIO SOLES	VALOR VENTA TOTAL SOLES
<b>JUEGOS DE EMPAQUETADURAS</b>							
1	01	266-4325	CENTRAL LOWER	130.68	130.68	392.04	392.04
2	01	287-8472	FRONT STRUCTURE	71.49	71.49	214.47	214.47
3	01	137-6568	FUEL SYSTEM	134.40	134.40	403.20	403.20
4	01	129-6653	OIL COOLER LINES	35.23	35.23	105.69	105.69
5	01	224-4384	REAR STRUCTURE	86.64	86.64	259.92	259.92
6	01	130-1457	SINGLE CYLINDER HEAD	309.57	309.57	928.71	928.71
7	01	264-6903	TURBOCHARGER INSTALL	16.08	16.08	48.24	48.24
8	01	264-1260	WATER PUMP INSTALL	8.12	8.12	24.36	24.36
<b>4W-2197 - GRUPO CIGUENAL</b>							
9	01	212-4893	BEARING STD	43.46	43.46	130.38	130.38
10	03	101-1530	BEARING STD	24.96	74.88	74.88	224.64
11	03	107-7708	BEARING STD	24.96	74.88	74.88	224.64
<b>7E-2482 - GRUPO BLOQUE DE CILINDROS</b>							
12	01	216-5586	BEARING CAMSHAFT	15.71	15.71	47.13	47.13
13	06	2W-7213	BEARING CAMSHAFT	15.23	91.38	45.69	274.14
14	06	7C-6208	SLEEVE CYLINDER	102.97	617.82	308.91	1,853.46
<b>107-7639 - GRUPO PISTON Y BIELA</b>							
15	06	107-7545	CROW PISTON	107.48	644.88	322.44	1,934.64
16	06	238-2716	SKIRT PISTON	59.63	357.78	178.89	1,073.34
17	06	7C-3901	PIN PISTON	40.90	245.40	122.70	736.20
18	06	107-7787	RING TOP	20.34	122.04	61.02	366.12
19	06	7E-5786	RING INTERM	20.34	122.04	61.02	366.12
20	06	7C-5232	RING OIL	20.34	122.04	61.02	366.12
21	12	7C-0111	RETAINER	1.07	12.84	3.21	38.52
22	06	224-6638	BEARING STD	17.65	105.90	52.95	317.70
23	06	2W-0027	BEARING PIN	11.67	70.02	35.01	210.06
24	12	9N-3832	BOLT ROD	24.64	295.68	73.92	887.04
25	12	9L-7669	NUT ROD	4.11	49.32	12.33	147.96
<b>4P-8264 - GRUPO CULATA</b>							
26	02	2M-6471	PLUG	5.79	11.58	17.37	34.74
27	06	161-4280	VALVE INLET	32.82	196.92	98.46	590.76
28	06	136-0819	VALVE EXHAUST	29.23	175.38	87.69	526.14
29	24	1W-2715	LOCK	1.09	26.16	3.27	78.48
30	12	7C-4273	SPRING VALVE	11.48	137.76	34.44	413.28
31	12	9Y-8848	GUIDE	11.07	132.84	33.21	398.52
32	12	119-3036	SEAL	1.59	19.08	4.77	57.24
33	06	8M-5860	PLUG	3.11	18.66	9.33	55.98
34	06	1W-2713	INSERT EXHAUST	10.02	60.12	30.06	180.36
35	06	169-6862	INSERT INLET	14.30	85.80	42.90	257.40
36	06	119-3061	SLEEVE INJECTOR	6.36	38.16	19.08	114.48
<b>4P-8183 - GRUPO FILTRO DE ACEITE</b>							
37	01	1R-1807	FILTER OIL	14.80	14.80	44.40	44.40
38	02	242-3864	SPRING	6.32	12.64	18.96	37.92
<b>129-3587 - GRUPO FILTRO DE COMBUSTIBLE</b>							
39	01	1R-0753	FILTER FUEL	27.49	27.49	82.47	82.47
40	01	1R-0751	FILTER FUEL	16.44	16.44	49.32	49.32
<b>139-5837 - GRUPO LINEAS DE COMBUSTIBLE</b>							
41	01	5P-7813	SEAL	2.47	2.47	7.41	7.41
42	01	3N-3252	SPRING	4.54	4.54	13.62	13.62
<b>141-8288 - GRUPO VALVULA DE ALIVIO DE LAS LINEAS DE COMBUSTIBLE</b>							
43	01	2W-3294	PLUNGER	35.72	35.72	107.16	107.16
44	01	141-8287	SPRING	4.37	4.37	13.11	13.11
<b>4W-2195 - GRUPO BOMBA DE LUBRICACIÓN</b>							
45	01	2W-8078	PLUNGER	11.33	11.33	33.99	33.99
46	01	105-1805	SPRING	7.12	7.12	21.36	21.36

Continua .....

Sigue .....

N° ITEM	CANT	N° PARTE CATERPILLAR	DESCRIPCION	VALOR VENTA UNITARIO DOLARES	VALOR VENTA TOTAL DOLARES	VALOR VENTA UNITARIO SOLES	VALOR VENTA TOTAL SOLES
<b>105-5039 - GRUPO TURBOCOMPRESOR</b>							
47	1	100-6919	CARTRIDG	1,101.36	1,101.36	3,304.08	3,304.08
48	2	161-6963	CLAMP	7.13	14.26	21.39	42.78
49	3	7C-5802	PLATE	14.53	43.59	43.59	130.77
50	2	7C-6672	PLATE	75.46	150.92	226.38	452.76
<b>107-7732 - GRUPO INYECTORES DECOMBUSTIBLE</b>							
51	6	127-8216	INJECTOR PUMP	313.27	1,879.62	939.81	5,638.86
<b>7E-8794 - GRUPO BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE</b>							
52	1	7W-5615	SLEEVE A	244.76	244.76	734.28	734.28
53	1	4P-3953	PISTON	105.10	105.10	315.30	315.30
54	1	7C-5294	SPRING	5.90	5.90	17.70	17.70
55	2	7W-7383	VALVE	12.34	24.68	37.02	74.04
<b>106-1760 - GRUPO FILTRO DE AIRE</b>							
56	1	6I-2501	ELEMENT	57.00	57.00	171.00	171.00
57	1	6I-2502	ELEMENT	53.29	53.29	159.87	159.87
58	3	3E-9713	OIL 15W40 API CJ	47.09	141.27	141.27	423.81
TOTAL VALOR VENTA US\$					8,719.41	S/.	26,158.23
VALOR IGV US\$					0.00	S/.	0.00
VENTA TOTAL US\$					8,719.41	S/.	26,158.23

TIPO DE CAMBIO S/. 3.00 / US\$

Por lo tanto el presupuesto total de reparación del motor sería:

	DOLARES	NUEVOS SOLES
TOTAL COSTO DEL SERVICIO	: US\$ 3,915.00	S/. 11,745.00
TOTAL REPUESTOS CATERPILLAR	: <u>US\$ 8,719.41</u>	<u>S/. 26,158.23</u>
<b>TOTAL REPARACIÓN</b>	<b>: US\$ 12,634.41</b>	<b>S/. 37,903.23</b>

### CONCLUSIONES:

- Se presentó la propuesta técnico económica mas óptima al cliente.
- Mejor propuesta Técnica: Debido a que mediante el desarrollo de los ocho pasos del análisis de falla aplicado, se logró encontrar la causa raíz que originó la falla a través de los diversos métodos de diagnóstico desarrollándolos ordenadamente.
- Mejor propuesta económica: Debido a que con la aplicación de las especificaciones técnicas, herramientas de evaluación y la aplicación de las guías de reusabilidad se logró obtener el costo mas bajo de reparación.
- Otro valor que se entrega al cliente con el desarrollo del análisis de falla aplicado es el haber hecho evidente sus errores en el mantenimiento y operación en la máquina para que no se vuelva a producir.
- Efectuar una reparación sin identificar la causa raíz abre la posibilidad de que el componente pueda volver a fallar por la misma razón en un corto o mediano periodo de uso, produciendo al propietario mayores gastos y tiempos de parada de la maquinaria.
- Este procedimiento de Análisis de Falla Aplicado desarrollado en el presente estudio es un producto de venta que es muy bien aceptado y reconocido por clientes del sector privado y gubernamental con los cuales FERREYROS S.A.A. tiene muy buenas negociaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

### **CATÁLOGO DE HERRAMIENTAS DE SERVICIO:**

Autor: Caterpillar.

Número de publicación: NENG2500-08

Año de edición: 2006

Fuente: <https://sis.cat.com>; Dealer Service Tools Catalog / Engine Tools Section

### **CATÁLOGO DE PARTES DE MOTOR 3116**

Autor: Caterpillar.

Número de publicación: SEBP2315-32

Año de edición: 2001

Fuente: <https://sis.cat.com> : Estructura del documento / Identificación de piezas / Engine Arrangement / 112-9039 – Engine Ar.

### **CATÁLOGO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MOTOR 3116**

Autor: Caterpillar.

Número de publicación: SSNR3582-16

Años de edición: 2001

Fuente: <https://sis.cat.com> : Estructura del documento / Especificaciones / 3114, 3116 y 3126 Motores para máquina fabricadas por Caterpillar / Especificaciones.

### **CATÁLOGO DE DESARMADO Y ARMADO DE MOTOR 3116**

Autor: Caterpillar.

Número de publicación: SSNR3611-16

Años de edición: 2001

Fuente: <https://sis.cat.com>; Estructura del documento / Desarmado y Armado / 3114, 3116 y 3126 Motores para máquina fabricadas por Caterpillar / Desarmado y Armado.

### **CATÁLOGO DE ANÁLISIS DE FALLA APLICADO.**

Autor: Caterpillar.

Número de publicación: SEBF9066-00

Años de edición: 2005

Fuente: <https://sis.cat.com>; Estructura del documento / Applied Failure Análisis / The Failure Análisis Process

### **FORMATOS DE INSPECCIÓN DE PARTES DE FERREYROS.**

Autor: Ferreyros S.A.A.

Años de edición: 2006.

Fuente: <https://sis.cat.com> : Estructura del documento / Especificaciones / 3114, 3116 y 3126 Motores para máquina fabricadas por Caterpillar / Especificaciones.

### **GUÍA DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE FLUIDOS.**

Autor: Ferreyros S.A.A.

Años de edición: 2001

Fuente: Laboratorio de análisis de aceite de Ferreyros S.A.A.

**INFORMACIÓN DE MERCADOTECNIA - TMI**

Autor: Caterpillar.

Años de edición: 2001

Fuente: <https://sis.cat.com>: Información de mercadotecnia técnica del motor TMI Web.

**CATÁLOGOS DE REUSABILIDAD DE PARTES DE CATERPILLAR**

Autor: Caterpillar.

Número de publicación:

- SEBF8043: Inspección de cigüeñales – Año 1980.
- SEBF8002: Inspección de válvulas, resorte de motor, rotadores y seguros – Año 1983.
- SEBF8290: Inspección de pistones de dos piezas – Año 1996
- SEBF8303: Inspección de pines de pistón – Año 1996.
- SEBV0546: Inspección de bielas – Año 1988.
- SEBV0544: Inspección de metales de biela y bancada – Año 1988.
- SEBV0552: Análisis de fracturas – Año 1988.
- SEBV0554: Análisis de desgaste – Año 1988.
- SEBV0549: Principios de Metalurgia – Año 1988.
- SSBD0970: El refrigerante y su motor – Año 1989.
- SSBD0640: El aceite lubricante y su motor – Año 1995.
- SSBD0717: Los combustibles diesel y su motor – Año 1991.

Fuente: <https://sis.cat.com>: Estructura de documento / Pautas de reutilización y recuperación

# ANEXOS

# U-5470 Engine Pressure Group

SMCS Code: 1000-038, 1000-081, 1000-082, 1050-038, 1050-081, 1058-082, 1250-025, 1270-036, 1250-081, 1300-038

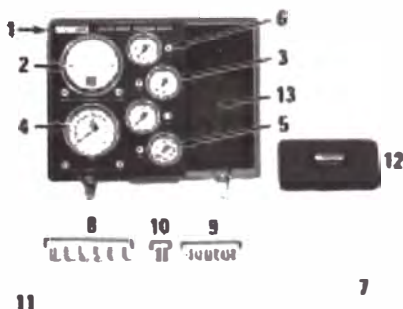
Model: All Models

Warranty: One Year

- Used to check performance of turbocharged diesel and natural gas engines and, with optional 1U-5554 Panel and 8T-0840 Pressure Gauge, to make operating adjustments to naturally aspirated gas engines
- Replaces discontinued 6V-3150 Engine Pressure Groups and 4S-6553 Engine Evaluation Test Group; contents of 6V-3150 still serviced, but contents of 4S-6553 no longer serviced; 6V-3150 can be upgraded to essentially same functional specifications of 1U-5470 by installing optional 1U-5554 Panel with either 0-200 kPa [0-60 inch mercury (Hg)] 1U-5469 Pressure Gauge (0-60 inch Hg) or 100-0-100 kPa (30-0-30 inch Hg) 8T-0840 Pressure Gauge
- Equipped with 4 different pressure gauges that indicate pressure relative to ambient atmospheric pressure; require no measurement corrections due to atmospheric pressure changes
- 8T-0848 Pressure Gauges used to measure fuel pressure, intake manifold pressure on turbocharged diesel engines, cooling system pressure and to power balance diesel engines in multiple engine applications (0-58 PSI)
- 8T-0846 Pressure Gauge used to measure oil pressure and air compressor cut-in and cut-out pressures (0-145 PSI)
- Chart in case lid used to convert kPa or PSI to inches of mercury as shown in Fuel Setting and Related Information microfiche
- 6V-6045 Accessories Case contains fittings that can be installed in all 1/8 inch NPT ports on Caterpillar Engines for setting up pressure taps for 1U-5470; 8T-0821 Tubing is easily connected to and disconnected from 1U-5470 panel and engine port fittings; internal O-ring seals tubing outer diameter and internal collet mechanism locks tubing into fitting
- Optional 8T-0840 Pressure Gauge used to measure intake manifold pressure on natural gas and gasoline engines and to power balance natural gas engines in multiple engine applications; mounts on optional 1U-5554 Panel Assembly which can be permanently installed in 1U-5470 Engine Pressure Group; 6V-4045 cannot be stored in 1U-5470 with optional gauge installed
- Optional slack tube 8T-0452 Water Manometer available for use with 1U-5470; measures static, vacuum, or differential pressure over range of 500 mm to 500 mm H<sub>2</sub>O for total range of 1000 mm H<sub>2</sub>O; stored in optional 8T-3153 Foam Block placed in lid of 8T-0841; optional 8T-3117 Foam Block can be used to store 8T-0452 in case lid of 6V-9450 Engine Pressure Group

8T-0848 Pressure Gauge range	400 kPa (58 PSI)
8T-0846 Pressure Gauge range	1000 kPa (145 PSI)
1U-5469 Pressure Gauge range of engine boost or positive intake manifold pressure	0 to 200 kPa (0 to 60 inches Hg)
8T-0839 Differential Pressure Gauge range	up to 12 kPa [50 inches water (H <sub>2</sub> O)], as well as either 12 kPa (1.74 PSI) pressure or vacuum
All other gauges in group read directly in	kPa and PSI
8T-0840 Pressure Gauge range	0 to 100 kPa (0 to 30 inches Hg)
Vacuum range	0 to -100 kPa (0 to -30 inches Hg)
Operating temperature range	-1°C to 60°C (30°F to 140°F) for differential pressure gauges. -18°C to 71°C (0°F to 160°F) for all other gauges
Gauge accuracy	±2 percent of full scale for differential pressure gauge. SAE Grade A (±1.5 to 1 percent of full scale for all other gauges).
Operating position	Position has no effect on differential pressure gauge, if gauge has been mechanically adjusted to ZERO in the test position. On all other gauges, position has no effect on accuracy.
Pressure media	Differential pressure gauge — clean air and gases only (no liquids). All other gauges — air, gases and liquids (oil, water, antifreeze, fuel, etc.).
Size	390 mm x 310 mm x 190 mm (15.4 in X 12.2 in x 7.5 in)
Weight	6.8 kg (15 lb)

**NOTE:** DO NOT use any acids or other highly corrosive liquids in the gauges.



Item	Part No.	Description
1	8T-0841	Case
2	8T-0839	Differential Pressure Gauge
3	8T-0846	Pressure Gauge
4	1U-5469	Pressure Gauge
5	8T-0848	Pressure Gauge (3)
6	4C-3974	Bulkhead Fitting (8)
7	8T-0821	Tubing, 16 m (52.5 ft)
8	4C-3973	Straight Connector (6)
9	4C-3972	Elbow Fitting (6)
10	C-3971	Union (2)
11	6V-6132	Cable Tie (4)
12	6V-6045	Accessories Case Form SEES5575 Accessories Label
13	6V-6115	Packing Set Base
Not shown		Form SEES5677 Conversion Chart
Not shown		Form NEEG2187 Title Decal



Optional 8T-0452 Water Manometer (SEHS8907, pg. 7)

Item	Part No.	Description
1	8T-0452	Water Manometer
2	8T-3153	Foam Block



Optional 8T-0840 Pressure Gauge

Item	Part No.	Description
1	8T-0840	Pressure Gauge
2	1U-5554	Panel Assembly



## U-9710 Adapter Cable

Code: 1250-025

Model: Most Caterpillar Spark-Ignited Engines

Warranty: One Year

- Used with 6V-2100 Multitach to measure RPM on most Caterpillar spark-ignited engines
- Used with 6V-9060 Spark Timing Adapter Group and 6V-2100 Multitach or 6V-3121 Multitach Group
- Multitach owners have method of measuring RPM of spark-ignited engines.
- 6V-2100 Multitach has digital LCD display.



## U-6602 Photo-Tach Group

SMCS Code: 1000-025

Model: All Models

Warranty: One Year

- Measures RPM by directing laser light beam onto piece of reflective tape and counting reflected light pulses; reflective tape can be affixed to any rotating component
- RPM can be measured to and is accurate within 1 RPM
- LCD viewed simultaneously while aiming the instrument
- Provides low cost tachometer for general use; does not replace 6V-3121 Multitach Group. The 1U-6602 is a phototach only and reads only the basic input frequency (1 pulse per revolution per piece of reflective tape). The more versatile 6V-3121 accommodates multiple RPM pickup devices (e.g., photo, magnetic, fuel lines) and can be programmed to divide by any number up to 256. This allows the RPM to be displayed directly.

