

ACEITES LUBRICANTES.

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS

DE EXTREMA PRESION.

METODO DE CUATRO BOLAS (EP).

Método Normalizado para la Industria Petrolera y Petroquímica

ISBN: 980-06-0889-3

CDU: 621.892:543

DESCRIPTORES: Aceite, lubricante, método de cuatro bolas, propiedad de extrema presión.

Esta Norma coincide en todas sus partes con la Norma **PDVSA**



TRAMITE

COMITE TECNICO CT4: PETROLEO, GAS Y SUS DERIVADOS
PRESIDENTE: JESUS GONZALEZ ESCOBAR
VICEPRESIDENTE: GILBERTO ARAUJO
SECRETARIA: MARGARITA LAFRATTA
SUBCOMITE TECNICO CT4/SC5: METODOS DE ENSAYO
COORDINADORA: MARGARITA LAFRATTA

PARTICIPANTES

ENTIDAD

REPRESENTANTE

CORPOVEN, S.A.

ARISTIDES RENGEL
DAVID CORDERO
FERNANDO MANZO
JULIO SERRA

INTEVEP, S.A.

GUILLERMO RODRIGUEZ
FILOMENA CAPUTO
YASMINA MUJICA

LAGOVEN, S.A.

ALEJANDRO GUERRA

MARAVEN, S.A.

SANDOR FELKAI
RITA MEDINA
VIRGILIO ZAPATA

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
DIRECCION MERCADO INTERNO

JESUS GONZALEZ E.

PETROLEOS DE VENEZUELA, S.A.

HERNANI MEINHARD

ENVIO A DISCUSION PUBLICA

FECHA: 08-05-91
DURACION: 45 DIAS
FECHA DE APROBACION POR EL COMITE: 18-02-92
FECHA DE APROBACION POR LA COVENIN: 08-04-92

NORMA VENEZOLANA
ACEITES LUBRICANTES
DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS
DE EXTREMA PRESION
METODO DE CUATRO BOLAS (EP)

COVENIN
2877-92

1 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

Esta norma es completa.

2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

2.1 Esta Norma Venezolana establece el método para la determinación de la capacidad de carga de los aceites lubricantes. Mediante este método se efectúan las siguientes determinaciones:

2.1.1 Indice de carga - desgaste.

2.1.2 Punto de soldadura.

2.2 Este método se utiliza en las especificaciones para diferenciar los aceites lubricantes con un nivel bajo, mediano o alto de propiedades de extrema presión.

3 RESUMEN DEL METODO

El equipo funciona haciendo girar una de las bolas en la cual se aplica la carga sobre tres bolas fijas dispuestas en forma de triángulo. El aceite lubricante debe cubrir las tres bolas. La velocidad de rotación es de (1760 ± 40) rpm. Tanto la máquina como el aceite de la prueba se llevan a una temperatura entre 18°C y 35°C , para efectuar una serie de pruebas de 10 s de duración, con incrementos de carga, hasta que ocurra la soldadura. Se llevan a cabo diez pruebas por debajo del punto de soldadura. En caso de que aún no se hayan corrido diez pruebas cuando aparece soldadura, y las huellas producidas por cargas por debajo del punto de desgaste visible estén dentro del 5% de la línea de compensación (véase AB en la Fig. 1), no hace falta efectuar pruebas posteriores. El total se lleva a diez en base a la suposición que las cargas inferiores a la última carga que no produjo desgaste visible, dan huellas de desgaste iguales al diámetro de la huella de compensación. En la tabla 1 se dan los valores de estas huellas "supuestas". Para mayor esclarecimiento acerca de la "última carga que no produce desgaste visible" y el "punto de soldadura", debe consultarse la Fig. 1.