Measurement range	5 to 100,000 RPM
Accuracy	±1 RPM
LCD size	6 digit 12.7 mm (.50 in) high
Range	0 to 3 m (0 to 10 ft) from reflective tape
Angle	up to 45° from perpendicular to target (Best results at angles from 5° to 20°)
Last measurement memory	displays last measurement approximately 1 min. after trigger release
Power-on switch	pistol grip trigger; may be locked on with latching push-button for longer duration measurements
Optical system	linear reflective laser - 3mW
Recommended size of reflective tape	13 mm (1/2 in) square
Size	83 mm x 45 mm x 156 mm (3.25 in x 1.75 in x 6.13 in)
Weight	approx. 0.57 kg (1.25 lbs.)
Power	1U-9533 "AA" size batteries (4) (Can operate instrument for 8 continuous hours) or optional, rechargeable 1U-7445 Nickel Cadmium Batteries



Item	Part No.	Description
1	6V-3073	Case
2	1U-7771	Tachometer
3	1U-9533	Battery (4)
4	1U-6605	Reflective Tape
5	4C-3024 or 161-8384	Recharger, 110/220 VAC. 4C-3024 (older units) photo-tach has 2.54 mm (.10 in) hole for charger connection. 161-8384 (newer units) photo-tach has 6.35 mm (0.25 in) hole with center pin for charging connection.
<b>Optional</b>		
Not shown	1U-7445	Nickel Cadmium Batteries (4)
Not shown	1U-7772	Foam Block

### Reference

SEHS8854 Special Instruction

## 161-8384 Battery Charger

SMCS Code: 1900-038, 0781

Model: All Models

Warranty: One Year

- Used to recharge nickel cadmium batteries on newer hand-held Photo-Tach
- Used with 1U-7771 Photo-Tach, part of 1U-6602 Photo-Tach Group

Charger connector	barrel type
Connector OD	5.6 mm (.22 in)
Connector ID	2.5 mm (.10 in)
Center pin (ID) polarity	negative

### Reference

SEHS8854 Special Instruction, Using the 1U-6602 Photo-Tach Group

# Digital Multimeter Group (RS-232)

ICS Code: 0115-036

Model: All Models

Manufacturer's

## Compliant

Used to measure duty cycle, frequency, resistance, AC/DC voltages, AC/DC currents, temperature, continuity, diode test and total harmonic distortion in percentage of line voltage or current at 50/60 Hz or as a percent of fundamental frequency

Features RS-232 output which can be used to connect meter to 131-5050 DataView using a 146-8488 Cable Assembly

Measures true RMS on AC voltage and current ranges

Has auto/manual ranging features

Can be programmed to compare measurements to a desired reference value without an external reference source

Has safety shutter to protect meter in the event of incorrect connections to current terminals

600 V fuse protected on both 10 amp and 400 milliamp range

Dmm meter protected to 600 volts

Automatic reading hold

- \* Digital display backlighting can be turned ON or OFF
- \* Small enough to be hand held and is protected by a rubber boot
- \* Battery powered



NEHS0678 Operation Tool Operating Manual  
NEHS0682 Specification, Testing, and Maintenance Tool Operating Manual

Electrical Specifications				
Function	Range	Resolution	Accuracy	Maximum Input
DC V	400mV	0.1mV	0.3% + 2d	1000V
	4V	1mV	0.3% + 2d	
	40V	10mV	0.3% + 2d	
	400V	0.1V	0.3% + 2d	
	1000V	1V	0.75% + 3d	
DC A	400µA	0.1µA	0.5% + 1d	µA - 400mA/600V µA - 400mA/600V mA - 400mA/600V mA - 400mA/600V A - 10A/600V A - 10A/600V
	4000µA	1µA	0.5% + 1d	
	40mA	0.01mA	0.5% + 1d	
	400mA	0.1mA	0.5% + 1d	
	4A	0.001A	1.0% + 5d	
	10A	0.01A	1.0% + 5d	
AC V	4V	1mV	0.75% + 3d	750V
	40V	10mV	0.75% + 3d	
	400V	0.1V	0.75% + 3d	
	750V	1V	0.75% + 5d	
	AC A	400µA	0.1µA	
4000µA		1µA	(45Hz to 1KHz)	
40mA		0.01mA		
400mA		0.1mA		
4A		0.001A		
10A		0.01A		
Ohms	400Ω	0.1Ω	0.5% + 10d	600V
	4KΩ	1Ω	0.5% + 3d	
	40KΩ	10Ω	0.5% + 3d	
	400KΩ	0.1KΩ	0.5% + 3d	
	4MΩ	1KΩ	0.5% + 3d	
	40MΩ	10KΩ	1.01% + 10d	
Hz	200Hz	0.01 Hz	0.05%	
	(1.5Hz to 2KHz)	0.1 Hz	+2 digits	
200KHz)	20KHz	1 Hz	(20,000	
	200KHz	10Hz	Counts)	
	7200KHz	100Hz		

Temperature Specifications			
Range	Resolution	Accuracy	Maximum Input
-40 to 0°C	0.1°C	±3.0°C + 1 digit	60V DC or
(-40 to 32°F)	(0.1°F)	(±5.4°F + 1 digit)	24V AC RMS
0 to 400°C	0.1°C	±1% + 1°C	60V DC or
(32 to 752°F)	(0.1°F)	(±1% + 1.8°F)	24V AC RMS
401 to 1,370°C	(1°C)	±3.0% of reading	60V DC or
(753 to 2,498°F)	1°F		24V AC RMS

General Specifications	
Function	Description
Continuity	Open circuit test Voltage: 1.2V THRESHOLD: Approximately <100kΩ
Diode check	Open circuit test Voltage: 3V MAXIMUM TEST CURRENT: 25mA
Duty cycle (1.5Hz to 20KHz)	0.0 - 99.9% Accuracy: within ± (0.2% per KHz + 0.1%)
THD Measurement (50/60Hz) (Total harmonic distortion)	Voltage ± (2% + 2 digits) Current ± (2% + 2 digits)
DC V	Normal Mode Rejection Ratio: >20dB at 50Hz or 60Hz Common Mode Rejection Ratio: >100dB at DC, 50Hz or 60Hz
AC V	Common Mode Rejection Ratio: 85dB at dc to 60Hz
Crest factor	1:1 through 3:1. For non-sinusoidal waveforms (45Hz to 1KHz), add ±(2% of reading) to the accuracy
Fuse protection	µA or mA: 1A 600V FAST fuse A: 15A 600V FAST fuse with >10,000A interrupt rating

3N-5612 Fuse	
Voltage rating	600 Volt
Current rating	1 Amp
Size	10.3 mm dia. X 34.9 mm (13/32 inch dia. X 1 3/8 inch)
Load carrying capacity	110% load indefinitely, opens at 135% load within 1 hour
9U-6308 Fuse	
Voltage rating	600 Volt
Current rating	15 Amp
Size	10.3 mm dia. X 38.1 mm (13/32 inch dia. X 1 1/2 inch)
Load carrying capacity	110% load 4 hours, opens at 135% load within 1 hour

Units	
Exponents	Description
%	Percentage Annunciation in the Percentage (%) mode, the THD @ 50/60Hz mode, and Duty Cycle mode.
mV	Millivolts (1 x 10 <sup>-3</sup> Volts)
A	Amperes (Amps)
mA	Milliamperes (1 x 10 <sup>-3</sup> Amps)
µA	Microamperes (1 x 10 <sup>-6</sup> Amps)
Ω	Ohms
KΩ	Kilohm (1 x 10 <sup>3</sup> Ohms)
MΩ	Megohm (1 x 10 <sup>6</sup> Ohms)
Hz	Hertz (1 cycle/sec)
KHz	Kilohertz (1 x 10 <sup>3</sup> cycles/sec)



# Thermometers

Code: 0776-082  
: All  
One Year

Part No.	Description
164-3310	Infrared Thermometer (Standard, Battery Power Only)
164-3320	Infrared Thermometer (Enhanced, 110 VAC) or Battery
166-9030	Infrared Thermometer (Enhanced, 220 VAC) or Battery

- Has 16-point laser circle spot (know exactly what area is covered) not available on former 123-6700
- Used to measure temperature (without contact) in hard to reach places, around moving machinery, or without stopping production
- Measures component temperatures on engine, transmission, power train, hydraulic, electrical, and mechanical systems, axles, and bearings
- Measure equipment, electrical panel, circuit breaker, generator, and gearbox temperatures in production plants; piece part temperatures in manufacturing facilities; or component and system temperatures in field applications
- Monitor temperatures in commercial applications such as supply and return registers, air stratification, and duct leakage; monitor temperatures of gasoline and diesel engine cylinders; check food preparation and storage temperatures
- Small light-weight units—extremely portable

## 64-3310

- Replaces discontinued 123-6700 Thermometer II
- Unit is lower priced
- Designed with adjustable emissivity, audible/visible high alarm, maximum/minimum temperature, and bar graph display
- Battery powered only (x 2 AA Cells)

## 164-3320

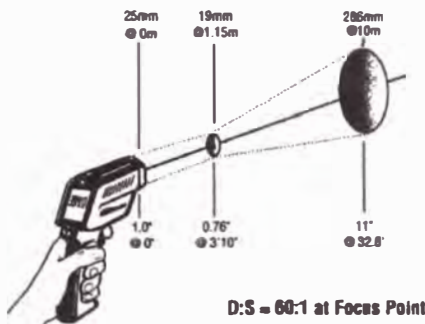
- Designed with easily adjustable emissivity, on-board emissivity table, 16-point laser circle spot (know exactly what area is covered), audible/visible high alarm, audible/visible low alarm, maximum/minimum temperature, DIF and AVG temperature, bar graph display, RS232 data output port, 100 point data logging, Windows-compatible Data Graphing Software, and 110 VAC power supply
- Hand held thermistor probe included
- Can be powered by battery or AC power access

## 166-9030

- Can be powered by battery or AC power access
- This unit is 220 VAC version of the 164-3320.

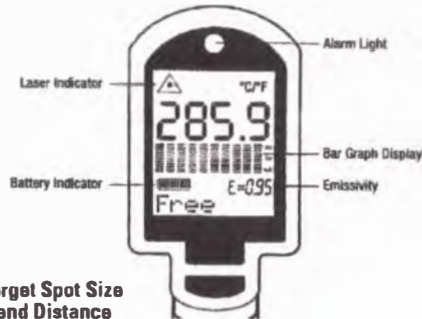
## Graphic Display

- Allows more information to be displayed at a glance
- Automatically creates a graphic display of last 10 temperature points measured using maximum and minimum temperature values to establish range



## Laser Targeting Feature

- Laser targeting accuracy is greatly increased (60:1 ratio of distance versus spot size as compared to former 50:1 ratio).
- Increased accuracy when several heat sources are present (16 percent smaller target spot over former spot size at same distance)
- Factory aligned laser circle accurately pinpoints target, even when viewed at different angles.
- Compact, solid-state laser is mounted inside thermometer and is manufactured for rugged use.
- Laser targeting can be turned off when not required.



**Target Spot Size and Distance**

## Target Specifications

Temperature measurements can be taken at any distance as long as the target size is larger than the target spot. The chart measures target distance in meters (feet) and spot size in millimeters (inches). If the target distance is greater than 3 meters (10 ft), divide the target distance by 24 to figure the spot size.

Target Distance mm (ft)	Former 50:1 Spot Size mm (in)	New 60:1 Spot Size mm (in)
0.3 (1)	20 (.8)	20 (.8)
0.6 (2)	20 (.8)	20 (.8)
0.9 (3)	23 (.9)	20 (.8)
1.2 (4)	25 (1.0)	20 (.8)
1.5 (5)	30 (1.2)	25 (1.0)
1.8 (6)	38 (1.5)	30 (1.2)
2.1 (7)	43 (1.7)	36 (1.4)
2.4 (8)	51 (2.0)	41 (1.6)
2.7 (9)	58 (2.3)	46 (1.8)
3.0 (10)	69 (2.7)	51 (2.0)



Temperature reading range	-30 to 900°C (-25 to 1600°F)
Accuracy	±1% of reading or ±1°C (±2°F), whichever is greater
Repeatability	±0.5% of reading or ±1°C (±2°F), whichever is greater
Response time	(95%) 250 mSec
Spectral response	8 to 14 um, thermopile detector
Display resolution	tenth degree reading up to 900°C (.2 to 999.8°F)
Ambient operating range	0 to 50°C (32 to 120°F)
Relative humidity	10 to 95% RH noncondensing @ up to 30°C (86°F)
Storage temperature	-20 to 50°C (-4 to 120°F) without battery
Power source	two 1.5 volt alkaline batteries
Power	direct current
Operating time without laser	25 hours
Operating time with laser	10 hours
Tripod mount	1/4-20 UNC
Dimensions	200 mm x 170 mm x 50 mm (7.9 in x 6.7 in x 2 in)
Weight	480 g (1 lb. 6 oz)

## 202-2301 Portable Contamination Instructional Kit

- Used to estimate amount and type of solid contamination in hydraulic fluid or lubrication oil (cannot determine exact particle counts)
- Conduct on-the-spot visual field evaluations of system fluid contamination
- Can be used by trained technicians to compare actual patches (25 ml fluid volume) to examples shown in NEHS0729 to generally classify amount and type of contamination in a fluid sample

### Reference

NEHS0729 Portable Contamination Instructional Kit (The examples shown in this brochure are typical of the type of contamination found using the portable contamination instructional kit. The examples are shown for reference only. Instructions on obtaining, preparing and viewing samples are also provided in this brochure.)

Item	Part No.	Description
1	202-2267	Dish Kit
2	—	500 ml/16 oz LDPE Wash Bottle with 28 mm Cap
3	6V-9449	Carrying Case <sup>1</sup>
4	202-2266	Funnel
5	1U-5718	Vacuum Pump
6	4C-6605	Tweezers
7	231-9405	Patch Group
8	169-7372	Sample Bottle (4)
9	—	Grease Pencil
10	—	Spray Stem for Bottle
11	1U-9533	AA Batteries for Light (2)
12	—	Microscope
13	—	Penlight <sup>2</sup>
Notshown	1U-5719	Vacuum Pump Seal Kit

<sup>1</sup>Replacement case without foam

<sup>2</sup>Included with microscope



## 8C-8456 Sealed Cap

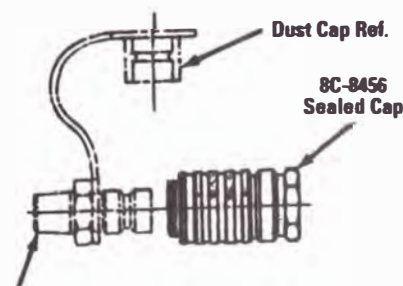
Warranty: Manufacturer's

- Used to seal the valved and non-valved nipples listed below. The nipples are used on machines, tool groups, and dealer shop equipment.
- A heavy-duty, pressure-tight cap that provides both positive sealing and added protection for the nipples

### Adaptable to these Pressure Diagnostic Quick Disconnect Nipples

Part No.	Description	Color
6V-3965	Nipple, 9/16 inch-18 thd. SAE external (for #6 Port) Buna-N® Seal	zinc chromate
6V-3966	Nipple, 1/4 inch-NPTF external thd. Buna-N® Seal	zinc chromate
6V-3989	Nipple, 1/4 inch-NPTF internal thd. non-valved	zinc chromate
6V-4142	Nipple, 1/8 inch-NPTF internal thd. non-valved	zinc chromate
6V-4433	Nipple, 9/16 inch-18 thd. external (for #6 Port) Viton Seal	green chromate
6V-7691	Nipple, 1/4 inch-NPTF external thd. Ethylene Propylene Seal	red chromate
8T-3613	Nipple, 1/8 inch-NPTF external thd. Buna-N® Seal	zinc chromate
8T-3614	Nipple, 1/8 inch-NPTF external thd. Ethylene Propylene Seal	red chromate

Operating pressure	42,000 kPa (6100 PSI)
Minimum burst pressure	168,000 kPa (24,000 PSI)
Operating temperature	-34° - 107°C (-29° - 225°F)
Seal material	High Temp. (Buna-N®)



Mating Valve Ref.

Home



## Flow Tools

### -2700 Blowby/Air Flow Indicator Group

SMCS Code: 1000-038, 1350-038, 1350-081, 1350-082, 1400-038  
 Model: 3204, 3208, 3304, 3306, 3406, 3408, 3412, 3512  
 Warranty: One Year

Replaces discontinued 9S-7373 Air Meter Group

Contains hand-held digital indicator, remote mounted pickup, 915 mm (3 ft) of cable, blowby hose and necessary connections

Measures volume of blowby gases coming out of crankcase breather or air velocity through radiator (9S-7373 measures only radiator air velocity)

Battery-powered digital indicator; can also be powered with external 11 to 40 Volts DC from machine battery, or AC powered with optional converter

Volume of blowby gases coming out of engine breather(s) very helpful in planning engine repairs (shown in either liters/min or cubic feet per hr)

- Air velocity through radiator core helpful to quickly find plugged or partially restricted areas (shown in either meters/min or ft/min)
- Digital value appears when instrument is used.

SEHS8712 Special Instruction



Optional items that can be ordered to use with the blowby/air flow instrument

Item	Part No.	Description	Use
1	5P-7366	Power Cable	Connects machine batteries (11 to 40 Volts DC) to hand-held indicator
2	8T-5268	Converter	Converts 110/220 Volts AC, 50/60 Hz, power supply to 11 top 20 Volts DC at 3 Amp maximum for powering indicator
3	6V-2198	Extension Cable, 5500 mm (18 ft) long	Operates indicator more than 914.4 mm (3 ft) from the pickup



Item	Part No.	Description
1	6V-7145	Case
2	8T-2685	Pickup
3	8T-2701	Indicator

#### Service Parts

Part No.	Description
8T-0899	Membrane Switch
8T-0844	Front Cover
8T-0887	Connector Assembly
8T-1005	Liquid Crystal Display

### 1U-8860 Large Engine Blowby Pickup Group

SMCS Code: 1000-038, 1350-038, 1350-081  
 Model: 3500, 3600 Family Engines, Larger 300 Family Engines  
 Warranty: One Year

- Optional pickup for use with the 8T-2701 Blowby/Air Flow Indicator
- Replaces 8T-2685 Small Pickup for measurement of 3500 Engine blowby; use 8T-2685 small pickup on these engines for short duration test only because of reduction of engine breather tube during test; use 8T-2701 Blowby/Air Flow Indicator with large probe
- Large 38mm (1.5 inch) I.D. pickup used on large engines without increasing crankcase pressure
- Checks blowby volume on Caterpillar 3500 and 3600 Engines and larger 300 Series Engines, as well as competitive large engines
- All-metal construction and large size makes tool suitable for permanent installation on engines; permanent installation allows continuous monitoring of blowby, making group useful for dynamometer rooms, marine or generator set applications.
- When used with 8T-2701 Indicator, measures blowby on any engine within blowby range of 94 to 1888 liters per min. (200 to 4000 cubic feet per hour) (includes Caterpillar D397, D398, and D399 Engines, 3500 and 3600 Family Engines); smaller D300 and 3500 Engines may not have enough blowby at idle or partial load to give reading when they are in good condition; indicator display will read zero until engine is under load.
- Can also measure air velocity such as radiator cooling air flow
- Connected directly to 8T-2701 Blowby/Air Flow Indicator, provides digital display of air flow or blowby value (volume of exhaust gas escaping to crankcase); blowby value helps determine engine condition; should not be used as stand-alone good/bad indicator for engine overhaul; other engine condition indicators, such as oil consumption, low power, hard starting, and excessive fuel consumption, need to be looked at also.

- Large blowby meter has no moving parts because an ultrasonic sound vortex shedding principle measures the air flow. This makes the pickup reliable and virtually maintenance free.
- Large blowby pickup connected to output of crankcase breather or vent tube on engine; cable connects pickup to 8T-2701 Indicator which will give digital reading of blowby value or air flow value
- Before using 8T-2701 Indicator with large pickup, install 1U-8863 Blowby Conversion Group in indicator; makes indicator accurate for both large pickup and small pickup
- Pickup meter is sensitive to high frequency engine noise; to avoid incorrect readouts, keep pickup as far from engine as possible when making blowby measurements; do not put pickup near turbocharger or fan blades because this can cause reading error.

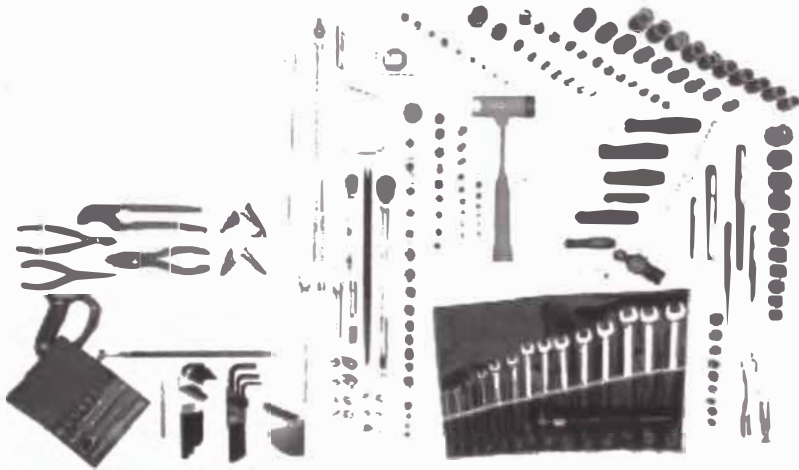


Item	Part No.	Description
1	6V-7145	Case
2		SEHS8984 Special Instruction
3		Large Engine Pickup (Not Serviced)
4	9M-0164	Hose Clamps
5	1U-8863	Conversion Group
6	1U-8868	Hose (Pickup)

## -7876 Student Tool Set

Warranty: See individual part number

A specially selected set of basic hand tools for students in the Caterpillar® Model Dealer Service Technician Program. Premier quality tools for the work done in the classroom and on the job. Over 200 tools.



Part No.	Description
1U-5545	Metric Wrench Group
1U-7321	Standard Flashlight
2P-5490	Well Socket Group
5P-1720	Seal Pick
5P-3277	Measuring Tape
5P-3920	Steel Rule
8T-0461	Serviceman's Tool Group
139-2644	Safety Glasses
146-2728	Flex Pickup Tool
194-3574	Metric Socket Set
194-3576	Metric Socket Set
194-3578	Metric Socket Set
194-3584	Torx Socket Set
194-3585	Hex Bit Socket Set
199-6156	Metric Socket Set
199-9019	Metric Socket Set
200-1928	Metric Hex Key Set
200-1929	Metric Hex Key Set
200-1931	Metric Hex Key Set
200-8413	Metric Socket Set

## 213-4443 Socket Set, 17 Piece, 1/4 inch

Warranty: See individual part number

- 12 point
- 1/4 inch square drive
- Standard length sockets
- Chrome finish

Size	Part No.	Length
3/16 in	9S-1711	22.2 mm (.88 in)
7/32 in	9S-1712	22.2 mm (.88 in)
1/4 in	9S-1713	22.2 mm (.88 in)
9/32 in	9S-1714	22.2 mm (.88 in)
5/16 in	9S-1715	22.2 mm (.88 in)
11/32 in	9S-1716	22.2 mm (.88 in)
3/8 in	9S-1717	22.2 mm (.88 in)
7/16 in	9S-1718	22.2 mm (.88 in)
1/2 in	9S-1719	22.2 mm (.88 in)

Accessories included		
Part No.	Description	Size
9S-1720	Socket Extension	50.8 mm (2.00 in)
9S-1721	Socket Extension	101.6 mm (4.00 in)
9S-1722	Socket Driver	
9U-6635	Ratchet	
9S-1724	Universal Joint	
213-4437	Adapter (not shown)	1/4 in female to 3/8 in male
3P-2241	Adapter (not shown)	3/8 in female to 1/4 in male
9S-1725	Case	

Warranty: Six Month  
9U-6636 Repair Kit



## -7898 Dial Bore Gauge, Metric

## -7899 Size Setting Fixture, Metric

## -7897 Dial Indicator for Converting 1P-3535 Dial Bore Gauge to Metric

Warranty: Manufacturer's

- Used for precision metric measurements
- Measure all internal diameters from 1.97 inch to 7.87 inch (50 to 200 mm) and depths from 0.51 inch to 11.81 inch (13 to 300 mm) in increments of 0.00008 inch (0.002 mm)
- The increased accuracy is needed for applications such as connecting rods where the tolerances are very small.
- Use of the gauge is simplified because all current specifications are given in metric dimensions.
- 6V-7897 Dial Indicator is available to convert the current 1P-3535 Dial Bore Gauge to the 6V-7898 Dial Bore Gauge. (All 1P-3535 Gauges can be converted except earlier gauges marked "MADE IN ENGLAND.")

### Reference

SMHS8253 Special Instruction, instructions for use of the 6V-7898 Dial Bore Gauge and also information for converting the 1P-3535 Gauge to the 6V-7898 Gauge

SMHS8254 Special Instruction, instructions for use of the 6V-7899 Size Setting Fixture.



6V-7898



6V-7899

## Dial Bore Gauge and Master Rings

Model: 3600 Engines, Gas and Diesel

### 147-8862 Dial Bore Gauge

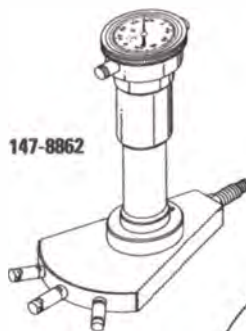
- Used to measure 3600 Engine cylinder liners
- Dial graduated to 0.002 mm
- Tool can reach up to 457 mm (18.0 in)

### 147-8860 Master Ring (diesel 280.025 mm)

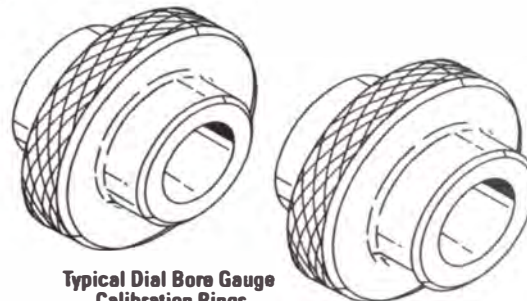
- Used to calibrate dial bore gauge to 280.025 mm (11.0246 in)
- Calibrates gauge for use on diesel engines

### 147-8861 Master Ring (gas 300.00 mm)

- Used to calibrate dial bore gauge to 300.000 mm (11.811 in)
- Calibrates gauge for use on gas engines



147-8862



Typical Dial Bore Gauge Calibration Rings

### Reference

SEBF8109 Guideline for Reusable Parts

Home

## 7F-4292 Valve Spring Compressor Group

SMCS Code: 1104-010  
Model: 1100, 3100, 3208

- Used to remove and install valve springs manually
- Engines with recessed valve spring chambers require 7M-3976 Adapter; 1100 and 3100 Series and 3208 Engines require 8S-2277 Adapter Assembly

Search

Part No.	Description
7F-4291	Compressor Assembly
8S-2277	Adapter Assembly (1100, 3100 Series, 3208) (Not part of 7F-4292)
7M-3976	Adapter (D343, 1693) (Not part of 7F-4292)
7F-4290	Adapter



## 9U-6144 Adapter Assembly

SMCS Code: 1108-010, 0703  
Model: 3064 and 3066 Engines

- Used for manual removal of valve springs (adapts 7F-4292 Compressor Group to 3064 and 3066 Engines)
- Can also be used with 9U-6145 Air Connector to remove valve springs without removing head

### Reference

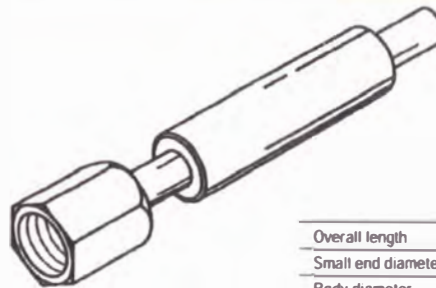
SENR5553 Service Manual, 3066 Diesel Engines



## 9U-6145 Air Connector

SMCS Code: 1108-010, 0703  
Model: 3064 and 3066 Engines

- Used to replace valve springs and guide seals without removing the head (allows on-engine replacement)
- Air connector fits into cylinder head injector port to put shop air into combustion chamber (prevents valve from dropping into cylinder bore)
- Used with 7F-4292 Valve Spring Compressor and 9U-6144 Compressor Adapter
- Part of 9U-6274 Compression Test Kit (connector can be ordered separately if the test kit is not needed)



Overall length	153 mm (6.0 in)
Small end diameter	7.15 mm (.281 in)
Body diameter	16.75 mm (.659 in)
Air connection	1/4-18 NPTF
Hex head	19.0 mm (.75 in)

### Reference

SENR5553 Service Manual, 3306 Diesel Engines

## 1U-9347 Valve Spring Compressor Group

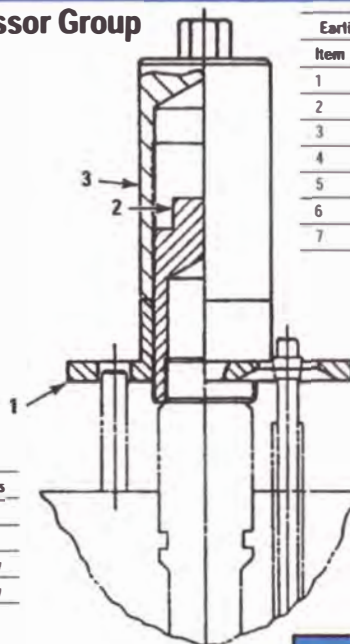
SMCS Code: 1108-017, 0703  
Model: 3400

- Used to remove and install valve springs on 3400 Family Engines equipped with earlier-style fuel nozzle adapter or new-style adapter
- Compresses all valve springs on one cylinder at same time; safely retains them while the valve locks are removed
- Can be used with cylinder head on or off engine
- Saves time, especially for on-engine applications
- Applications: replacing valve stem seals and springs, removing springs to service the unit injector sleeve

### Reference

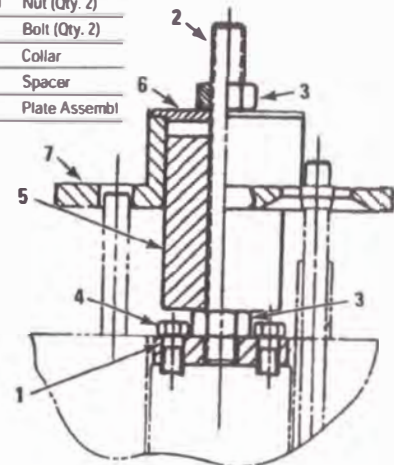
SEHS9032 Special Instruction

Later Style Nozzle Adapters	
Item	Description
1	Plate Assembly
2	Adapter Assembly
3	Adapter Assembly



### Earlier Style Nozzle Adapters

Item	Part No.	Description
1		Adapter Plate
2		Stud
3	1D-4719	Nut (Qty. 2)
4	0S-1618	Bolt (Qty. 2)
5		Collar
6		Spacer
7		Plate Assembly



Home

## 5S-1322 Valve Keeper Inserter

SMCS Code: 1105-010, 1105-012, 1100-016, 1100-017  
 Model: All Caterpillar Engines



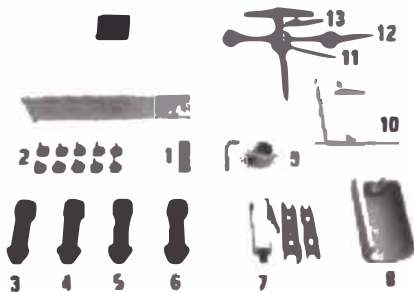
- Used with the 7F-4292 Compressor to install valve keepers

Search

## 166-7441 Valve Seat Extractor Tool Group

SMCS Code: 1103-010, 1100-017  
 Model: All Caterpillar Engines except 3600

- Replaces discontinued 6V-4805 Valve Seat Extractor Tool Group and discontinued 9S-3080 Valve Seat Insert Puller Group
- Used to remove valve seat inserts on all Caterpillar engines
- Uses only 4 extractors and employs different method of insert removal which causes less damage to the extractors
- Provides grinder to groove inside of insert to make insert removal easier with extractor
- 165-5647 has "notched" (47.63 mm) diameter for easy removal of G3500 swirl-type inserts



Item	Part No.	Description
1	6V-4801	Stone
2	6V-4802	Wheel
3	165-5647	Extractor, 22.23 mm (.875 in), 34.93 mm (1.375 in), 47.63 mm (1.875 in) plus swirl inserts
4	6V-4194	Extractor, 25.4 mm (1.0 in), 38.1 mm (1.500 in), 50.8 mm (2.0 in)
5	6V-4195	Extractor, 28.58 mm (1.125 in), 41.28 mm (1.625 in) 53.98 mm (2.125 in)
6	6V-4196	Extractor, 31.75 mm (1.25 in), 44.45 mm (1.75 in) 57.15 mm (2.25 in)
7	222-3074	Grinder Group, requires 4C-3689 Collar
8	6V-4199	Lifting Bracket
9	6V-4197	Base Group
10	6V-4191	Plate Assembly
11	6V-4803	Thrust Bearing (Part of 6V-4804)
12	6V-4804	Handle Assembly
13	6V-4192	Shaft Assembly

### Reference

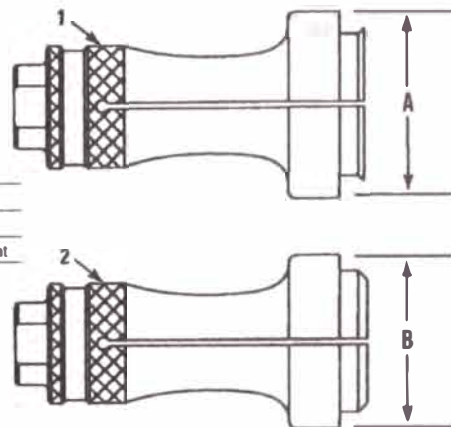
SMHS7935 Special Instruction

## Valve Seat Extractors

SMCS Code: 1103-011, 0703  
 Model: 3054 and 3056 Engines

- Used with 9S-3095 Handle Assembly to remove valve seat insert

Item	Part No.	Description	Dimension (A, B)	Extractor Length	Use
1	9U-6396	Extractor	49.5 mm (1.95 in)	102 mm (4.0 in)	Remove inlet valve seat
2	9U-6397	Extractor	44.7 mm (1.76 in)	102 mm (4.0 in)	Remove exhaust valve seat



Home

## U-6220 Stop Collar

Code: 1104-012, 0703  
: 3054 and 3056 Engines (all SN's)

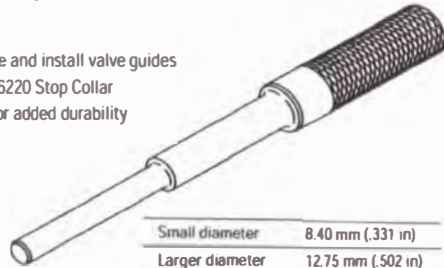
- Used to install valve guides to proper height of 15.10 mm (.594 in)
- Used with 1U-9169 Guide Driver (7ZK, 6FK, 7AK, 1 ML)
- Used with 157-3722 Guide Driver (5YS, 7MS, 2PW, 3GW)
- Zinc coated to prevent corrosion



## 157-3722 Valve Guide Driver

SMCS Code: 0703, 1104-010, 012  
Model: 3054, 3056 Engines (serial no. 5YS, 7MS, 2PW, and 3GW)

- Used to remove and install valve guides
- Used with 9U-6220 Stop Collar
- Heat-treated for added durability