4 DEFINICIONES

4.1 INDICE DE CARGA - DESGASTE (o la capacidad de soportar cargas de un lubricante). Es un índice que denota la capacidad de un lubricante para minimizar el desgaste cuando se aplican ciertas cargas. Según las condicio-

nes establecidas por esta prueba, se le aplican cargas específicas en kilogramos-fuerza, con intervalos de 0,1 unidades logarítmicas, a tres bolas que se mantienen estacionarias, durante diez corridas anteriores al punto de soldadura. El índice de carga-desgaste es el promedio de la suma de las cargas corregidas, determinadas para diez cargas aplicadas antes del punto de soldadura.

4.2 PUNTO DE SOLDADURA. Es, a efecto de esta norma, la menor carga aplicada expresada en kilogramos a la cual la bola en rotación se suelda a las tres bolas estacionarias, indicando que ha sido excedido el nivel de extrema presión de fuerza lubricante.

NOTA 1. Algunos lubricantes no permiten una soldadura real, lo cual produce severa escoriación de las tres bolas estacionarias. En estos casos, se registra como punto de soldadura la carga cuyo diámetro máximo de huella sea de 4 mm.

4.3 CARGA CORREGIDA. Es la carga en kilogramos-fuerza para cada corrida, obtenida multiplicando la carga aplicada por el cociente del diámetro Hertz de la huella y el diámetro de la huella producida después de la aplicación de la carga.

4.4 DIAMETRO HERTZ DE LA HUELLA. Es el diámetro promedio en milímetros de una hendidura que resulta de la deformación de las bolas bajo carga estática (antes de la prueba). Se calcula según la ecuación:

$$D_h = 8,73 \times 10^{-2} (P)^{1/3}$$

donde:

D_h = diámetro Hertz del área de contacto, mm

$8,73 \times 10^{-2}$ = constante, mm x (kgf)^{-1/3}

P = carga estática aplicada, kgf

4.5 DIAMETRO DE COMPENSACION DE LA HUELLA. Es el diámetro promedio de la huella de desgaste sobre las bolas estacionarias, expresado en milímetros, resultado de la acción de la bola de rotación sometida a una carga, en presencia de un lubricante, pero sin que aparezcan efectos de desgaste visible ni de soldadura. La huella de desgaste obtenida debe ubicarse dentro del 5% de los valores de la tabla 1, columna 3.

4.6 LINEA HERTZ. Es la línea de un gráfico sobre papel logarítmico, tal y como aparece en la Fig. 1, donde las coordenadas representan el diámetro de la huella en milímetros y las cargas aplicadas en kilogramos, obtenidos bajo condiciones estáticas.

4.7 LINEA DE COMPENSACION. Es la línea de un gráfico sobre papel logarít-

mico, tal y como aparece en la Fig. 1, donde las coordenadas representan el diámetro de la huella en milímetros y las cargas aplicadas en kilogramos, obtenidos bajo condiciones dinámicas. Las coordenadas de la línea de compensación aparecen en la tabla 1, columnas 1 y 3.

NOTA 2. Algunos lubricantes dan coordenadas que están por encima de la línea de compensación; por ejemplo: metil fenil silicona, clorometil fenil silicona, éter fenílico y ciertas mezclas de aceite minerales y parafinas cloradas.

4.8 CARGA ANTERIOR AL DESGASTE VISIBLE. Es la última carga en que el diámetro de la huella no supera en un 5% la línea de compensación, correspondiente a la carga aplicada (véase Fig. 1).

4.9 ZONA DE DESGASTE VISIBLE INCIPIENTE O INICIAL. Es aquella en la cual, a una carga aplicada se produce una ruptura momentánea de la película de lubricante. Dicha ruptura está caracterizada por un aumento repentino del diámetro de la huella y por una desviación transitoria de la plumilla del registrador de fricción (véase Fig. 1).

4.10 ZONA DE CIZALLAMIENTO INMEDIATO. Es el área de la curva de la huella de carga, caracterizada por el cizallamiento o soldadura en el arranque o por grandes huellas de desgaste. La desviación inicial de la plumilla del registrador de fricción es mayor de la que se presenta con cargas a las cuales no se produce desgaste visible (véase Fig. 1).

5 EQUIPOS

5.1 EQUIPO DE CUATRO BOLAS PARA EXTREMA PRESION (EP). Véase Fig. 2.

NOTA 3. Es importante diferenciar entre el equipo de cuatro bolas (EP) y el equipo de cuatro bolas para desgaste. El primero está diseñado para efectuar pruebas bajo condiciones más severas y carece de la sensibilidad necesaria para la prueba de cuatro bolas para desgaste.

5.2 MICROSCOPIO. Con apreciación a 0,01 mm.

5.3 CRONOMETRO. Con apreciación 1/10 s.

5.4 BOLAS DE PRUEBA. Estas deben ser de una aleación acero-cromo (el acero debe ser del tipo AISI No. E-52100), con diámetro de 12,7 mm y grado 25 EP (extra pulido). Deben tener una dureza Rockwell C de 64 a 66.

6 REACTIVOS

6.1 SOLVENTE STODDARD O ESPIRITU DE PETROLEO. Precaución: inflamable y tóxico, no se inhale.

6.2 n-HEPTANO. Precaución: inflamable y tóxico, no se inhale.

7 PROCEDIMIENTO

7.1 PREPARACION DEL EQUIPO

7.1.1 Se limpian cuidadosamente las cuatro bolas nuevas, el mandril y la caja (véase Fig. 2), lavándolos primero con solvente (véase Nota 4) y luego con n-heptano.

NOTA 4. No deben usarse solventes, como el tetracloruro de carbono, que puedan tener sus propias características de capacidad de carga, ya que éstas podrían afectar los resultados.

7.1.2 La cruceta se baja levantando el brazo de carga, que se inmoviliza en la posición elevada mediante el gancho de cierre.

7.2 TECNICA DE ENSAYO

7.2.1 Se colocan tres bolas de prueba en la caja. El anillo de cierre se coloca sobre dichas bolas y se ajusta bien la tuerca de fijación (Nota 5). El aceite lubricante se vierte sobre las tres bolas hasta cubrirlas completamente.

NOTA 5. La repetibilidad óptima de la prueba se obtiene manteniendo dentro del intervalo de (68 ± 7) N.m el torque aplicado sobre la tuerca de fijación medida con una llave de torsión.

7.2.2 La caja con el lubricante se lleva a una temperatura entre 18°C y 35°C.

7.2.3 Se coloca una de las bolas en el mandril (véase Nota 6) y éste se ubica en su soporte.

NOTA 6. Antes de cada corrida, se examinan tanto el mandril como la bola superior. Si ésta muestra señales de haberse movido en el mandril, aun cuando no se hubiese presentado soldadura de las cuatro bolas, el mandril debe reemplazarse. En caso de que se observen sobre el mandril trazas de metal provenientes de la bola superior, debe eliminarse el metal o debe reemplazarse el mandril.

7.2.4 Se instala la caja en el equipo de prueba, a fin de que entre en contacto con la cuarta bola y el espaciador o anillo separador entre la caja y el cojinete de empuje.

7.2.5 El platillo y un número suficiente de pesas se colocan en el brazo de carga, en la muesca apropiada, a fin de aplicar una carga base de 80 Kg. El brazo de carga se libera y la carga de prueba se aplica suavemente a las bolas, asegurándose que tanto la caja como el espaciador estén centrados. En caso de que se utilice el registrador de fricción, se conecta el brazo calibrado de la caja al resorte del indicador, mediante la pinza y el

alambre.

NOTA 7. Se debe evitar una carga de choque, ya que las bolas pueden quedar permanentemente deformadas.

7.2.6 Se enciende el equipo y se deja funcionar durante $(10,0 \pm 0,2)$ s.

NOTA 8. No se toma en cuenta el tiempo necesario para que el equipo se pare por inercia.