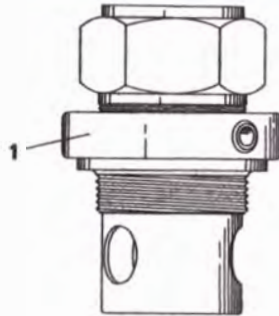


Small diameter	8.40 mm (.331 in)
Larger diameter	12.75 mm (.502 in)
Overall diameter	19.05 mm (.750 in)
Overall length	233.5 mm (9.19 in)

Search

## Puller Fingers for 7H-1970 Puller Group *Discontinued — Service Parts Available*

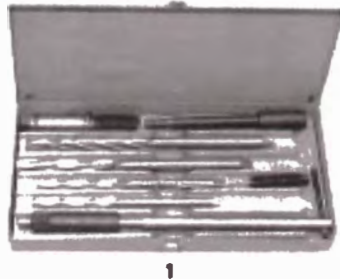
Item	Part No.	Description
1	7H-1981	Puller Finger Puller Finger for medium head assembly
	7H-1987	Puller Finger for large head assembly



## 6V-7770 Valve Guide Tool Kit 6V-7755 Spring Seat Guide

SMCS Code: 1104-012  
Model: 1100, 3100, 3200

- Used for installing valve guide sleeves in cylinder heads
- Used with 6V-3095 Boring Fixture and 6V-3108 Boring Fixture Kit
- Valve guides in cylinder heads of 1100, 3100 and 3200 Family Engines not replaceable; when valve guide wears beyond 9.55 mm (.3760 in) diameter "Use Again" dimension, guide must be reconditioned or complete cylinder head replaced
- 6V-7770 Tool Kit and 6V-7755 Adapter provide tools necessary to bore worn valve guides for installation of 4W-3778 and 4W-3779 Valve Guide Sleeves; tool kit includes driver to install valve guide sleeves and two reamers to size inside diameter of valve guide sleeves to correct dimension



Item	Part No.	Description
1	6V-7770	Valve Guide Kit
<b>Service Parts in 6V-7770 Kit</b>		
	5P-5176	Brush
	5P-5173	Reamer, 9.47 (.373 in)
	5P-5174	Reamer, 9.50 (.374 in)
	6V-7153	Line Up Bushing
	6V-7154	Drill Bushing
	6V-7155	Core Drill
	6V-7156	Reamer, 12.7 (.5 in)
	6V-7157	Driver
	6V-7158	Pin
	9U-5987	Oil, 1/2 pint (not shown)
2	6V-7755	Spring Seat Guide

### Reference

SMHS82770-01 Special Instruction

## 1U-6685 Guide and Insert Tool Group

SMCS Code: 1250-010  
Model: 3114, 3116

- Required for disassembly, assembly, and adjusting of 1.1 liter engine, fuel system, and governor
- Used for valve guide and valve seat removal and installation

### Reference

SEN3582, Specification Module  
SEN3583, System Operation Testing and Adjusting  
SEN3611, Disassembly and Assembly Manual

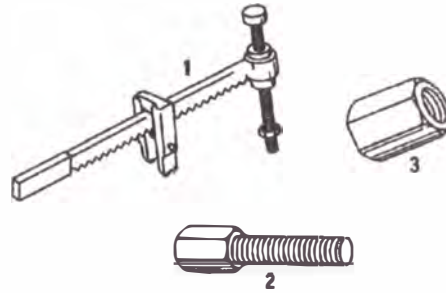


Part No.	Description
1U-7791	Valve Seat Driver
1U-7792	Guide Collar
1U-7793	Guide Driver
1U-7794	Shaft Assembly
1U-7795	Holding Block
1U-7796	Exhaust Extractor
1U-7797	Inlet Extractor
1U-7798	Slide Hammer
1U-8211	Lid Filler Block
6V-7145	Case

## 195 Valve Spring Compressor Group

Code: 1108-010, 0703  
 Model: 3054 and 3056 Engines

Used to manually remove and install valve springs without removing cylinder head  
 Used with 9U-6280 Air Connector to hold valves in position



ENR5547 Service Module in SENR5555 Service Manual

Item	Part No.	Description
1	9U-6193	Compressor Assembly
2	9U-6194	Stud
3	9U-6196	Nut

## 8T-2660 Compressor Group

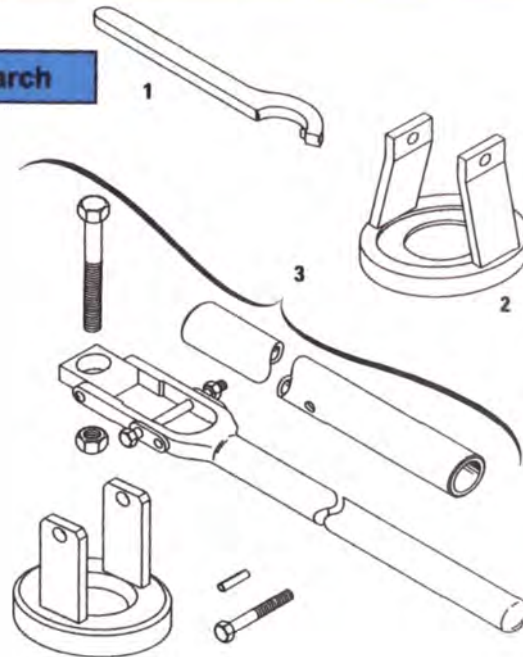
SMCS Code: 1108  
 Model: All 3600 Diesel Engines

Essential Tool

**Search**

- Used to remove and install valve springs, plus prevents damage to the valve rotator
- Spring removal from HFO engines require 8T-2660 along with 167-3972 Spanner Wrench and 167-3974 Mounting Cap Assembly

Item	Part No.	Description	Size
1	167-3972	Spanner Wrench (HFO Only) (not included)	
2	167-3974	Mounting Cap Assembly (HFO Only) (not included)	
<b>Item 3</b>			
	8T-2660	Compressor Group	
	8F-6350	Bolt	3/8-16 x 203 mm (8.0 in) long
	8T-2662	Extension Handle	
	9S-8752	Nut	3/8-16
	8T-2664	Lever Group	
	6H-3956	Spring Pin	4.76 mm (.187 in) x 25.4 mm (1.0 in) long
	2A-4781	Bolt	1/4-20 x 69.9 mm (2.75 in) long
	8T-2661	Spring Compressor Adapter	



## 8S-2263 Valve Spring Tester

SMCS Code: 1105-010, 1100-017, 4250-025  
 Model: All Engines

Warranty: Manufacturer's

- Provides fast, accurate testing for old valve springs which should be tested before installing in reconditioned head
- Scale graduated in newtons and has maximum capacity of 1555 N (350 lb)
- Similar to 4C-9496 Spring Tester with maximum test force of 1200 lbs. for testing larger springs



# Sleeve Replacement Tools

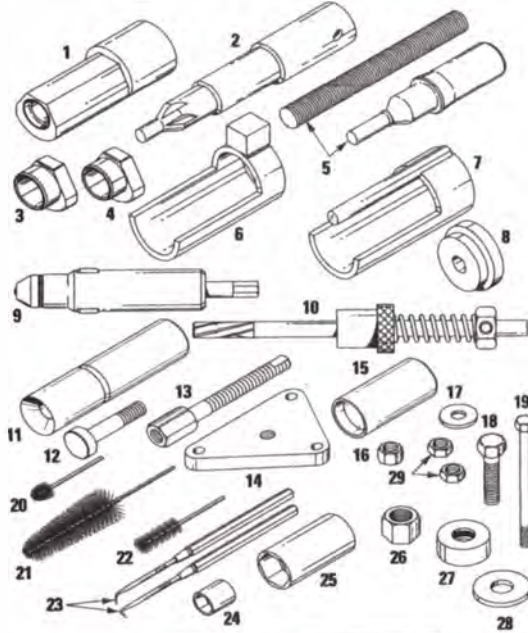
Code: 1125-011, 0703  
: 3114, 3116 and 3126 Engines

143-2099 Sleeve Replacement Tool Group replaces the former 127-3458 Sleeve Replacement Tool Group

The former 127-3458 Sleeve Replacement Tool Group can be UPDATED to the new configuration simply by purchasing the 143-2098 Sleeve Removal Tool Group. Previous tooling not listed below is no longer needed for the new procedures.

These new improved tools are simpler and make the job faster and easier—offering the following benefits over the former 127-3458 Tool Group:

- No tapping of old sleeves—means less debris, no stripped threads and no problem with loose sleeves turning
- Works in low-overhead applications, such as cylinders #5 and #6 in GM truck chassis, Cat machine installations, and others
- Should be no need to remove the cylinder head from the engine for sleeve replacement
- Used on engines equipped with Mechanical Unit Injectors (MUI) or Hydraulic Actuated Electronically Controlled Unit Injectors (HEUI).
- Engines produced since early 1994 have had injector sleeves roller expanded at the factory. The original 4C-4462 Tool Group will not pull these sleeves; either the 127-3458 or the 143-2099 Tool Group is required.
- All special tooling necessary to efficiently remove, install, and ream copper injector sleeves is included in a single custom case in the 143-2099 Group. Some additional shop supplies are also required, as specified in the Tool Operating Manual NEHS0675.



## 143-2099 Sleeve Replacement Tool Group

Item	Part No.	Description
1	125-7060	Driver
2	4C-8713	Reamer Assembly
	4C-5564	Shank
	4C-5502	Reamer Head
		Setscrew
3	4C-8714	Guide Bushing (large)
4	4C-8715	Guide Bushing (small)
5		Swage Assembly <sup>1</sup>
	4C-5573	Swage (sleeve)
	4C-5548	Stud (3/4-10 thd x 5 1/2 in)
6	125-7059	Reaction Sleeve (HEUI)
7	9U-5671	Reaction Sleeve (MUI)
8	4C-5572	Plate (for reaction sleeve)
9	121-2920	Roller Expander
10	9U-6101	Reamer Group
11	142-8278	Swage Tool <sup>2</sup>
12	142-8279	Sleeve Puller <sup>2</sup>
13	142-8280	Sleeve Stud <sup>2</sup>
14	142-8281	Plate <sup>2</sup>
15	143-8612	Driver <sup>2</sup>
16	3L-2415	Full Nut <sup>2</sup> , 1/2-13
17	7D-1649	Hard Washer <sup>2</sup>
18	3L-2415	Hex Bolt <sup>2</sup> [1/2-20, 63.5 mm (2.5 in) long]
19	6V-3821	Hex Bolt <sup>2</sup> [M8 x 1.25, 110 mm (4.3 in) long]
20	4C-5553	Sleeve Cleaning Brush (tapered)
21	126-3297	Large Bore Brush
22	4C-5570	Small Bore Brush
23	9U-6859	Pick Set
24	214-6625	Socket (11 mm, 3/8 in square drive, six point)
25	213-3530	Socket (1 1/8)
26	2J-3506	Nut (3/4-10 thd)
27	1U-8826	Thrust Bearing
28	2S-0115	Hard Washer
29	1B-4430	Jam Nut, 1/2-20

### Not shown

- 6V-7145 Case
- 125-0684 Foam Insert

NEEG2748 Decal

NEHS0675 Tool Operating Manual, "Using the 143-2099 Sleeve Replacement Tool Group on 3114, 3116 and 3126 Engines"

<sup>1</sup> Not shown

<sup>2</sup> Parts in the 143-2098 Sleeve Removal Tool Group

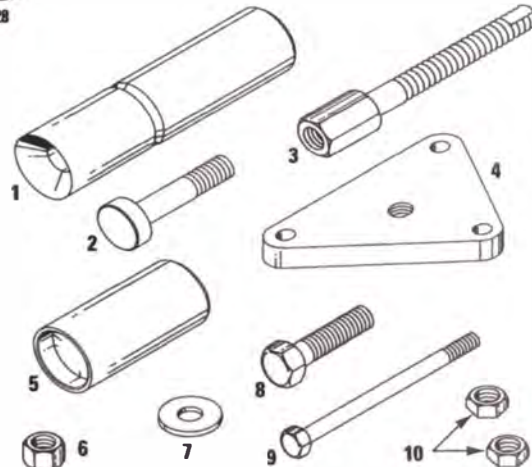
## 143-2098 Sleeve Removal Tool Group

Item	Part No.	Description
1	142-8278	Swage Tool
2	142-8279	Sleeve Puller
3	142-8280	Sleeve Stud
4	142-8281	Plate
5	143-8612	Driver
6	3L-2415	Full Nut, 1/2-13
7	7D-1649	Hard Washer
8	3L-2415	Hex Bolt, 1/2-20, 63.5 mm (2.5 in) long
9	6V-3821	Hex Bolt, M8 x 1.25, 110 mm (4.3 in) long
10	1B-4430	Jam Nut, 1/2-20

### Not shown

NEEG2748 Decal

NEHS0675 Tool Operating Manual, "Using the 143-2099 Sleeve Replacement Tool Group on 3114, 3116 and 3126 Engines"



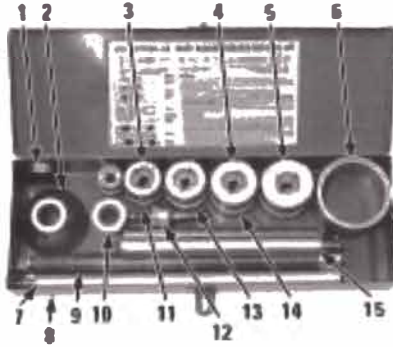


## 2241 Camshaft Bearing Installation and Removal Group

Code: 1211-010  
Caterpillar Engines

- Used to remove and install camshaft bearings in most Caterpillar Engines
- Each collet designed to handle bearing diameter range listed in chart; replacement O-ring seals used to retain collets also listed

Item	Part No.	Description
1	8S-8287	Thrust Bearing Assembly
2	8S-8288	Cone
3	8S-8282	Collet Assembly
4	8S-8284	Collet Assembly
5	8S-8285	Collet Assembly
6	8S-8289	Tube
7	8S-8293	Long Extension
8	8S-8281	Tool Box
9	8S-8291	Threaded Shaft
10	8S-8290	Nut
11	8S-8884	Backup Nut
12	8S-8286	Screw Expander
13	8S-8883	Backup Nut
14	8S-8882	Backup Nut
15	8S-8292	Short Extension (two)



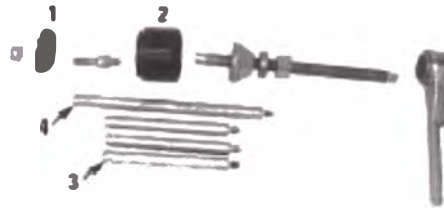
Collet No.	Inner Diameter Size Range mm (inch)	Replacement O-Ring Seal
1P-0552	28,58 — 38,10 (1.125 — 1.500)	4J-0520
8S-8282	43,66 — 50,80 (1.718 — 2.000)	4J-0521
8S-8283	48,42 — 57,15 (1.906 — 2.250)	4J-0522
8S-8285	60,33 — 69,85 (2.375 — 2.750)	4J-0524

## 5P-1666 Puller Plate

## 5P-1667 Spacer Tube

SMCS Code: 1211-010, 1253-017, 1230-010, 3258-017  
Model: D379B, D398B, D399, 657E

- Used with 8S-2241 Group for camshaft bearing removal and installation on 6.25 inch bore V Engines (two 8S-8292 Short Extensions and one 8S-8293 Long Extension required from 8S-2241 Group)



Item	Part No.	Description
1	5P-1666	Puller Plate
2	5P-1667	Spacer Tube
3	8S-8292	Short Extension (two required) (part of 8S-2241 Tool Group)
4	8S-8293	Long Extension (part of 8S-2241 Tool Group)

## 1P-5545 Adapter Group

SMCS Code: 1211-010, 1211-012  
Model: 1100, 3100, 3208

- Used with 8S-2241 Tool Group to install camshaft bearings on 1100 and 3100 Series and 3208 Engines



Item	Part No.	Description
1	0S-0509	Bolt

## 6V-4869 Adapter

## 6V-6174 Plug

SMCS Code: 1211-010  
Model: 3400

- Used with 8S-2241 Tool Group to remove and install camshaft bearings in 3400 Series Engines
- 6V-4869 Adapter used for collet assembly
- 6V-6174 Plug used for cone



6V-4869



6V-6174

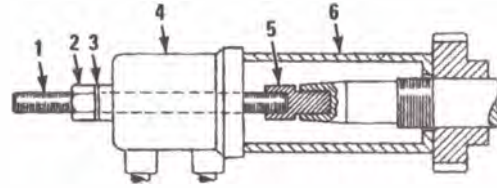
# Crankshaft, Main Bearings and Flywheel

Search

## Crankshaft Gear Installation Tools

SMCS Code: 1204-012  
Model: Caterpillar Engines

- Used to install crankshaft gears on most engines with tool setup illustrated



Thread sizes of adapters (5) are as follows:

Part No	Thread Size
5F-7339	3/4 inch NF — Male x 5/8 inch NF — Female
5F-7342	1 inch NF — Male x 5/8 inch NF — Female
5H-1274	1 1/4 inch NF — Male x 5/8 inch NF — Female
5H-1276	7/8 inch NF — Male x 5/8 inch NF — Female
5H-1277 <sup>1</sup>	1 3/8 inch NF — Male x 5/8 inch NF — Female

<sup>1</sup>Discontinued

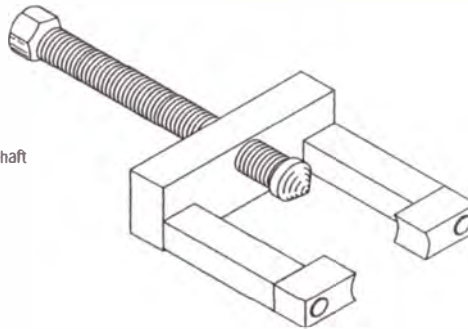
Item	Part No.	Description
1	5H-1275	Stud
2	1B-4206	Nut
3	4D-3704	Washer
4	6V-3160	Hydraulic Puller
5		Adapter (5F-7339, 5F-7342, 5H-0124, 5H-1276, or 5H-1277)
6	5H-1273 <sup>1</sup> FT1410	Sleeve Sleeve

<sup>1</sup>Discontinued

## 137-7293 Crank Gear Puller

SMCS Code: 1204-011  
Model: 3116 and 3126 Engines

- Used to remove 2W-8147 Gear from crankshaft
- Saves time by allowing crankshaft gear to be removed without removing crankshaft from engine or engine from frame
- Especially useful on 3126 Engines in motor home applications
- Weight: 3 kg (7 lbs)



## 5P-3546 Puller Plate

SMCS Code: 3100-017, 5068-017, 3268-017, 3271-017  
Model: D10, D11N, 245B, 992C

- Used to remove 9S-3013 Crankshaft Gear on D343 and 1693 Engines
- Used with 6V-3160 Hydraulic Puller, 9M-6592 Guide, three 6F-4991 Bolts, and three 7F-1926 Bolts



## 6V-6035 Hardness Tester

SMCS Code: 1202-040  
Model: Caterpillar Engines

- Used to check crankshaft journal hardness before and after journals are reground
- Hardened steel ball that strikes tested surface will not damage journal surface: height of bounce read as Shore scleroscope reading
- Can be used on any Caterpillar crankshaft if journal diameter is at least 38 mm (1.5 inch) and smooth: surface finish must be 0.8 micrometers (20 microns) or smoother and have minimum surface thickness of 25 mm (1 inch)

**NOTE:** Do not use any hardness tester which can damage the journal. Some testers use a hardened tip which can dent the journal surface. The 6V-6035 Tester uses a large ball which will not damage the journal surface.