7.2.7 Se saca la caja de prueba, se quita el mandril y se desecha la bola de éste.

7.2.8 El diámetro de la huella sobre las bolas se mide de la manera siguiente: Se sacan las bolas y se limpian primero con solvente y luego con n-heptano. A continuación, se secan con un paño suave y se coloca cada una de ellas en un recipiente adecuado. Los diámetros de las huellas se miden con el microscopio, tanto en paralelo (horizontal) como en normal (vertical) con respecto a las estrías de superficie de la huella de cada una de las bolas de prueba. El operador debe examinar visualmente las bolas de la prueba a fin de asegurarse que no haya grandes discrepancias entre las huellas de desgaste que se formaron sobre las bolas.

7.2.9 Se anota (tabla 1, columna 2) el diámetro promedio de la huella para la carga de 80 kg, obtenido mediante la aplicación de la técnica descrita en la sección 7.2.8. Se compara el promedio con el diámetro de compensación (tabla 1, columna 3).

7.2.10 Se efectúan corridas adicionales con incrementos de carga sucesivos (tabla 1, columna 1), se anotan los diámetros medidos (véase Nota 9) y se van desechando las bolas de cada prueba hasta que ocurra la soldadura (véase Nota 10). En este punto, se efectúa una corrida de control. En caso de que durante dicha corrida no aparezca soldadura, la prueba se repite con la carga inmediatamente superior, hasta lograr verificar el punto de soldadura.

NOTA 9. A veces resulta difícil medir los diámetros de las huellas en las bolas de prueba, en el área inmediata de cizallamiento, ya que el residuo de metal destruye toda el área de contacto formada por la bola en rotación. En estos casos, por lo general, el residuo de metal puede eliminarse con un instrumento apropiado. Véanse las Figuras 3 y 4. Si la periferia de las huellas no está bien definida, se logra un estimado del diámetro de la huella (véanse las Figuras 5 y 6).

NOTA 10. El motor debe apagarse inmediatamente a fin de evitar daños en el probador. Si no se actúa con precaución, puede ocurrir cizallamiento excesivo entre las bolas y la del mandril. Cualquiera de las condiciones siguientes indica la presencia de soldadura: 1) En caso de que se use un registrador de fricción: Un movimiento brusco y transversal de la plumi-

lla; 2) Un aumento del nivel de ruido en el motor; 3) Humo en la caja de prueba; 4) Una caída repentina del brazo de carga.

7.2.11 Si el diámetro de la huella producida por la carga de 80 kg supera en un 5% o más el diámetro de la huella de compensación, la corrida siguiente debe efectuarse con la carga inmediatamente inferior (tabla 1, columna 1). Este procedimiento se aplica hasta lograr determinar la última carga en que no se observa desgaste visible.

NOTA 11. Cuando se utiliza el registrador de fricción, un movimiento transversal y gradual de la plumilla indica la carga anterior al desgaste visible (véase el punto 4.8).

7.2.12 Cuando las huellas de desgaste superan en un 5% o más la línea de compensación, se sigue aplicando este procedimiento hasta registrar un total de diez corridas inferiores al punto de soldadura.

8 EXPRESION DE LOS RESULTADOS

8.1 CARGA CORREGIDA. La carga corregida, expresada en kgf, se calcula e indica para cada una de las cargas aplicadas entre la carga anterior al desgaste visible y el punto de soldadura, mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Carga corregida (kgf)} = LD_h/X$$

donde:

L = carga aplicada, es decir el peso total aplicado (platillo y pesas), multiplicado por la razón del brazo de carga, kgf.

D_h = diámetro Hertz de la huella, mm

X = diámetro promedio de la huella, mm

8.2 INDICE DE CARGA-DESGASTE. El índice de carga-desgaste, expresado en Kgf, se calcula e indica según la siguiente ecuación:

$$\text{Indice de carga-desgaste (kgf)} = A/10$$

donde:

A = suma de las cargas corregidas determinadas para las diez cargas aplicadas antes del punto de soldadura.

NOTA 12. Si el ensayo aplicado al lubricante indica que sigue la línea de compensación, entonces A puede definirse como:

A = suma de las cargas corregidas, más la carga corregida con la línea de compensación, para las diez cargas aplicadas antes del punto de soldadura.