### Reference

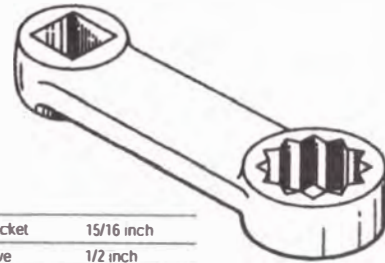
SEBF8041 Guideline for Reusable Parts

Home

## -6282 Torque Extension

ICS Code: 1203-079, 0602  
 Model: 3054 and 3056 Engines

Used to remove and install front main bearing bolts (conventional sockets cannot reach the bolts)  
 Specially forged and heat treated for extra strength, toughness, and long service life  
 Chrome plated to prevent corrosion  
 Using this extension requires a calculation to determine the correct setting of the torque wrench.  
 Refer to SEHS7150 for torque wrench settings



12-point socket	15/16 inch
Square drive	1/2 inch
Length of extension	50 mm (2.0 inch)

## ing Removal and Installation Tools

SMCS Code: 1203-010, 1219-010  
 Model: Caterpillar Engines

- Used to remove main bearing upper halves quickly and easily in Caterpillar Engines
- Shank of tool is adjustable to fit angle of crankshaft oil passage



Bore	Model	Bearing Thickness	Part No.
159 mm (6.25 in)	D353, D379, D398, D399	4.55 to 14.76 mm (.179 in to .581 in)	2P-5517
146 mm (5.75 in)	D339, D342, D364, D375, D386, D379	4.55 to 14.76 mm (.179 in to .581 in)	2P-5517
137 mm (5.40 in)	4 Cylinder, 90° V-8, D343, D346, D348, D349, 1693	4.55 to 14.76 mm (.179 in to .581 in)	2P-5517
130 mm (5.125 in)	D326, D337	4.55 to 14.76 mm (.179 in to .581 in)	2P-5517
114 mm (4.50 in)	D315, D318, D336, 1673 (early), 1676	4.55 to 14.76 mm (.179 in to .581 in)	2P-5517
102 mm (4.00 in)	D311 (early)	4.55 to 14.76 mm (.179 in to .581 in)	2P-5517
137 mm (5.40 in)	3406	2.60 to 3.96 mm (.1025 in to .156 in)	2P-5518
121 mm (4.75 in)	D330C, 3304, D333C, 3306, D334, 1674	2.60 to 3.96 mm (.1025 in to .156 in)	2P-5518
114 mm (4.50 in)	D330, D333, D320, 1100 and 3100 Series, 3208, 1670, 1673 (Later)	2.60 to 3.96 mm (.1025 in to .156 in)	2P-5518
102 mm (4.00 in)	D311 (Later), D320	2.60 to 3.96 mm (.1025 in to .156 in)	2P-5518

## Plastic Gauges for Checking Clearance

SMCS Code: 1000-082, 0700, 0701, 0714  
 Model: All Engines or Clearance Between Any Mating Parts

- Used to quickly and easily check clearance between mating parts (main rod and bearing clearance, component side clearance, oil pump cover to gear clearance, etc.)
- Plastigage clearance indicator is an extruded plastic thread that crushes when clamped between two mating parts
- Available in four color-coded sizes for easy identification
- Clearance thickness is determined by holding crushed indicator material against paper packaging (see to illustration)
- Any plastic residue on parts can be quickly removed with component cleaner
- One indicator per package
- Overall length: 30 cm (12.0 in)

Typical package with one indicator			
Part No.	Description	Color	Clearance Range
198-9142	Plastigage	Green	0.025 to 0.076 mm (.001 to .003 in)
198-9143	Plastigage	Red	0.051 to 0.152 mm (.002 to .006 in)
198-9144	Plastigage	Blue	0.102 to 0.229 mm (.004 to .009 in)
198-9145	Plastigage	Yellow	0.230 to 0.510 mm (.009 to .020 in)



Crushed material indicates a (.001 in) clearance

## 5P-2050 Connecting Rod Checking Fixture

SMCS Code: 1218-082

Model: Caterpillar Engines except 3600 Engines

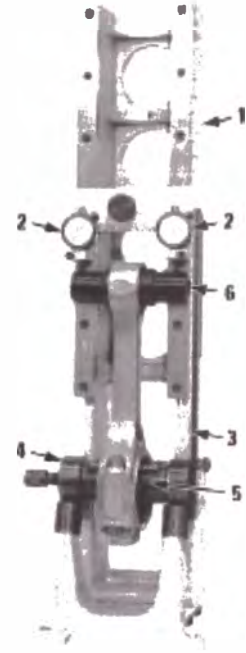
Search

- Provides accurate method for measuring pin bore misalignment and rod distortion on Caterpillar connecting rods (except those on 3600 Engines)
- Connecting rods can be checked before and after rebuild
- Checking fixture and related tools serviced individually to allow dealers to purchase only tools needed for specific engines
- Required: 5P-2050 Checking Fixture, 5P-2051 Position Arm, 5P-2052 or 5P-2053 Crank Mandrel; and appropriate pin mandrel and plunger assembly (listed in application chart)

Item	Part No.	Description	Quantity
1		Checking Fixture	
2	5P-2057	Contact Point (part of 5P-2050)	2
3	5P-2051	Position Arm	
4	5P-2012	Plunger Assembly (part of 5P-2052 and 5P-2053)	
5		Plunger Extension Assemblies (Refer to Application Chart)	9
6		Pin Mandrels (Refer to Application Chart)	25

### Reference

SMHS7366 Special Instruction



Application for 5P-2050 Checking Fixture

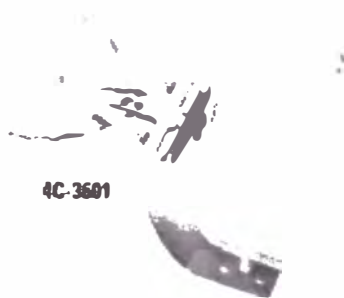
Engine Series	Connecting Rod Assembly	Crank Mandrel	Plunger Extension mm (inch)	Pin Mandrel Bushing In	Pin Mandrel Bushing Out
1140, 1145, 1150, 1160 3145, 3150, 3160, 3108	9L-8369, 9L-9326, 9N-0407, 9L-6016, 9N-8002, 9L-6272	—	5P-2013 19,1 (.72)	5P-2030	—
D3, 910, 931, 3204	4N-2218, 6N-8012	—	5P-2013 19,1 (.75)	5P-2030	—
D311H, D320A	8H-9354	—	5P-2705 12,7 (.50)	5P-2029	—
944 (58A)	3K-6142	—	5P-2705 12,7 (.50)	5P-2029	—
1673, D330, D330A, D333, D333A	1M-1079	—	5P-2014 28,5 (1.12)	5P-2031	—
1670, 1673, D330B, D333B	9M-3980	—	5P-2014 28,5 (1.12)	5P-2033	—
D330C, D333C, 1673C, D334 1674, 3304, 3306	5P-2793	—	5P-2014 28,5 (1.12)	5P-2033	—
D330C, D333C, 3304, 3306	5S-6360	—	5P-2014 28,5 (1.12)	5P-2031	—
D336, 1676	1S-2862 & 4N-6018	—	5P-2015 38,1 (1.50)	5P-2033	—
D4400, D4600	5B-1919 & 6F-4325	—	5P-2013 19,1 (.75)	5P-2034	5P-2049
D3400	5B-1919 & 6F-4326	—	5P-2013 19,1 (.75)	5P-2032	5P-2045
D315, D318	6F-4323	—	5P-2014 28,5 (1.12)	5P-2024	5P-2046
D311	6F-4324	—	5P-2013 19,1 (.75)	5P-2041	5P-2048
D337F, D326F	4H-5348	—	5P-2015 38,1 (1.50)	5P-2034	5P-2047
D326, D337	8F-9411 & 3H-3109	—	5P-2015 38,1 (1.50)	5P-2027	5P-2037
D343, 1693	4M-9218 & 3S-8285	—	5P-2015 38,1 (1.50)	5P-2027	5P-2036
3406, 3408, 3412	4N-0371, 6N-1828, 6N-3911, 4N-0390, 7N-3231, 7N-3229	—	5P-2017 57,2 (2.25)	5P-2027	5P-2036
641, 650, 651, 657, 660, 666	4M-7573, 4N-4339	—	5P-2016 66,6 (2.62)	5P-2027	5P-2036
D346, D348, D349	4N-4261, 2P-2671, 4N-9001 9S-5455, 2S-1601, 4N-9002	—	5P-2016 66,6 (2.62)	5P-2027	5P-2036
D8800, D13000	6F-1952, 6F-4319, 9F-2326	—	5P-2016 47,8 (1.88)	5P-2028	5P-2039

Home

## 1U-6683 Expander 4C-3601 Ring Expander 1U-6684 Compressor

SMCS Code: 1215-012  
Model: 3114, 3116, 3176

- 1U-6683 Expander used to expand piston rings to install them on piston on 3114 and 3116 Engines
- 4C-3601 Ring Expander used to remove and install piston rings on 3176 Engine
- 1U-6684 Compressor used to compress piston rings to install piston into cylinder on 3114, 3116 and 3176
- 1U-6684 Compressor capacity: 76.2 mm (3 in) to 127.0 mm (5 in)



4C-3601



1U-6684



1U-6683

### Reference

- SENR3582, Specification Module
- SENR3583, System Operation Testing and Adjusting
- SENR3611, Disassembly and Assembly Manual
- SEHS8868 Special Instruction, operation

Search

## 7F-9303 Connecting Rod Wrench

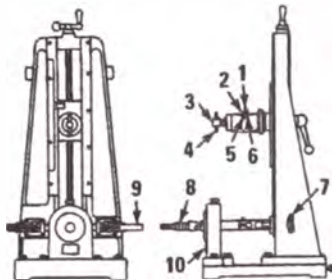
SMCS Code: 1218-011  
Model: D398, D379

- Used to remove connecting rod caps



## 5P-3550 Connecting Rod Boring Machine

**Discontinued — Service Parts Available**



Service Parts		
Item	Part No.	Description
1	SP-2705	Plunger Extension, 12,7 mm (.50 in)
	SP-2013	Plunger Extension, 19,1 mm (.75 in)
	SP-2014	Plunger Extension, 28,5 mm (1.12 in)
	SP-2015	Plunger Extension, 38,1 mm (1.50 in)
	SP-2016	Plunger Extension, 47,8 mm (1.88 in)
	SP-2017	Plunger Extension, 57,2 mm (2.25 in)
	SP-2018	Plunger Extension, 66,6 mm (2.62 in)
	SP-2019	Plunger Extension, 76,2 mm (3.00 in)
	SP-2020	Plunger Extension, 85,9 mm (3.38 in)
2	SP-2012	Plunger Assembly
3	SP-2022	Spindle Assembly
4	SP-2010	Mandrel Body, 66,6-101,6 mm (2.62 in-4.00 in)
	SP-2011	Mandrel Body, 101,6-139,7 mm (4.00 in-5.50 in)
5	6H-9691	Seal

Service Parts		
Item	Part No.	Description
6	SP-3555	Spring
7	SP-3553	Bushing
8	SP-2055	Flexible Drive
9	SP-2021	Clamping Shaft (two)
10	SP-3552	Bushing
11	SP-4376	Rod
12	SH-4051	Tool Bit, 35,0 mm (1.375 in) Carbide Tip
	SH-4052	Tool Bit, 50,8 mm (2.00 in) Carbide Tip
13	SP-2023	Tool Bit Setting Gauge Assembly
	SP-2056	Contact Point (Part of SP-2023)
	SP-2058	Dial Indicator (Part of SP-2023)
14		Use the following locating bushing to center the connecting rod in the boring machine.

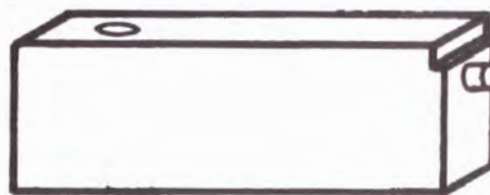
Home

## 9U-5931 Piston Ring Groove Gauge

SMCS Code: 1214-082; 0763  
Model: 3114 and 3116 Engines

- Used to measure piston ring groove
- Checks top and intermediate ring grooves to determine piston reuseability
- Used on one-piece aluminum pistons: 7C-5668, 9Y-7452, 9Y-5536, 7E-1298, 7E-3428, 7E-3578
- Dimensions: 12,7 mm x 9,52 mm x 47,62 mm (.5 in x .37 in x 1.87 in)

Search



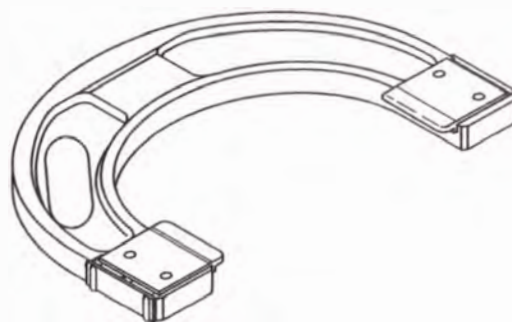
## Piston Ring Groove Gauge Groups

SMCS Code: 1000-040, 0701, 0767  
Model: See below

### Essential Tool

Warranty: Manufacturer's

- Used to quickly and accurately check top ring groove pistons for wear (checks top ring groove only)
- Uses a simple Go/No-Go design (if piston passes through gauge it cannot be reused)
- Improves reliability of inspection and reduces inspection time
- Gauge repair and recalibration done only by manufacturer (damaged blades can be replaced and adjustable design allows gauge to be easily recalibrated)



Piston Ring Groove Gauges (Horseshoe Type)

Part No.	Engine Model	Manufacturer Recalibration
4C-8164	3114 and 3116	No
186-0190	3126	Yes
4C-8165	3176	No
208-7632	C12 and 3196	Yes
208-7636	C16	Yes
4C-8168	3300	No
4C-8169	3400	No
132-4389	3406E	No
132-4390	3500 with Keystone Rings	No
204-8041	3500HD and 3524B	Yes
246-1176	3500A and B with Monotherm Pistons	Yes

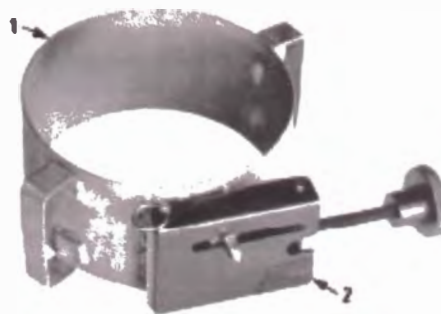
### Reference

NEHS0775 Tool Operating Manual  
NEHS0834 Tool Operating Manual  
NEHS0909 Tool Operating Manual  
SEBF8059 Procedure to Clean and Inspect One-Piece Pistons

## 1U-7616 Compressor Group

SMCS Code: 1214-010, 1225-012  
Model: 3500

- Band-type piston ring compressor used for servicing 3500 Series Engines
- Similar to former band-type 6V-4021 Ring Compressor Group—improvements allow 1U-7616 to provide better seating of band assembly on cylinder liner to minimize possibility of ring breakage
- Has lock to secure compressed piston rings in place on piston
- Two handles for easier handling of piston, rings and rod assembly



Item	Part No.	Description
1	1U-7615	Band Assembly
2	6V-4027	Handle Assembly

Home

## 6V-7151 Lapping Compound

SMCS Code: 1250-070  
Model: Caterpillar Engines

- Recommended to lap flat surfaces of parts used inside unit injectors
- Soluble (can be mixed with) in either solvent or water and can be washed off with water
- Easier to use and to remove than 8S-2259 Compound, part of 8S-2245 Tool Group for pencil-type fuel nozzles, which will give an acceptable surface finish and can be used if desired
- In dispenser-type container (squeeze bottle)
- Contents: 0.454 kg (16.0 oz)

## 1U-9395 Plate

### 1U-8701 Socket

SMCS Code: 1254-010  
Model: Caterpillar Engines

- Used with 6V-4830 Fixture Group and 6V-4822 Tip Driver to remove and install nozzle on type 2 3500 Engine unit injector (Type 2 unit injectors are described in Jan. 1987 Engine News as those with two-piece follower.)
- Make it possible to replace nozzle assemblies that plug or fail; with 1U-9395 Plate installed on 6V-4830 Fixture Group, injector can be held properly to remove and install nozzle assembly
- Early nose cones on type 2 injectors have serrations on cone that are damaged during removal; 7C-9795 Replacement Cone available with a hex to tighten it; 1U-8701 Socket required to tighten cone when replacing nozzle



1U-9395



1U-8701

### Reference

SEHS8993 Special Instruction

## 223-2454 Fuel System and Governor Tool Group, 3114-3116

SMCS Code: 1290-036, 1298-036, 0706  
Model: 3114, 3116, and 3126 Engines  
Warranty: One Year