La tabla 2 ha sido elaborada a fin de mostrar la carga corregida de la línea de compensación para cualquier porción o fracción de la misma. Este valor se obtiene por la intersección de la línea de la carga anterior al desgaste visible y la de los valores de carga de soldadura. Por ejemplo: la carga anterior al desgaste visible, con un lubricante dado, fue de 50 Kg. Se efectuaron corridas subsiguientes en la porción de desgaste visible de la curva, con cargas de 63 kgf, 80 kgf, 100 kgf, 126 kgf y 160 kgf, y el punto de soldadura resultó ser el correspondiente a la carga de 200 kg. La tabla 2 registra el valor de la intersección de 50 kgf y 200 kgf igual a 148,6 kgf. La carga corregida de la línea de compensación se obtiene al corregir las cargas de 50 kgf, 40 kgf, 32 kgf, 24 kgf y 20 kgf, utilizando los diámetros de las huellas de la línea de compensación. Esto completa la definición del índice de carga-desgaste, según la cual deben llevarse a cabo diez corridas, considerando que en la onceava habría soldadura de las bolas de prueba. Si el ensayo aplicado al lubricante, indica que la huella no sigue la línea de compensación, la tabla 2 no puede emplearse y se deberán determinar las huellas para las diez cargas precedentes al punto de soldadura.

8.3 PUNTO DE SOLDADURA. Se indica el punto de soldadura verificado según lo especificado en la Sección 7.2.10.

9 INFORME

El informe deberá contener como mínimo lo siguiente:

- 9.1 Fecha de realización del ensayo.
- 9.2 Nombre del analista.
- 9.3 Realizado de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 2877.
- 9.4 Identificación de la muestra.
- 9.5 Resultados parciales y/o finales.

10 PRECISION

10.1 Deben aplicarse los siguientes criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados (95% de nivel de confianza) de los aceites lubricantes que se ajustan a la línea de compensación y tienen un punto de soldadura de 400 Kg o menos.

10.1.1 Indice de carga-desgaste

10.1.1.1 Repetibilidad. La diferencia entre los resultados de pruebas sucesivas, obtenidos por el mismo operador, con el mismo equipo, bajo condiciones constantes de operación y con material de prueba idéntico, no debe exceder los valores siguientes en más de una de cada veinte veces:

17% del valor de la media

10.1.1.2 Reproducibilidad. La diferencia entre dos resultados independientes, obtenidos por operadores distintos en laboratorios diferentes y

con material de prueba idéntico, no deben exceder los valores siguientes en más de una de cada veinte veces:

44% del valor medio

10.1.2 Punto de soldadura

10.1.2.1 Repetibilidad. La diferencia entre los resultados de pruebas sucesivas, obtenidos por el mismo operador, con el mismo equipo, bajo condiciones constantes de operación y con un material de prueba idéntico, no debe exceder los valores siguientes en más de una de cada veinte veces:

Más de un incremento de carga

10.1.2.2 Reproducibilidad. La diferencia entre dos resultados independientes, obtenidos por operadores distintos en laboratorios diferentes, con material de prueba idénticos, no debe exceder los valores siguientes en más de una de cada veinte veces:

Más de un incremento de carga

10.2 No se ha establecido la precisión para los aceites lubricantes que están por encima de la línea de compensación y con un punto de soldadura mayor de 400 Kg.

11 TIEMPO DE ANALISIS

11.1 El tiempo requerido para efectuar un análisis es de 4 h.

11.2 Las horas-hombre requeridas para efectuar un análisis son 4.

BIBLIOGRAFIA

ASTM D 2783-88 Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids (Four-Ball Method). Annual Book of ASTM Standard. Vol. 05.02. 1990.