- Replaces discontinued 1U-6680 Tool Group
- Used to simplify the required testing and adjusting operations
- Allows more precise fuel system adjustments in significantly less time, at less cost, than using previous tooling
- Improvements to tool group are described below

### Timing

#### 9U-7308 Magnetic Base Indicator Group

- Attaches directly to tappet on top of each unit injector
- Saves time — moves from cylinder to cylinder quickly and easily
- Use with 9U-7274 Contact Point

#### 1U-8869 Digital Indicator

- Has a programmable preset feature
- Allows direct reading of published timing dimensions
- Used with the 9U-7269 Timing Gauge Block

### Synchronization

#### 9U-7270 Synchronization Gauge Block

- Used to set #1 injector to 3.5 mm rack (gives more accurate and consistent results)
- Used on 127-8207 Injector

#### 220-0123 Synchronization Gauge Block

- Used to set #1 injector to 3.0 mm rack (gives more accurate and consistent results)
- Used on 127-8213 Injector

#### 9U-7276 Linkage Loading Assembly and 9U-7275 Linkage Tool Support

- Used to hold linkage in synchronizing position for all cylinders
- Allows both hands to be free when making adjustments
- Provides more consistent results by applying a constant spring load to the linkage

#### 9U-7264 Linkage Lever

- Used to actuate linkage when zeroing rack position at each injector

### Fuel Setting

#### 9U-7271 Governor Pin Assembly

- Used to properly position injector control linkage relative to governor housing face when making static rack power setting
- Required for 1994 and later governors where calibration pin connection is not accessible from rear of governor (also works for earlier version governors)

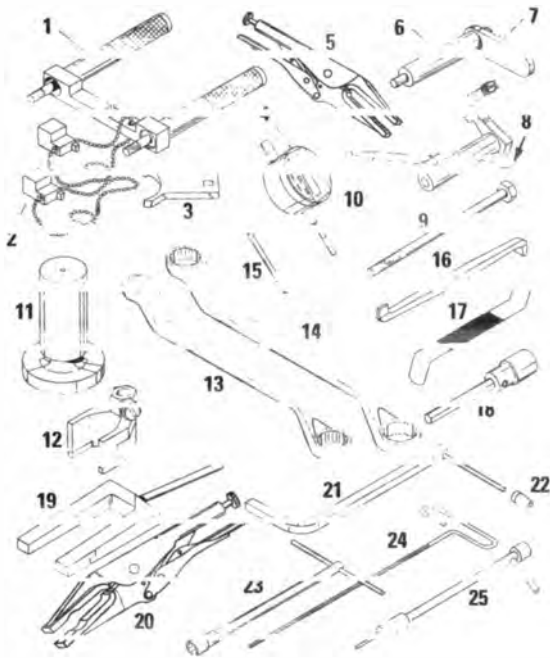
#### 9U-7265 Governor Output Clamp Assembly

- Used to hold calibration pin against governor housing face when checking or adjusting static fuel setting
- Works on all governors except '94 truck ("Type V") and later
- Prevents setting errors that can result from improper use of holding tool

#### 136-4149 Governor Connection Sleeve Pliers

- Used to move linkage cover tube between governor and head to gain access to governor/rack linkage connection
- Pliers have more gripping force than former 6V-0006 Pliers (easier to move stubborn cover tubes)
- Pliers have self-locking feature of "Vice-Grip" type pliers
- Coated with vinyl material to prevent damage to sleeve (refer to "Modifications" section for reworking older pliers)

**NOTE:** 1U-6681 Holding Tool (not included) is still needed for some model governors.



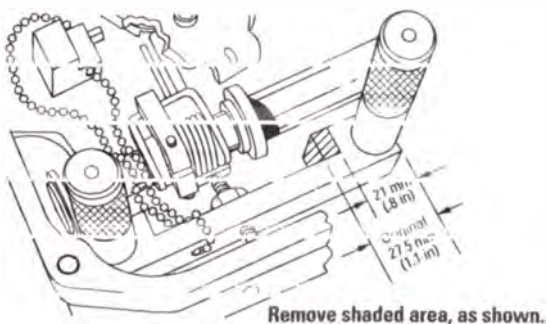
The following list of tools is broken down into essential tools, recommended tools and improved tools. Many tools used in the existing 1U-6680 Tool Group are used again in 223-2454 Tool Group. See footnotes for status of tool.

If desired, an older 1U-6680 Tool Group can be updated to a 223-2454 Tool Group by ordering those items with footnotes 1 and 2. Unless otherwise specified, quantity required is one of each item.

## Modifications

### 128-9640 Injector Synchronization Plate

Installing 180-7956 Clamp Assembly Kit may interfere with 128-9640 Injector Synchronization Fixture Group during synchronization procedures. Modify the injector synchronization plate by machining an additional 6.5 mm (1.25 in) from plate. A 128-9641 Injector Synchronization Plate can be purchased.



## Reference

NEHS0610 Tool Operating Manual  
 SEBR0551 Service Manual, 3116 Diesel Truck Engine  
 SENR3583 Service Manual, Systems Operation, Testing and Adjusting, Basic Engine Components — 3114 and 3116 Engines

Item	Part No.	Description
1	128-9640	Injector Synchronization Fixture Group
<b>128-8706 Spring Plunger (serviceable part)</b>		
2	9U-7270 220-0123	Sync Gauge Block, 3.5 mm Sync Gauge Block, 3.0 mm
3	9U-5120	Spanner Wrench (solenoid)
4	11J-8869	Position Indicator (Digital)
5	128-8823	Locking Long Nose Pliers 238 mm (9.375 in) long [Early 128-8823 were 150 mm (6.0 in)]
6	1U-6675	Spring Compressor
7	8T-4177	Bolt (spring compressor)
8	9U-7282	Indicator Fixture Group
<b>9U-6272 Nylon Screw (serviceable part)</b>		
9	8C-4984	Bolt, (Indicator stand)
10	9U-7263	Contact Point [18.5 mm (.73 in) long]
<b>Fuel Timing Tooling</b>		
11	9U-7269	Timing Gauge Block
12	123-4940	Magnetic Base Group <sup>2</sup>
13	128-8824	Deep Offset Wrench (16 mm and 18 mm)
14	128-8825	Deep Offset Wrench (17 mm and 19 mm)
15	9U-7274	Contact Point [85 mm (3.35 in) long]
<b>Miscellaneous Engine Tools</b>		
16	5P-0302	Bar (injector removal) <sup>3</sup>
17	123-4941	Valve Setting Gauge (feeler gauge for adjusting valves) <sup>3</sup>
18	194-3542	Hex Socket Bit Driver, 5 mm <sup>3</sup>
<b>Fuel Setting Tooling</b>		
19	130-2711	Fuel Setting Holding Tool
20	136-4149	Governor Connection Pliers
21	128-8827	Fuel Setting Pin Assembly
22	1U-7523	Pin Insert Pilot (use with 128-8827 Pin Assembly) <sup>3</sup>
23	1U-7299	Adjustment (FRC) Wrench ("Type V" 1994 and later Trucks)
24	1U-7300	T-handle Wrench, 3 mm hex ("Type V" 1994 and later Trucks)
25	1U-6673	Injector Sync and FRC Adjust Wrench (all models except "Type V" 1994 and later Trucks) <sup>4</sup>
<b>Not shown</b>		
6V-7145	Case	
128-8828	Foam Insert Group	
	NEE2688 Decal	

<sup>1</sup> Recommended or improved tools

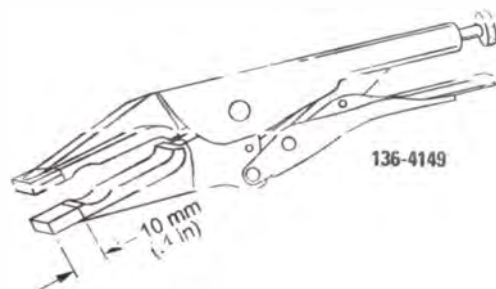
<sup>2</sup> Some of the former 9U-7305 Groups used the new 123-4940 Magnetic Base; check your specific tool group.

<sup>3</sup> Refer to the appropriate engine Service Manual for additional information on use of these tools.

<sup>4</sup> 159-1783 Fuel Ratio Control Adjusting Wrench is 51 mm (2 in) shorter than 1U-6673. Required for 3116-3126 Engines in Challenger 35, 45 and 55.

### 136-4149 Governor Connection Pliers

The 136-4149 Governor Connection Pliers can be used for inspection procedures as outlined in Special Instruction REHS0601, if modified. Remove 10 mm (.4 in) of rubberized coating from tips of pliers to expose metal teeth. This modification will not affect the original function of pliers, and it will allow pliers to fit onto rivet head.





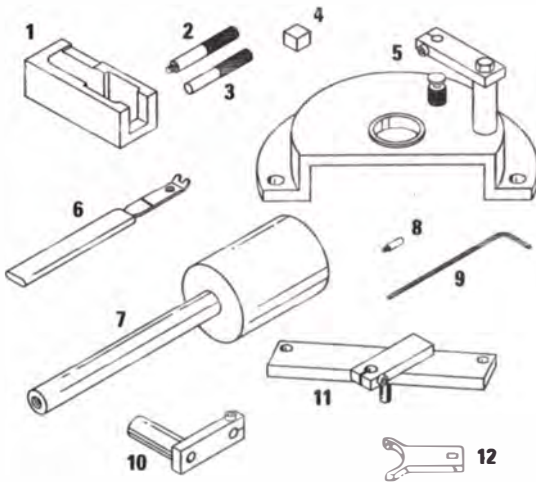
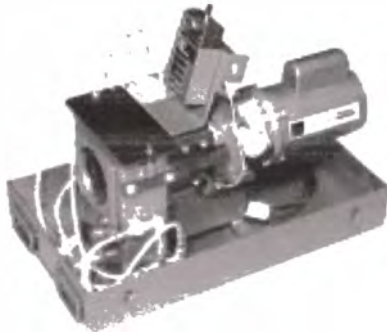
# 1U-7326 Governor Calibration Bench

## 1U-9087 Governor Adjust Tool Group

## 1U-9088 Governor Disassembly and Assembly Tool Group

SMCS Code: 1250-010, 1264-017, 023, 025, 036  
 Model: 3114, 3116, and 3126 MUI Engines

- Used to disassemble, assemble, test, and calibrate governor groups
- All tools in 1U-7326, 1U-9087, and 1U-9088 are serviced separately (groups can be assembled ordering only tools not currently in a dealer's inventory)
- Tools are required to service various governor groups, including Type V (1994 truck versions) and type VI (dual horsepower) governors



Not shown	
8S-3675	Contact Point
1U-7307	Governor Repair Fixture
1U-7312	Calibration Plate
1U-7637	Foam Insert Set
6V-6106	Dial Indicator
6V-7145	Case
	NEEG2650 Decal

### 1U-7326 Governor Calibration Bench

- Used to adjust governor on 1.1 Liter Engines
- Used with 1U-9087 and 1U-9088 Tool Groups
- Used with 9U-7401 Multitach II, 9U-5104 LED Photo Pickup, and 4C-3024 Charger (not included) to read speed

Service Parts	
Part No.	Description
4C-4167	Motor Pump Unit, 230 VAC
4C-4168	Motor Pump Unit, 115 VAC <sup>1</sup>
4C-4169	Pump Inlet Strainer/Filter
9U-6629	Oil Gearbox
8F-0212	O-ring for Collector Cup

<sup>1</sup> 230V AC single-phase power is not always available to operate 1U-7326 Governor Calibration Bench, 4C-4168 is the only special part needed to convert 1U-7326 to 115V AC operation so it can be plugged into any 20 Amp, 115 V outlet.

### FT2804 Bracket and FT2805 Plate

- Used to hold 9U-7401 Multitach II onto 1U-7326 Governor Bench
- Used with 1U-7326 Governor Bench
- Allows Multitach II to read governor speed
- Both FT tools are made from SAE1018 steel

### 1U-9088 Governor Disassembly and Assembly Tool Group

- Used to disassemble and assemble governor groups (many tools in this group were part of discontinued 1U-7315 Governor Repair Group)
- Used with 1U-7326 Governor Calibration Bench
- 1U-7606 Servo Disassembly and Assembly Block — properly positions governor assembly to disassemble and assemble output clevis from servo piston, and press backup spring pin in or out (can also be used on older style servos to safely hold assembly while driving spring pin in or out)
- 1U-7635 Servo Disassembly Driver — used to push servo valve shoulder to avoid damaging valve when removing output clevis from servo piston (use with 1U-7606)
- 1U-7636 Servo Assembly Driver — used to press output clevis into servo piston (use with 1U-7606)
- 6V-9072 Piston Seal Guide — guides new fuel ratio control piston and seal into housing

Service Parts		
Item	Part No.	Description
1	1U-7606	Servo Block
2	1U-7635	Clevis Driver
3	1U-7636	Servo Driver
4	1U-7313	Gauge Block
5	1U-7309	Shim Adjustment Tool (Governor Riser)
6	4C-4354	Applicator (retaining ring)
7	1U-7314	Shim Weight
8	9S-0229	Contact Point
9	1U-7311	Torque Wrench (1.5 mm hex-torque cam adjust)
10	1U-7308	Shim Adjustment Tool (governor spring)
11	1U-7310	Torque Adjustment Tool
12	9U-5120	Spanner Wrench

### Reference

SENR6454 Service Manual, Governor, SEHS8868 Special Instruction, Using the 1U-7326 Governor Calibration Bench

## 5P-5170 Valve Guide Knurling Group

SMCS Code: 1104-023  
Model: 1100, 3100 and 3208

- Used to recondition cylinder heads and valve guides that are 9.4 mm to 10 mm (.371 in to .375 in) in diameter
- Among models that can be serviced are 1100, 3100 and 3208 Engines; other arbor and reamer sizes adaptable to all current and most non-current Caterpillar engines are available separately; arbor and reamer sizes not listed can be obtained from K-Line Industries, Inc., 315 Garden Avenue, Holland, Michigan 49423

Part No.	Description	Size
9U-5987	Oil	1/2 Pint
5P-5187	Tap Wrench	
5P-5177	Speed Reducer	
5P-5176	Brush	
5P-5175	Knurling Arbor	.371 in
5P-5171	Reamer	.371 in
5P-5172	Reamer	.371 in
5P-5173	Reamer	.373 in
5P-5174	Reamer	.374 in

Other Arbors and Reamers — Not Included in 5P-5170		
Part No.	Description	
5P-5188	Knurling Arbor	.312 in
5P-5189	Knurling Arbor	.406 in
5P-5190	Knurling Arbor	.500 in
5P-5179	Reamer	.310 in
5P-5180	Reamer	.311 in
5P-5181	Reamer	.401 in
5P-5182	Reamer	.401 in
5P-5183	Reamer	.403 in
5P-5184	Reamer	.495 in
5P-5185	Reamer	.496 in
5P-5186	Reamer	.497 in
6V-7156	Reamer	.500 in



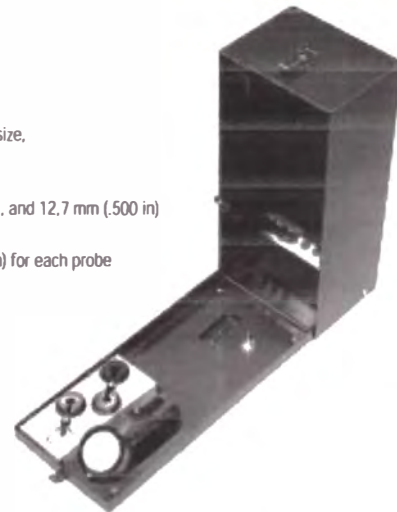
**Reference**  
SMHS6747 Special Instruction

## 5P-3536 Valve Guide Gauge Group

SMCS Code: 1100-017, 1104-049, 1104-082  
Model: Multiple Engine Models

- Provides method for quickly and accurately measuring all current valve guides for size, taper, and out-of-roundness on D379, D398, D399, G379, G398 and G399
- Contains 3 probes, 3 master ring gauges, and a dial bore gauge
- Probes sized to cover all current valve guides: 7.92 mm (.312 in), 9.52 mm (.375 in), and 12.7 mm (.500 in)
- Each probe long enough to reach completely through longest guide
- Gauge graduated in 0,005 (.0002 in) increments with useable range of 0,38 (.015 in) for each probe

**Reference**  
GMG02562 Special Instruction




Search

## 4C-9734 Valve Guide Gauge, 3114, 3116

SMCS Code: 1104-081, 1104-036, 1104-039; 0763  
Model: 3114, 3116

- Used for quick, accurate checking of valve guide wear on 1.1 Liter Engines
- Double-ended for checking maximum and minimum valve guide bore dimensions
- Valve guide bore dimensions:  
Maximum: 8.080 mm (.3181 in)  
Minimum: 8.035 mm (.3163 in)



Home

## 6V-4020 Expander Group

SMCS Code: 1214-010, 1225-011, 1225-012  
Model: 3500

- Used to remove and install piston rings on 3500 Series Engines



Item	Part No.	Description
1	6V-4024	Guide Ring
2	6V-4023	Handle Assembly

Search

## Piston Ring Expanders

SMCS Code: 1214-010  
Model: Caterpillar Engines  
Warranty:

- Used to easily and safely remove and install piston rings
- When removing or installing piston rings without suitable tool, rings apt to be broken or overstressed so they no longer fit cylinder wall properly

Engine Bore mm (inch)	Expander Part No.
5,40 (2.125)	2H-7099
9,53 (3.75)	7B-7977
101,6 (4.00)	5F-9058
108,0 (4.25)	7B-7976
114,3 (4.50)	5F-9059
120,7 (4.75)	7S-9470

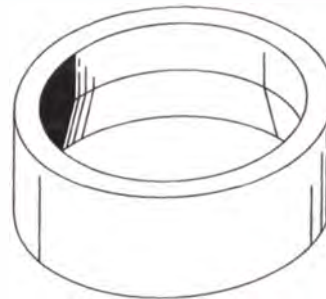
Engine Bore mm (inch)	Expander Part No.
130,2 (5.125)	9F-4917
133,4 (5.25)	7B-7975
137,2 (5.4)	7M-3978
139,7 (5.5)	149-7179
146,1 (5.75)	7B-7974
158,8 (6.25)	5H-9621



## Piston Ring Compressors

SMCS Code: 1214-010  
Model: Caterpillar Engines

- Simple, but practical, one-piece piston ring compressors save time and prevent damage to rings when installing pistons in older engines
- Taper on inside is ground to a smooth surface so rings slide through easily
- Scissors-type piston ring compressors used on more current Caterpillar engines; much easier and faster to use; ring breakage and injury to fingers practically eliminated

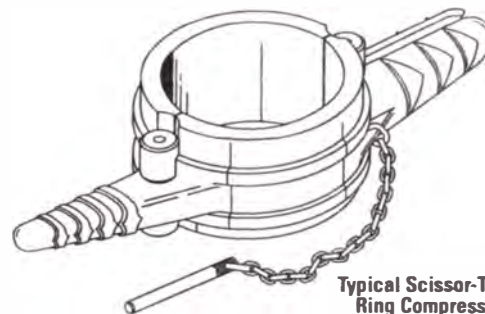


Typical One-Piece Ring Compressor

Engine Bore mm (inch)	Compressor Part No.
108,0 (4.25)	1U-6684
133,4 (5.25)	1B-7822
146,1 (5.75)	2B-8184 <sup>1</sup>
158,8 (6.25)	6H-4140 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Discontinued

Scissors Type Ring Compressor	
Engine Bore mm (inch)	Compressor Part No.
105.0 (4.13)	187-1462
114.3 (4.50)	5P-3524
120.7 (4.75)	5P-3525
125.0 (4.92)	161-4163
130.1 (5.12)	161-4164
137.2 (5.40)	5P-3526
139.7 (5.5)	149-7180
145 (5.7)	200-3914
146.1 (5.75)	5P-3527
158.8 (6.25)	5P-3528
Scissors Type Ring Compressor (3126 and 3126B Engines)	
110.0 (4.33)	173-5529



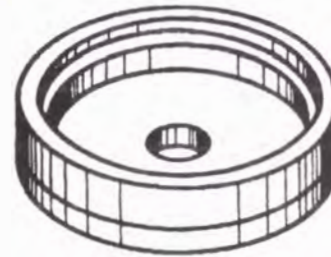
Typical Scissor-Type Ring Compressor

## 9U-5114 Seal and Wear Sleeve Installer

SMCS Code: 1000-012: 0701  
Model: D346, D348, D349

- Required to locate 7C-7474 Seal and Wear Sleeve, Rear, on D346, D348 and D349 Engines, 5.4 bore, 60° Vee

Search

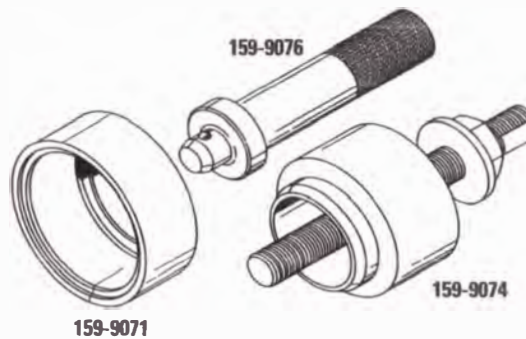


## Crankshaft Oil Seal Installers

SMCS Code: 1250-010  
Model: 3034 Engines

### Essential Tool

- Used to install front and rear crankshaft oil seals
- 159-9074 for front and 159-9071 for rear crank seal
- 159-9076 Handle used with 159-9071



Part No.	Description
159-9074	Front Seal Installer
159-9071	Rear Seal Installer
159-9076	Rear Drive Handle

### Reference

SENR5013 Engine Disassembly and Assembly Module

## 1U-7430 Front Seal Installer

## 1U-7598 Rear Seal Installer Group

SMCS Code: 1250-010  
Model: 3114, 3116

- Required for disassembly, assembly and adjusting of 1.1 liter engine, fuel system, and governor
- 1U-7430 Front Seal Installer used to install crankshaft front seal
- 1U-7598 Rear Seal Installer Group used to install crankshaft rear seal and its mating wear sleeve

1U-7430



Part No.	Description
1U-7594	Rear Installer
1U-7596	Modified by Cat Bolt
1U-7597	Sleeve Ring
9S-8858	Nut Assembly

### Reference

SENR3582, Specification Module

SENR3583, System Operation Testing and Adjusting

SENR3611, Disassembly and Assembly Manual

SEHS8868 Special Instruction, operation



1U-7598

## 9U-6180 Front Seal Installer Group

SMCS Code: 1160-012, 0714  
Model: 3064 and 3066 Engines

- Used to install crankshaft front seal without removing front cover
- Makes installation easier and prevents damage to seals
- Assures uniform contact around crankshaft (ultimately provides longer seal life)



Item	Part No.	Description
1	9U-6179	Washer
2	9U-6178	Installer Stud
3	9U-6181	Sleeve

### Reference

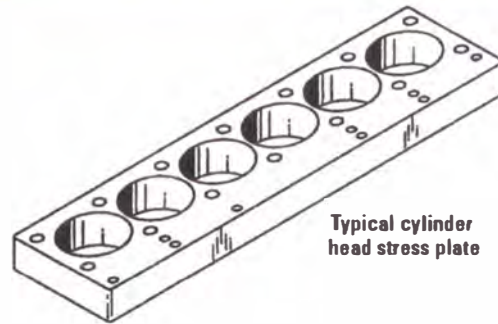
SENR5553 Service Manual, 3066 Diesel Engines

## Cylinder Head Stress Plates

SMCS Code: 1223-049

Model: 3114, 3116, and 3126 Engines

- Used to properly recondition and measure cylinder bores
- Used with 8T-0362 Bolt and 8T-3282 Washer (fourteen of each required)
- Plate must be installed on cylinder block to simulate cylinder head being assembled onto block
- When plate is installed, cylinder bore is distorted as though cylinder head were installed (plate provides adequate clearance for cylinder hone and measuring tools)
- If plate is not installed during honing, bore will not be round when cylinder head is assembled onto block (this will reduce the life of the overhaul and could affect engine performance)
- Plate is hardened for added strength and durability



Typical cylinder head stress plate

Overall size	789 x 215 x 50 mm (31.1 x 8.5 x 2.0 in)
Bore size (3126)	112 mm (4.4 in)
Bore size (3114/3116)	107 mm (4.2 in)
Bolt specifications	M20 x 2.5, 110 mm long

Part No.	Description	Model
125-2064	Cylinder Head Stress Plate	3126
126-8132	Cylinder Head Stress Plate	3114/3116

## Tools for Reconditioning Cylinder Block Counterbores

SMCS Code: 1201-020

Model: Multiple Engine Models

Engine blocks which develop cracks in the cylinder liner counterbore area can be repaired. The repair consists of machining a new counterbore and installing a liner seat insert. The insert is then machined to standard counterbore depth with the 5P-4175 Counterboring Tool.

The 5P-4175 Counterboring Tool along with the basic tools required for all engines are described below. Refer to the chart for additional tools and the inserts which must be selected for individual engines.

### Reference

SMHS7600 or SMHS7585 Special Instructions (use of 5P-4175 Counterboring Tool)

Other Special Instructions listed in chart



#### Basic Tools Required for All Engines

Item	Part No.	Description
1	5P-4175	Counterboring Tool Group
2	8H-3127	Bolt (Part of 5P-4175)
3	5P-1629	Drive Group (Part of 5P-4175)
	5P-1628	Drive Assembly (Part of 5P-1629)
	5P-1627	Sprocket Drive (Part of 5P-1629)
	4B-9806	Setscrew (Part of 5P-1629)
4	5P-1631	Chain Assembly (Part of 5P-4175)
5	6V-2120	Sprocket (Part of 5P-4175)
6	5P-1657	Shaft
7		No longer available — use 9U-7896 Base and Micrometer Group
8	5P-1630	Drive Adapter
9	5P-1656	Hook
10	5P-1769	Washer (four)

#### Additional Tools Required for Individual Engines (Refer to Chart for Part Numbers):

11	Installer Assembly Includes:	
	5F-9871	Nut
	4M-6013	Washer
12		Depth Master Gauge
13		Cutter Assembly
14		Cutter Setting Gauge
15		Holder Group
	6V-4985	Holder Plate (Part of Holder Group)
	6V-4984	Screw (Part of Holder Group)
16	5P-1626	Setscrew (Part of Holder Group)
17		Mounting Bolts
18		Liner Seat Insert

## 5P-8637 Crankshaft Support Group

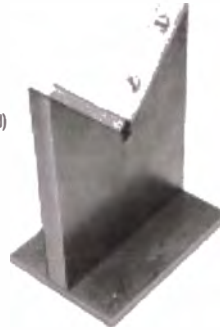
SMCS Code: 1202-040  
Model: Caterpillar Engines

- V-block-type supports used to inspect crankshafts for bend (two support groups required)
- Replaceable plastic bearing pads will not damage crankshaft

### Reference

SEBF8054 Guideline for Reusable Parts

Search



Part No.	Description	Quantity
7F-7836	Screw	4
5P-8636	Pad	2
2H-6120	Screw	3
0S-0509	Bolt	2

## 5P-8718 BrakeSaver Rotor Support

SMCS Code: 1155-010, 1155-017  
Model: 3406, 3406B, 3408, 3408B

- Used to prevent damage to seals during BrakeSaver removal and installation on 3400 Series Engines
- Attached to engine with four 0S-1594 Bolts
- Replaces 9N-0046 design changes



## 8F-4423 Flywheel Lifter

SMCS Code: 1156-010  
Model: Caterpillar Engines

- Used for flywheel removal and installation
- Two lifters can be used for removal and installation of some crankshafts
- Maximum lifting capacity: 454 kg (1000 lbs)



## 9U-7994 Flywheel Guide Pin

SMCS Code: 1156-010, 0714  
Model: 3046 Diesel Engine

- Used to remove and install flywheel (two required)
- Supports weight and aligns flywheel during engine assembly
- Simple to use (threaded guide pin has screwdriver slot for easy installation)
- Thread: M12 x 1.25
- Overall length: 190 mm (7.5 inch)



### Reference

SENR6458 Special Instruction, Disassembly and Assembly of 3046 Engines

## 5P-3022 Wear Sleeve and Seal Installer

SMCS Code: 1160-012, 1161-012  
Model: Caterpillar Engines

- Used to install both front and rear seals and wear sleeves on 6.25 inch bore V-engines
- Also included with 3N-8008 Crankshaft Seal Conversion Group, Front, and 3N-8000 Crankshaft Seal Conversion Group, Rear, for replacing former piston ring-type seal, thrower, and baffle



## 1U-5750 Diesel Engine Repair Stand, 6000 lbs.

SMCS Code: 0630

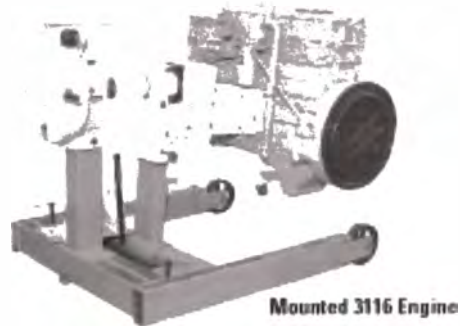
Model: Engines within 6000 lbs.

- 1U-5750 includes universal engine adapter assembly which permits use of engine mounting adapters
- Integral, 12-ton jack raises work to provide swing radius needed to turn work
- Turning even a 3-ton diesel 360° is easy — a 96 to 1 ratio worm and gear set does the job easily
- Crank handle can be locked in any position
- 2 front wheels and 2 rear casters permit easy mobility; floor locks anchor 1U-5750 in place
- Required floor space: 48 inch W x 55.5 inch L
- Weight: 698 lbs.

### Engine Adapter Plates for 1U-5750

- Order only adapters needed for engines being worked on; universal adapter assembly required for mounting all but John Deere adapters to stand
- Warranty: Manufacturer's

**NOTE:** Products are shipped F.O.B. Searcy, Arkansas. Each Engine mounting plate includes all the necessary hardware and an engine application chart.



Mounted 3116 Engine

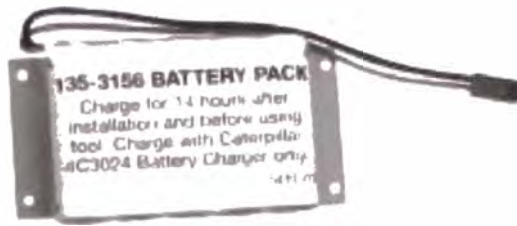
### Reference

Tool Guide, Lifting, Blocking and Clamping Section



Item	Part No.	Description
1	1U-7517 <sup>1</sup>	For International Harvester engines; DT-466 in-line 6 cyl., DV-550, MV-404, MV-446, V304, V345, V392, 4-152, 4-196, 4-194, 9.0 liter V8 and the 6.9l (Ford). Wt., 62 lbs.
2	1U-7510 <sup>1</sup>	For Cummins engines: All NH, NTC and NTE 855 Series in-line 6 cyl; 378 Series V6; S04, 555 and 903 Series V8; KT 1150 Series in-line 6 cyl., L10. Wt., 41 lbs.
3	1U-7513 <sup>1</sup>	For Mack engines: V8 1000 and 1980 thru current 672 in-line 6 cyl. and 477 Scania series. Note: No. 206629 supersedes No. 205100. Wt., 32 lbs.
4	1U-5749 <sup>1</sup>	For Caterpillar engines; Nos. 1673, 1674, 1693, 3304, 3306 and 3406 in-line 6 cyl.; Nos. 1100 and 3208 V8; No. 3408 V8. Wt., 68 lbs.
5	1U-7511 <sup>1</sup>	For Mack engines: All 672, 673, 675 and 711 Series in-line 6 cyl. Wt., 49 lbs.
6	1U-7518 <sup>1</sup>	Allison transmission mounting plate, for use with 1750-A engine stand. Handles Allison transmission Nos. AT500, MT600, MT 6 speed, VH, VS and V730. Wt., 25 lbs.
7	1U-7508	Universal adapter plate assembly. Included with 1U-5750. (Must be used with all plates below except John Deere plates.) Wt., 114 lbs.
8	1U-7509 <sup>1</sup>	For Detroit engines: 53 Series in-line 6 cyl., 6V and 8V; 71 Series in-line 6 cyl., 6V, 8V and 12V; 92 Series 6V and 8V; 8.2 liter V-8. Wt., 58 lbs.
Not shown	9U-5161	For Caterpillar Engines: 1.1 and 1.7.

<sup>1</sup> Must be used with 1U-7508 Universal Adapter Plate Assembly



### Reference

NEHS0606 Tool Operating Manual, 9U-6700 Ultrasonic Wear Indicator II and SHHS9089 Special Instruction, 1U-9800 Ultrasonic Wear Indicator Operating Instructions

## 9U-7370 Belt Tension Tester

SMCS Code: 419 / 036

Model: All "C" Series Challenges

Warranty: One Year, CSIG Tool Repair

- Used to check pressure in belt tension cylinder – checked from wiring harness or pressure transducer
- Used with 6V-7070 Multimeter or 9U-7330 Multimeter (tester can be easily and quickly interfaced)
- Built in voltage, temperature, and pressure chart on back of tester
- Power to transducer supplied directly from tester – no need for external power supply
- Battery saver automatically turns tester Off after one minute.



### Reference

NEHS0600 Tool Operating Manual

Input	0 to 5 VDC (supplied by pressure transducer)
Output	0 to 5 VDC (measured at tip jacks on tester)
Power	internal 9 VDC battery
Battery	1U-9534 Battery, Alkaline
Battery saver time limit	one minute
Battery life	approximately eight hours (continuous use)

Item	Part No.	Description
1	9U-7370 Belt	Tension Tester
<b>Includes Service Parts</b>		
2	9U-7368	Cable Assembly
3	9U-7369	T-Cable Harness

Item	Part No.	Description
<b>Not Shown</b>		
	6V-3110	Back Cover
	8T-0844	Front Cover
		NEEG2562 Decal
		NEEG2563 Decal

## 6V-7059 Multiple Anvil Micrometer

### 6V-2034 Adapter

Warranty: Manufacturer's

- Micrometer used for measuring top flange thickness on cylinder liners, and also with the 6V-2034 Adapter to measure Caterpillar engine valve lip thickness. (SP-6518 Fixture Group can also be used to measure lip thickness on engine valves.)
- Furnished with two anvils – one anvil is for measuring parts which can not be measured with a standard micrometer, the other anvil permits the micrometer to be used as a general purpose 0-25 mm measuring instrument.
- When measuring engine valve lips with the 6V-2034 Adapter, refer to the valve dimensions given in the Guideline for Reusable Parts, Form SEBF8034



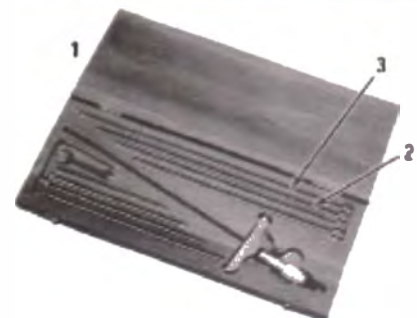
## 6V-2012 Gauge Group, Micrometer Depth (in)

### 6V-7030 Gauge Group, Micrometer Depth (mm)

Warranty: Manufacturer's

- Contains a complete set of measuring rods from 0.9 inch (22.86 mm) which are all stored in the wooden case
- Base: 76.2 mm (3.00 inch) wide; uses 3.96 mm (5/32 inch) rods

Item	Part No.	Description
1	6V-2013	Case
2	6V-0088	Rod, 177.8-203.2 mm (7-8 in)
3	6V-0091	Rod, 203.2-228.6 mm (8-9 in)



Home



## 4C-8753 Extended Collet

SMCS Code: 1250 (36)

Model: 3500 Family Engines

Warranty: Six Months (Not Repairable)

- Improves accuracy of fuel setting measurement and adjustment on the 3500 Engine
- Used with BT 1002 Electronic Position Indicator Probe or dial indicator
- Prevents side loading of probe shaft by fuel stop lever in governor - side loading can cause setting errors and breakage of contact point on indicator
- Attaches to indicator probe or dial indicator - is correct length for 5P 4263 Contact Point specified in 3500 fuel testing and adjusting instructions
- Has been added to 6V 7890 Timing and Fuel Setting Tool Group
- Fits all dial indicators with 9.5 mm (3/8 in) mounting boss
- 82.6 mm long 3/8 16 THD for mounting on engine
- Allows 25.4 mm (1 in) probe travel when used with 76.2 mm (3 in) shaft extension



### Reference

SEHS97/B Special Instruction

## 8T-5096 Dial Indicator Test Group

Warranty: Manufacturer's

- Provides tooling used in taking many different service measurements such as gear backlash, end clearance, side clearance, valve movement or rack position
- Contains all components of the 7H 1949 Dial Indicator Group, along with an 8S 2329 Base and 8S 2327 Post.
- Magnetic base provides easier and quicker mounting of the dial indicator. The former 7H 1949 Dial Indicator Test Group can be updated by adding the 8S 2329 Base and the 8S 2327 Post.