TABLA 1

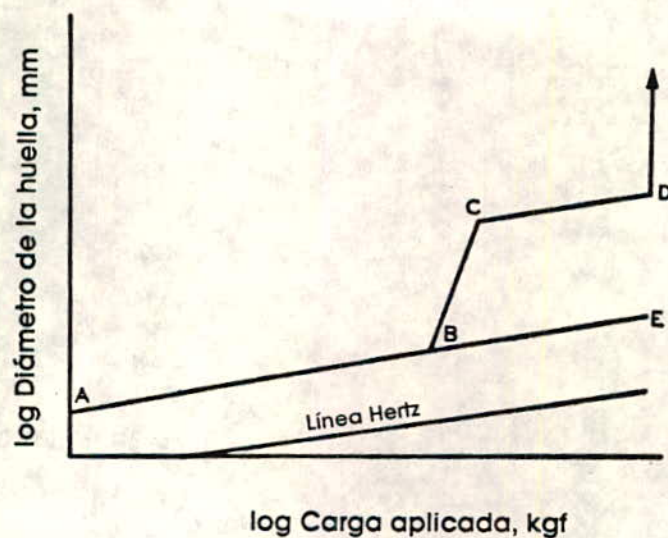
INFORME SUGERIDO PARA RESULTADOS

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5
Carga aplicada kgf, (L)	Diámetro promedio de la huella, mm (X)	Diámetro de compensación de la huella, mm.	Factor LD_h	Carga corregida (LD_h/X), kgf
6			0,95	
8			1,40	
10		0,21	1,88	
13		0,23	2,67	
16		0,25	3,52	
20		0,27	4,74	
24		0,28	6,05	
32		0,31	8,87	
40		0,33	11,96	
50		0,36	16,10	
63		0,39	21,86	
80		0,42	30,08	
100		0,46	40,5	
126		0,50	55,2	
160		0,54	75,8	
200		0,59	102,2	
250			137,5	
315			187,1	
400			258	
500			347	
620			462	
800			649	

TABLA 2

TOTAL DE CARGAS CORREGIDAS CON LA LINEA DE COMPENSACION

Carga anterior al desgaste visible (kgf)	Carga de soldadura, kgf											
	800	620	500	400	315	250	200	160	126	100	80	
200	583	639	684	720	749	770						
160	410	466	511	547	576	597	615					
126	269,8	325,8	370,5	407	435	457	474	489				
100	159,7	215,8	260,5	296,7	325,3	346,9	364,4	378	390			
80	71,6	127,7	172,4	208,6	237,2	258,2	276,3	290	302	311,0	246,7	
63		56,1	100,8	137,0	165,6	187,1	204,7	218,8	230,4	239,3	190,6	
50			44,7	80,9	109,5	131,0	148,6	162,7	174,3	183,2	145,9	
40				36,2	64,8	86,4	103,9	118,0	129,6	138,6	109,7	
32					28,6	50,2	67,7	81,8	93,4	102,4	81,1	
24						21,6	39,1	53,2	64,8	73,8	59,2	
20							17,6	31,6	43,2	52,2	42,0	
16								14,1	25,7	34,6	27,9	
13									11,6	20,6	16,3	
10										9,0	7,4	
8												



- ABE - Línea de compensación
- B - Punto de la carga anterior al desgaste visible
- BC - Zona de desgaste visible incipiente
- CD - Zona de desgaste visible inmediato
- D - Punto de soldadura

FIG. 1. DIAMETRO DE LA HUELLA vs CARGA APLICADA

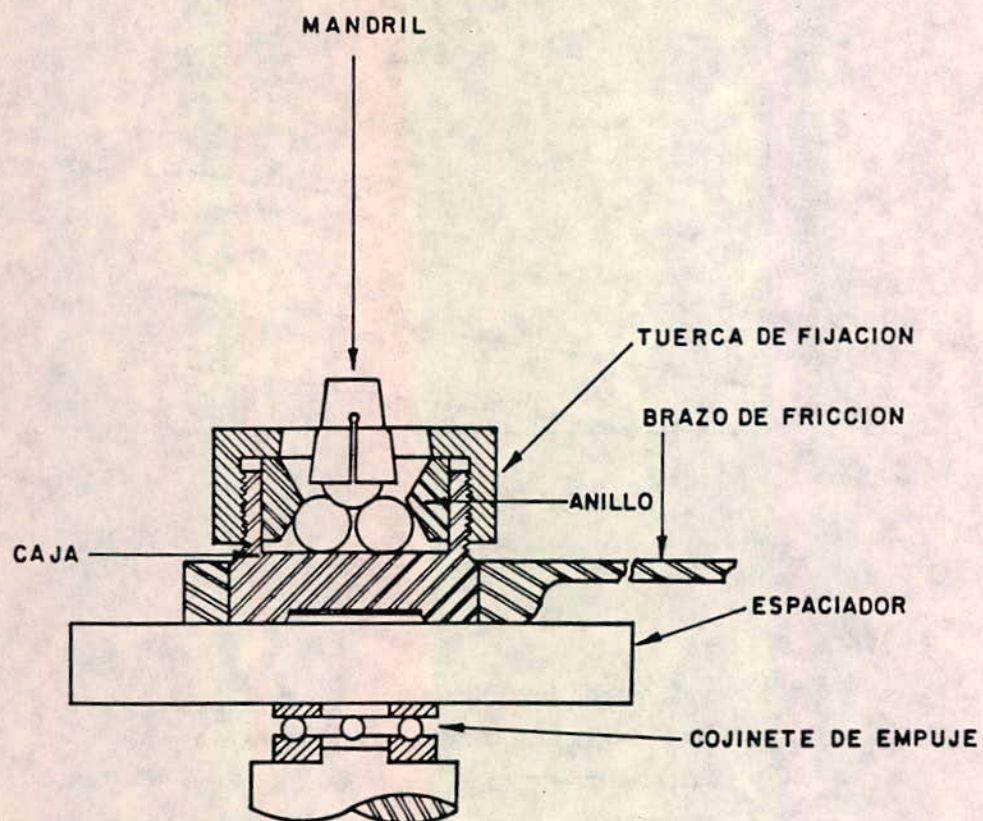


FIG. 2. SECCION DEL EQUIPO DE CUATRO BOLAS PARA EXTREMA PRESION



FIG. 3. - MARCAS TÍPICAS EN LAS BOLAS DE PRUEBA - MONTADAS.



FIG. 5. - MARCAS TÍPICAS EN LA BOLAS DE PRUEBA - DESMONTADAS.



FIG. 4. MARCAS TÍPICAS EN LAS BOLAS DE LA PRUEBA - DESPUES DE SER SACADAS.

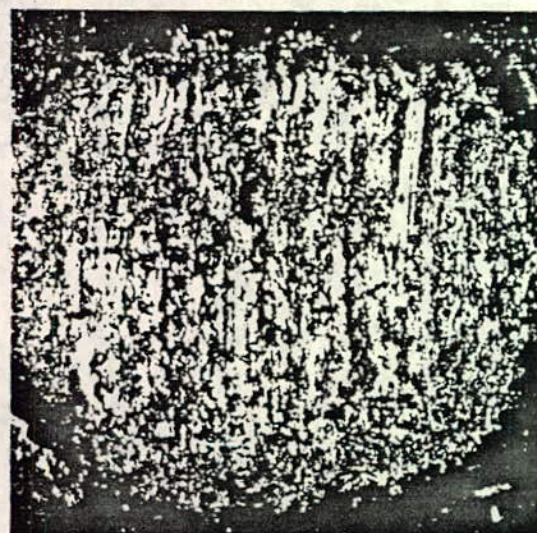


FIG. 6. MARCAS TÍPICAS EN LAS BOLAS DE LA PRUEBA - DESPUES DE SER SACADAS.

FIG. 3 MARCAS TÍPICAS EN LAS BOLAS MONTADAS EN EL PLATO
 FIG. 4. 5 Y 6 MARCAS TÍPICAS EN LAS BOLAS DESMONTADAS.



CUALQUIER TRADUCCION O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE LA PRESENTE NORMA DEBERA SER AUTORIZADA POR EL MINISTERIO DE FOMENTO.

Impreso en INTEVEP, S.A.