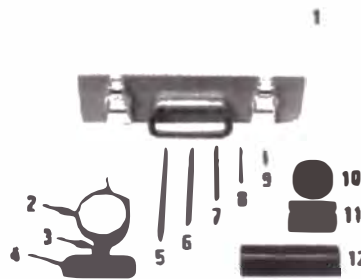
Item	Part No.	Description
1	6V-3072 2P-8311	Box Block
2	7H-1946	Arm
3	7H-1941	Base
4	7H-1942	Indicator
5	8S-2329	Base
6	7H-1940	Universal Attachment
7	7H-1947	Holder
8	8S-2327	Post
9	7H-1945	Holding Rod
10	7H-1645	Holding Rod
11	7H-1944	Post
12	7H-1943	Clamp
13	7H-1948	Snug

## 6V-7926 Dial Indicator Group

Warranty: Manufacturer's

- Used primarily for measuring off engine timing dimensions when setting fuel pump lifters
- Measurements made with a 25.4 mm (1.00 inch) travel indicator and 5 contact points
- Can also be used in other applications for accurate depth measurements up to 127 mm (5.00 inch)

Item	Part No.	Description
1	6V-3073 6V-7029 6V-7924	Box Assembly Liner Block Holder Block
2	8S-3158	Indicator
3	3P-1585	Collet Clamp
4	5P-4156	Base
5	5P-4163	Contact Point, 120.65 mm (4.75 in) long
6	5P-4162	Contact Point, 95.25 mm (3.75 in) long
7	5P-4161	Contact Point, 69.85 mm (2.75 in) long
8	3S-3270	Contact Point, 44.45 mm (1.75 in) long
9	5P-4160	Contact Point, 19.05 mm (.75 in) long
10	5P-4159	Gauge Stand
11	5P-4158	Gauge, 50.8 mm (2 in)
12	5P-4157	Gauge, 101.6 mm (4 in)



Home

## ANEXO N° 30

### Programación de indicador Digital 1U-8869

SMCS - 1250

Número de medio NSHS0610-03

Fecha de publicación 01/03/1996

Fecha de actualización 22/02/2007

### Procedimiento

Programa el indicador en Posición Digital 1U-8869 (E) a un valor establecido de 62.00 mm (la dimensión del Bloque de Medidor de sintonización patrón 9U-7269 – (G)) de la siguiente manera:

- a) Ponga el indicador en ENCENDIDO presionando el botón **"ENCENDIDO / APAGADO"**.
- b) Presione el botón **"pulg/mm"** para que la pantalla muestre milímetros.
- c) Debajo de REV, debe haber un signo negativo (-) en la pantalla. Si el espacio está en blanco, presione el botón (+) para que la pantalla muestre (-). Ahora el movimiento del embolo dentro del indicador se verá en la pantalla como movimiento (-) y el movimiento del embolo fuera del indicador es movimiento (+).
- d) Empuje y sostenga apretado el botón de **"preajuste"** hasta que haya una (P), destellante en la esquina derecha superior de la pantalla y entonces suelte el botón.
- e) Empuje y sostenga apretado el botón de **"preajuste"** hasta que la (P) deje de destellar y que se vea una barra indicadora intermitente en la parte izquierda inferior de la pantalla. Suelte el botón. Presionado momentáneamente el botón de **"preajuste"** hará que un signo (-) aparezca o que desaparezca encima de la barra indicadora intermitente. Use el botón de **"preajuste"** para hacer que esta posición quede en blanco.
- f) Empuje y sostenga apretado el botón de **"preajuste"** hasta que la barra indicadora intermitente esté debajo de la posición del primer número (cuarta posición a la izquierda del decimal), después suelte el botón. Al presionar momentáneamente el botón de **"preajuste"**, cambiará el número en esa posición en la pantalla. Use el botón de **"preajuste"** para hacer que la posición muestre (0).
- g) Use el botón de **"preajuste"** para mover el indicador destellante y cambie los números de la pantalla hasta que la pantalla indique 0062,00 mm.
- h) Presione y sujete el botón de **"preajuste"** para mover el indicador destellante hasta que aparezca la letra (P) destellante en la esquina derecha superior de la pantalla y entonces suelte el botón. Presione momentáneamente el botón de **"preajuste"** de modo que aparezca la (P) destellante y los ceros a la izquierda de 62.00 mm.
- i) Para volver a llamar el número preestablecido, repita los pasos 2a y 2d, después presione por un momento el botón de **"preajuste"** de modo que la señal intermitente (P) y los ceros a la izquierda de 62,00 mm desaparezcan.
- j) Apague el indicador. El indicador retendrá el número preestablecido en la memoria (solo se retiene el número preestablecido). Cerciérese de que el embolo del indicador esté completamente extendido. Para volver a llamar el número preestablecido, repita los pasos 2a y 2d. Después presione por un momento el botón de **"preajuste"** de modo que la (P) intermitente y los ceros a la izquierda de 62,00 mm desaparezcan.

Instale la punta de contacto 9U-7274 (F) de 85 mm de largo en el vástago del indicador de posición digital.

Ponga el indicador (E) en el grupo de base magnética (H) hasta que toque el fondo. Apriete el tornillo de sujeción de nylon (I).

Cerciórese de que la base magnética del grupo de dispositivo del indicador (H) está limpia (No debe haber partículas que se peguen en el imán). Asegúrese también de que tanto la parte superior como el resalto del bloque del Medidor de Sincronización (G) estén limpios. Ponga el indicador y el conjunto de base sobre el bloque de medidor de sincronización como se muestra en la siguiente ilustración.



#### ILUSTRACION

- (E) Indicador de Posición Digital 1U-8869.
- (I) Tornillo de sujeción de Nylon 9U-6272 (Parte del 9U-7282)
- (H) Grupo dispositivo del indicador 123-4940.
- (G) Bloque de medidor de sincronización 9U-7269
- (F) Punta de contacto 9U-7274

## ANEXO N° 31

### Instrucción Especial N° SEHS9787

Número de medio SEHS9787-01

Fecha de publicación 06/05/1996

Fecha de actualización 30/01/2002

### **Procedimiento de Prueba de Unidades de Inyección Mecánica de Motores Caterpillar 3114, 3116 y 3126**

Para realizar este procedimiento se requieren los siguientes equipos especiales

#### 1U-6661: Probador de Presión de inyector

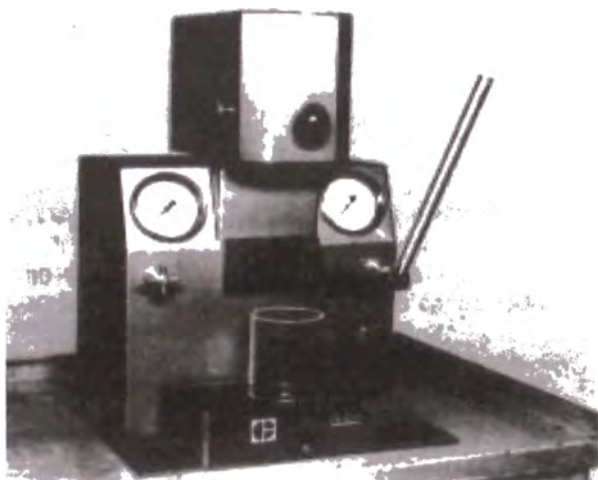


Ilustración N° 01

#### 1U-6662: Grupo sujetador de inyector



Ilustración N° 02



El 1U-6662 Grupo sujetador de inyector, permite verificar la presión de inyectores de 1.1 litros (Cilindrada Total: 6.6 litros), el cual se acopla al probador de presión 1U-6661. El ensamble del grupo sujetador de inyector consiste en: Bloque de sostenimiento (1), Cubierta de protección (2), Tapón de Prueba (3)

## Daños mas Comunes que causan defecto en el inyector

- Observe daño en los agujeros de las puntas. Para evidenciarlo limpie la punta con una escobilla de alambres especial y utilice aumento.
- Observe desgastes en el cuerpo, resorte y varilla levantadora de válvula.
- Observe ralladura en la cremallera, cremallera suelta o inclinada,
- Observe puntas ó toberas rotas.
- Observe presencia de oxidación y/o recalentamiento (Des-coloración).
- Observe sellos deteriorados o rotos
- Observe daño en el filtro de rejilla.

**NOTE:** No use el inyector si se presentan estos daños.

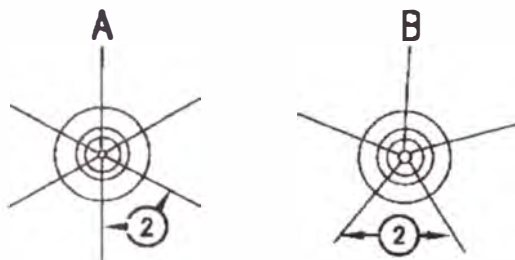
## Preparación para la prueba:

Use el fluido de calibración con las siguientes especificaciones: SAE J-967 (ISO 4113), los cuales se obtienen en las siguientes capacidades:

- 6V-6067 : Cilindro de 208 Litros (55 U.S. Gal)
- 6V-6068 : Balde de 19 Litros (5 U.S. Gal)
- 9U-7411 : Botella de 3.8 Litros (1 U.S. Gal)

## Prueba de Goteo

1. Abra la válvula de retorno en el equipo 1U-6661 (Probador de presión de inyector) para realizar la prueba. Previamente el inyector debe haberse hecho probar de 12 a 15 veces para eliminar todo el aire interior.
2. Use una toalla limpia para secar la parte del inyector que sobresale del bloque de sostenimiento.



042397

Ilustración N° 03

En la ilustración N° 03 se observa que la configuración (A) tiene seis orificios en la punta y la configuración (B) tiene cinco orificios en la punta, el ángulo del orificio (2), debe espaciarse uniformemente.

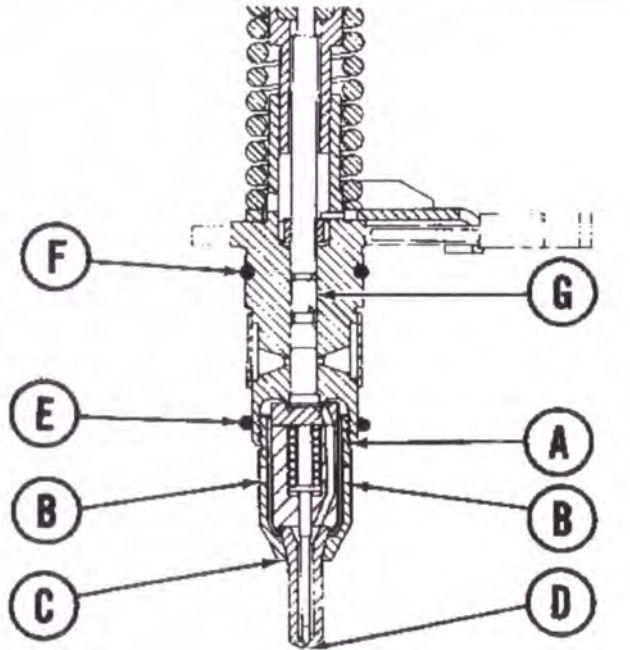


Ilustración N° 04

Debe comprobarse la existencia de fugas en las siguientes partes:

- A: La junta entre el cuerpo y el cono: No se permiten fugas.
  - B: Los agujeros de descarga en el cono.
  - C: La junta entre la punta y el cono: No se permiten fugas.
  - D: La junta entre la válvula y el asiento de la aguja: El goteo no debe exceder de 10 gotas en 30 segundos.
  - E: Sello anillo: No se permiten fugas en esta área.
  - F: Sello anillo: No se permiten fugas en esta área.
  - G: Luz entre el embolo y el cuerpo.
3. Antes de presurizar, revise la ilustración N° 04, para identificar las posibles ubicaciones de goteo.



## WARNING

Para realizar los pasos del 4 al 7 utilice cubierta de protección resaltada con el número 2 en la ilustración N° 02. Lleve mascarera y ropa de protección en todo el momento que dure la prueba.

4. Cierre la válvula y presurice entre 2000 kPa (290 psi) y 3000 kPa (435 psi) por debajo de la presión de apertura la válvula del inyector. Inspeccione las siguientes ubicaciones (A), (E) y (F). el Goteo en (E) y (F) puede corregirse con los nuevos sellos, si hay goteo en la ubicación (A), NO USE el inyector.
5. Abra la válvula del retorno para aliviar la presión. Limpie el inyector y séquelo.
6. Envuelva con una toalla seca y limpia alrededor del cono del inyector para que las locaciones (C) y (D) sean visibles. Cualquier goteo de (B) lo absorber la toalla.
7. Cierre la válvula de retorno y presurice el inyector
  - Inspeccione el inyector para determinar fugas en (C) y (D).
  - Si hay goteo en la locación (C), NO USE el inyector.
  - Si el goteo excede las 10 gotas en 30 segundos en la locación (D), NO USE el inyector.

## Prueba de rocío

1. Coloque el inyector en el bloque de sostenimiento e inspeccione los sellos anillos para detectar melladuras u cortes. Instale nuevos sellos si es necesario.

**NOTA:** Para una prueba válida, ambos sellos deben estar en la condición re-usable. Lubricar los sellos anillos para ayudar a instalar los inyectores.

**NOTA:** Para el empleo del probador de presión de inyector (1U-6661), use de preferencia el Sello anillo 3D-2992 y el sello anillo 4C-6242 (Posicionándolo fuera del lado presurizado), usarlo juntos a las tres siguientes ubicaciones:

- En el tapón de la prueba.
  - En la ranura ubicada en el cilindro de bloque de sostenimiento.
  - En el inyector, pero solo para el propósito de esta prueba. El sello anillo 3D-2992 no está diseñado para temperaturas altas y no debe usarse para la instalación del inyector en el motor.
2. Remueva el tapón del panel de desagüe. Instale la cubierta protectora o escudo de rocío convenientemente bajo el bloque de sostenimiento.
  3. Asegúrese que el bloque de sostenimiento esté limpio, después instale el inyector en el cilindro del bloque de sostenimiento. Instale el inyector correctamente comprobando que la abrazadera se posiciona entre los pines.

4. Para asegurarse que el inyector está instalado apropiadamente, Apriete el asa para sentar el inyector firmemente en el bloque de sostenimiento.
5. Instale la cubierta de protección. Use una ligera presión para comprimir el resorte del inyector.
6. Mueva la cremallera hacia el inyector hasta que tope con el pin de parada. El inyector está ahora listo para la prueba.
7. Abra la válvula primaria y la válvula de retorno de el equipo de prueba. Mueva el asa para bombear el fluido de prueba a través del inyector. Bombeé el fluido de prueba hasta que no se observe burbujas de aire en el tubo de inspección.
8. Cierre la válvula primaria y la válvula de retorno.
9. Opere el equipo bombeando rápidamente mediante varios golpes para obtener un buen flujo del fluido de prueba por cada orificio de la punta del inyector. La técnica de bombeo es la siguiente:
  - Mediante la palanca del probador de inyectores efectué rápidamente golpes llenos.
  - Bombeé rápidamente para obtener un flujo fuerte logrando de esta forma atomizar el fluido de prueba por cada orificio.

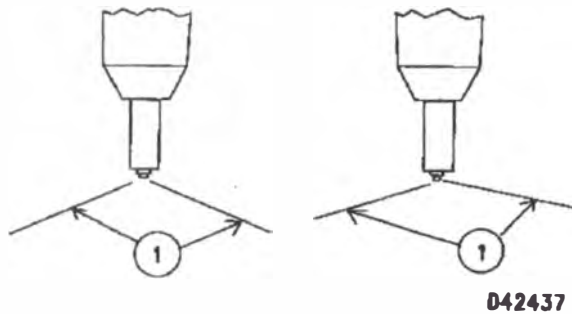


Ilustración N° 05: Ángulo correcto de rocío.

El ángulo de rocío (1) puede variar de 135 a 150 grados. Dependiendo de arreglo del motor el ángulo de rocío puede variar.

10. El fluido de prueba debe salir por todos los orificios (Cinco o Seis orificios según tipo de punta).

**NOTA:** Si cualquier orificio se tapa NO USE el inyector.





## Limpeza del equipo probador de inyector e inyectores

1. Limpie y guarde el probador de inyectores, evite la pérdida de fluido hidráulico y cumpla los pasos siguientes:
  - Revise el nivel de fluido, se recomienda que esté lleno.
  - Instale el tapón de prueba en el bloque de sostenimiento.
  - Purgue el aire del sistema, NO presurice.
  - Cierre todas las válvulas.
  - Cubrir el verificador antes de dejar el área de trabajo.
2. Limpie el exterior del inyector con solvente limpio y un cepillo. Luego séquelo con aire comprimido.



**WARNING**

**Para usar el aire comprimido, lleve un protector de cara y uniforme de seguridad. La presión máxima en la boquilla debe ser menor de 205 kPa (30 psi) para efectuar la limpieza.**

**NOTA:** La limpieza es ESENCIAL para el empleo apropiado del probador de inyectores. Si se emplean inyectores limpios en la prueba, el fluido de la prueba puede guardarse limpio.

3. Invierta el inyector y póngalo en una superficie limpia.
  - Sujete el inyector y empuje hacia abajo comprimiendo el resorte.
  - Mientras esté empujando hacia abajo, jale la cremallera hacia fuera del inyector hasta que se detenga.